



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br



25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO: ANÁLISE DE MÉTODOS DE COLETA E VERIFICAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

Andressa Zampieri Rosa¹; Luiz Henrique de Assis Fagundes²; Jesner Sereni Ildefonso³; Darlan de Paiva Santana⁴; Victor Eduardo Antunes⁵; Leandro Jorge Ricaneli⁶ & Carlos Guilherme Pitarello dos Santos⁷

RESUMO

O micro revestimento asfáltico a frio (MRAF) é uma técnica de rejuvenescimento de pavimento composta por agregados pétreos, cal, água e emulsão asfáltica modificada por polímero, este último sendo o insumo mais caro entre os demais. As normas e especificações brasileiras se diferem das internacionais na forma de medição do consumo, dando-se por meio de taxas de aplicação, ao ponto que nos Estados Unidos são utilizadas as notas fiscais dos insumos. O presente trabalho buscou comparar diferentes métodos de coleta de taxa de aplicação (papel Kraft, chapa metálica e molde) de MRAF e comparar com consumo pela medida do tanque de emulsão, pesagem de usina e também área de aplicação. Também foram realizados ensaios de extração de betume e determinação de umidade da mistura. Após as análises, ficou evidente que a coleta pelo molde foi a mais eficiente, aproximando-se 97,45% do consumo do tanque em relação a área aplicada e espessura desejada (8 mm). As taxas coletadas pelo papel Kraft e pela chapa metálica não possuíram boa aderência do material, consequentemente valores menores de massa por área (kg/m^2), a primeira representando 57,58% do real e a segunda 34,76%. Este fato é um indicativo da necessidade de uma revisão de norma em relação à correlação das taxas de aplicação, espessura e resíduo de emulsão asfáltica.

PALAVRAS-CHAVE: Taxa de aplicação; Pavimentação; Emulsão asfáltica; Manutenção preventiva; Misturas asfálticas frias.

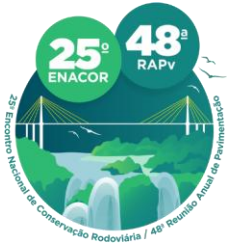
ABSTRACT

Micro surfacing is a pavement rejuvenation technique composed of stone aggregates, lime, water and polymer-modified emulsified asphalt, the latter being the most expensive input among the others. Brazilian standards and specifications differ from international ones in the way consumption is measured, using application rates, to the extent that in the United States invoices for inputs are used. The present work sought to compare different methods of collecting the application rate (Kraft paper, sheet metal and mold) of micro surfacing and compare with consumption by measuring the emulsion tank, weighing the plant and also the application area. Bitumen extraction tests and mixture moisture determination were also carried out. After the analyses, it was evident that the collection by the mold was the most efficient, approaching 97,57% the consumption of the tank in relation to the applied area and desired thickness (8 mm). The rates collected by Kraft paper and metal plate did not have good adhesion of the material, consequently lower values of mass per area (kg/m^2), the first representing 57,58% of the real and the second 34,76%. This fact is indicative of the need for a revision of the standard in relation to the correlation of application rates, thickness and emulsified asphalt residue.

KEY WORDS: Rate of application; Paving; Asphalt emulsion; Preventive maintenance; Cold asphalt mixtures.

¹ Universidade Estadual de Maringá (UEM), andressazrosa@hotmail.com; jsildefonso@uem.br; luizfagundes5@gmail.com

² Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DER/PR), dpsantana@der.pr.gov.br; victorea@der.pr.gov.br; leandroricaneli@der.pr.gov.br; carlosgps@der.pr.gov.br



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



INTRODUÇÃO

O Micro revestimento asfáltico a frio (MRAF) é uma técnica de preservação e manutenção do pavimento, na qual é aplicada uma camada delgada sobre a superfície do pavimento existente a fim de fornecer maior atrito entre pneu-pavimento, impermeabilização, preenchimento de trincas, fissuras e regularização de pequenos afundamentos. Tal intervenção constitui uma prevenção de desgaste e infiltração de água nas camadas inferiores do pavimento.

Uma ênfase é dada a importância da aplicação do micro revestimento no momento correto do ciclo de vida de um pavimento, a fim de atingir maior durabilidade e custo benefício antes que o pavimento se deteriore estruturalmente (CHEN, LIN e LUO, 2003). A mistura de MRAF é composta por emulsão modificada por polímero, agregado, filer, água e, se necessário, aditivos. A mistura e distribuição se dá por meio de uma usina móvel conforme Figura 1.



Figura 1. Usina móvel de Micro revestimento (ROMANELLI, 2023)

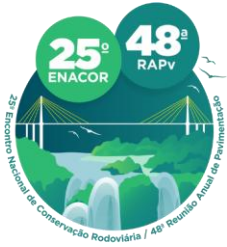
Dentre algumas vantagens que podem ser citadas do micro revestimento, está a abertura rápida do tráfego, economia de recursos naturais e baixo consumo de energia, por se tratar de uma mistura à frio (ROBATI, CARTER e PERRATON, 2013).

É importante ressaltar que essa técnica não desempenha função estrutural, somente funcional (GRANSVERG, 2010). As espessuras de aplicação e camada final variam de acordo com a faixa de trabalho utilizada, podendo se obter camadas finais mais espessas com mais de uma aplicação. Em relação à aplicação, é necessário que a superfície esteja devidamente limpa e a temperatura deve ser de no mínimo 10 °C para que a mistura seque (CAMPBELL, 2007).

O processo de secagem da mistura se dá, primeiramente, pela ruptura, em que as moléculas de água se separam do restante e, posteriormente, ocorre a cura, processo em que as gotículas evaporam, restando somente o resíduo (CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo) e agregados pétreos.

Para garantir uma mistura de qualidade e bom desempenho é necessário que os materiais sejam de boa procedência, devidamente analisados por meio do projeto de dosagem. Em conjunto às análises de projeto, o controle de campo e acompanhamento diário da aplicação garante a correlação entre execução e projeto, e conseqüentemente qualidade no trabalho final entregue.

Sendo assim, o controle tecnológico em campo promove, além da confirmação do que foi determinado no projeto de dosagem da mistura, qualidade aliada à economia e à produtividade, de modo a garantir a espessura de projeto e as taxas de consumo de ligante, agregado e filer.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Controle de aplicação e medição

Para o controle da aplicação, a coleta do material aplicado pode ser realizada de formas distintas, conforme apresentado em determinadas normas e manuais, que detalham os principais procedimentos a serem aplicados. Tais procedimentos visam, de modo geral, garantir que a coleta seja mais fidedigna possível ao que efetivamente está sendo aplicado, fornecendo informações principalmente referentes ao consumo dos insumos, teor de ligante, taxa de agregado e granulometria da mistura aplicada. Desta forma, podem ser destacadas as seguintes fontes:

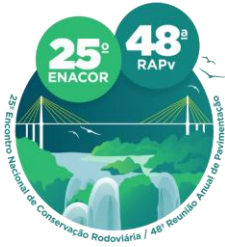
A GOINFRA (Agência Goiana de Infraestrutura e Transporte), através da especificação EES-PAV 014/2019, exige a determinação da taxa de aplicação em quilogramas por metro quadrado aplicado (kg/m^2) por carga, obtida através da relação entre o volume do material aplicado e sua respectiva área de aplicação executada. Consoante a esta forma de verificação, a taxa também pode ser extraída mediante a pesagem de amostras coletadas em bandejas ou qualquer outro dispositivo de área conhecida dispostas de forma aleatória sendo extraídas dos bordos direito, esquerdo e eixo da faixa de rolamento aplicada (mínimo de 3 coletas por carga) devendo atender ao disposto em projeto.

O DER-SP (Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo) determina, na especificação técnica ET-DE-P00/022, que a coleta deve ser realizada a cada 5.000 m^2 aplicados, por meio de bandejas metálicas ou outro dispositivo de área conhecida. As taxas de aplicação da mistura devem ser coletadas em conjuntos de 4 a 10 amostras e apresentar variações de $\pm 0,3$ ponto percentual da taxa de aplicação definida em projeto. O teor de ligante deve ser determinado também em conjuntos de 4 a 10 amostras e apresentar variações de $\pm 0,3$ ponto percentual de teor ótimo de ligante do projeto de dosagem. Os critérios estabelecidos pelo DER-SP visam garantir que a espessura aplicada seja correspondente à contratada e, concomitantemente a isso, que os teores de emulsão sejam os estabelecidos no projeto de dosagem, de modo a evitar baixos teores (causa de desprendimento) ou teores acima do especificado (causa de exsudação).

O DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), por meio da especificação de serviço DNIT 035/2022-ES, descreve em seus critérios de medição e pagamento que deve-se obter por meio de média aritmética o consumo de emulsão asfáltica efetivamente aplicada, correlacionando-se o peso em toneladas com a área aplicada. Em conjunto a esta informação, o controle da taxa de aplicação, assim como descritos pelo DER-SP e GOINFRA deve ser realizado por meio de bandejas ou outro dispositivo de área conhecida para sua posterior pesagem.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), por meio da NBR 14948:2003, estabelece como método de obtenção da taxa de aplicação, a coleta através de uma folha retangular de papel tipo Kraft ou chapa metálica, com espessura de até 1 mm e dimensões laterais de 250 mm x 400 mm, com peso previamente conhecido. A medição de consumos pode ser confrontada com os quantitativos de material adquirido na obra relacionada com a área aplicada em pista, obtendo-se também a taxa em quilograma por metro quadrado (kg/m^2).

O DER-PR (Departamento de Estradas e Rodagem do Estado do Paraná), diferentemente de outros órgãos de fiscalização, descreve na especificação DER/PR ES-P 30/17, que o critério de medição e pagamento limita-se à área executada em metros quadrados (m^2). Contudo, em virtude da própria evolução da especificação DER/PR ES-P 30/17, há um Projeto de Revisão DER/PR ES-P 30/22, o qual contempla no item 10, novos critérios para medição baseada em parte da ABNT NBR 14948. Como complemento, o DER-PR estabelece que a critério da fiscalização a taxa poderá ser obtida através da medição expedita do tanque de emulsão da usina de MRAF.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



A ISSA (*International Slurry Seal Association*), por meio da especificação A143 (2021), determina que, em obras de pequeno porte, a forma de medição e pagamento geralmente é baseada na área de aplicação, medida em pés quadrados, jardas quadradas ou metros quadrados. Já em projetos maiores (mais de 41.806 m²) a medição e o pagamento geralmente são baseados nas toneladas de agregados e emulsão utilizados. Essas informações podem ser confrontadas com as notas de aquisição dos materiais, as quais contém a massa de cada carregamento que chega na obra. Essa especificação também atribui que toda emulsão asfáltica não utilizada deve ser descontada do total da obra. Para o pagamento, utiliza-se como forma a área aplicada ou peso de agregado e emulsão utilizado.

Para a especificação AP-R569-18 do *Guidelines and Specifications for Microsurfacing* (PATRICK, 2018), o serviço deve ser medido pela quantidade, em m³, de agregado mineral seco (excluindo o filer mineral) utilizado na conclusão da obra. O pagamento, feito por meio da taxa em m³ deve ser uma compensação total pelo projeto e aprovação da mistura, testes de conformidade, fornecimento de todos os materiais para o local, carregamento, mistura e espalhamento da mistura, incluindo acabamento, tratamento de juntas, trabalho manual e limpeza. A respeito da verificação de quantidades de material, o Superintendente responsável pode solicitar a conferência desses insumos a qualquer momento.

De acordo com o Manual de Construção de 2019 do CALTRANS (*California Department of Transportation*), a medição e pagamento do serviço de Micro revestimento deve ser feita através da quantidade combinada de agregado e emulsão asfáltica por meio da pesagem da usina. Também é citado no manual que, conforme necessidade para determinação de quantidades, deve ser utilizada a conferência dos tickets e certificados de pesagem dos materiais.

Segundo o *Manual for Slurry Surfacing* (LANE e CHENG, 2019), o pagamento do micro revestimento ao empreiteiro deve ser determinado pela combinação dos pesos de agregado e emulsão, isentos do peso de água e aditivos adicionados posteriormente.

O detalhamento das informações de aplicação e consumo possui fundamental importância, a fim de garantir que as taxas e espessuras aplicadas correspondam ao projeto contratado, uma vez que, aplicação de taxas menores às especificadas afetam diretamente a durabilidade do pavimento, diminuindo o período de intervenção e manutenção preventiva.

Tendo conhecimento dessas normativas, a pesquisa teve por objetivo investigar alguns dos métodos expostos nas normas e especificações citadas como forma de controle de taxa de aplicação, com foco na gestão da emulsão asfáltica modificada por polímero utilizada na mistura. Frente a essas informações foi realizada uma comparação dos métodos visando alertar engenheiros e profissionais envolvidos na área da pavimentação e fiscalização para controle em medições.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado em uma obra de aplicação de micro revestimento na BR 277/PR, a qual tinha como espessura indicada em 8 mm, utilizando especificação para a Faixa II do DNIT. Para escolha dos métodos de comparação, foram utilizadas experiências em campo e as normas vigentes que constavam coleta de taxa de aplicação.

Todos os experimentos foram realizados na mesma aplicação, como forma de se obter o resultado mais coerente para comparação dos dados e também para correlacionar com a mesma área de aplicação. Dessa forma, na Figura 2 apresenta-se os procedimentos realizados.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br

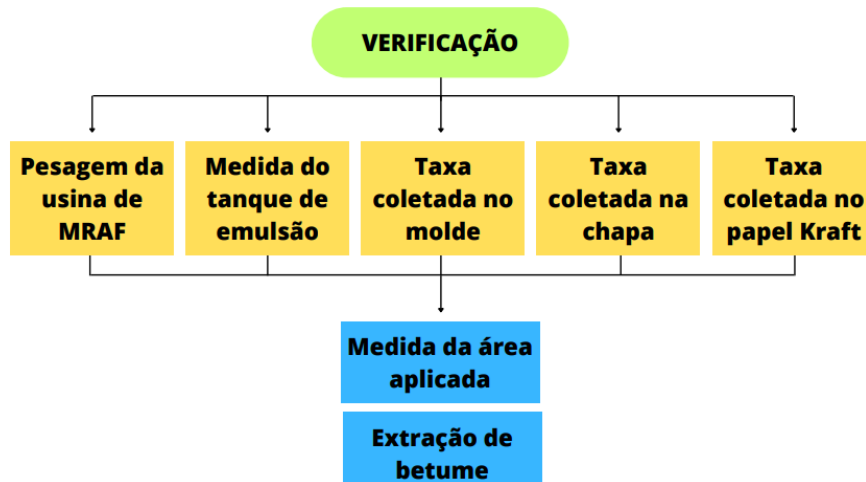


Figura 2. Fluxograma das verificações realizadas

Em primeiro momento, foi determinada a área aplicada com o carregamento realizado em uma aplicação contínua com comprimento de 398 m lineares por 3,60 m de largura totalizando 1.432,8 m² para, posteriormente, ser feita a correlação e o confronto das informações. Para corroborar com os cálculos que descritos, foram determinados, em laboratório, o teor de ligante da mistura coletada pelo método da centrifugação - Rotarex (DNER-ME 053/94), umidade do agregado em estado natural e da mistura de MRAF retirada da pista por meio da secagem em estufa. Na Tabela 1 estão contidas tais informações.

Tabela 1. Análises da mistura

Ensaio	Valor
Extração de Betume (Resíduo)	5,89%
Extração de Betume (Emulsão)	9,50%
Umidade (MRAF)	9%
Umidade do agregado (estado natural)	4%

Com isso, as informações de teor e umidade puderam ser relacionadas com as taxas obtidas pelos diferentes métodos fornecendo as quantidades de insumos efetivamente aplicadas na pista. Desta forma, como apresentado, as verificações foram:

Pesagem da usina

A pesagem da usina foi realizada em etapas, inicialmente foi aferido o peso da usina vazia. Em seguida, foi carregada com agregados pétreos e pesada novamente (como forma de calcular o volume de agregado consumido), e por último foi carregada de emulsão até o limite do tanque e pesou-se. Após esgotar o silo de agregados a usina retornou para pesagem, onde restava somente emulsão no tanque. Cabe ressaltar que não foi aferido o peso com água, pois para pesagem final o tanque de água foi esgotado. As pesagens foram realizadas na balança de uma pedreira localizada no trecho de aplicação, e a densidade considerada do material foi de 1598 conforme projeto de dosagem.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Figura 3. Pesagem da usina

Medida do tanque de emulsão

O tanque de emulsão presente na usina de MRAF tem forma poliédrica, e seu volume foi aferido por meio de suas dimensões, possuindo 1,15 m por 1,2 m de base e 1,7 m de altura, totalizando 2,35 m³. O tanque foi carregado de emulsão até o limite, e com o auxílio de uma trena foi medida a altura de livre que restou da lâmina de emulsão até a boca do tanque. Após aplicação, foi realizada nova medição da altura livre do tanque e por meio da diferença das medidas foi possível calcular o consumo de emulsão. Os processos de medição foram realizadas conforme a Figura 4.

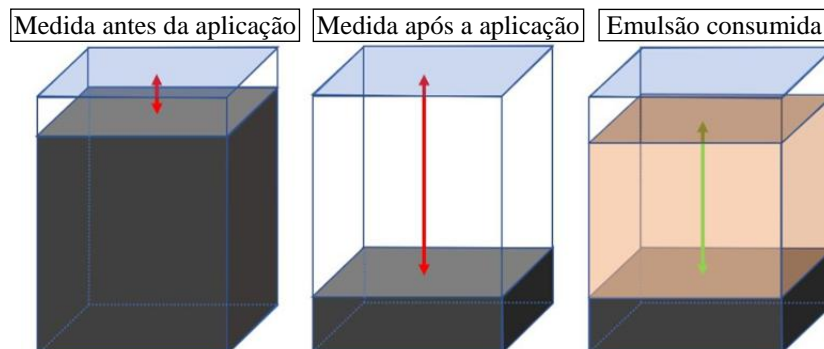
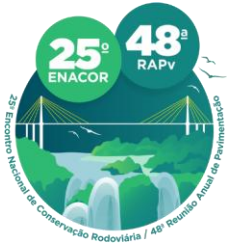


Figura 4. Medida do tanque de emulsão

De modo a agilizar os cálculos, relacionou-se a altura com o volume, obtendo-se o volume de ligante contido no tanque a cada variação de um centímetro (cm) de profundidade nesse tanque. Sendo assim, considerou-se a densidade da emulsão como 1, e o cálculo do volume a cada centímetro por meio da Equação 1.

$$\begin{aligned} \text{Volume por cm} &= \frac{\text{Volume do Tanque}}{\text{Altura do Tanque}} \\ \text{Volume por cm} &= \frac{2350L}{170cm} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Volume por cm} = 13,82 \text{ L por cm de tanque}$$



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Taxa coletada no molde

A Especificação de serviço DNIT 035/2018 cita que a taxa pode ser obtida por meio de um dispositivo de área conhecida. A coleta foi realizada após a aplicação do MRAF na pista, por meio de um molde com dimensão conhecida de 25 cm por 25 cm cravado à mistura (Figura 5). Todo material presente dentro do molde foi retirado com auxílio de uma espátula. Essa taxa foi coletada nos bordos interno, externo, e também no eixo da faixa de rolamento.



Figura 5. Coleta de taxa no molde

O material retirado foi então armazenado em um saco plástico e lacrado para que não houvesse perda de materiais e, em seguida, pesado. Por meio dessa taxa foi possível calcular a quantidade de ligante (com base no ensaio de extração), agregados por metro quadrado e também cálculo de espessura.

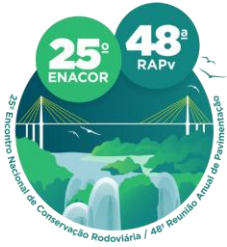
Taxa coletada na chapa

Conforme a NBR 14948 (2003), o controle da taxa de aplicação foi feito com o uso de uma chapa metálica com espessura de até 1 mm e dimensões laterais de 25 cm por 40 cm (com peso conhecido), colocada previamente à aplicação do MRAF, conforme Figura 6.



Figura 6. Coleta de taxa na chapa

Para este método, a chapa foi retirada após a secagem total da mistura e então pesada. Neste caso também foi coletado bordos interno, externo, e também no eixo da faixa de rolamento.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br



Taxa coletada no papel Kraft

Outro dispositivo para coleta informado pela NBR 14948 (2003) é o papel Kraft, conforme apresentado na Figura 7.



Figura 7. Coleta de taxa no papel Kraft

Dessa forma, seguindo os mesmos procedimentos da taxa coletada na chapa, foi realizada a coleta com as folhas de Kraft com dimensão de 25 cm por 40 cm.

RESULTADOS

Nesse item estão descritos os resultados coletados durante a execução dos serviços.

Pesagem da usina

A pesagem do equipamento forneceu informações acerca das quantidades de insumos que este tem a capacidade de transportar. Dessa forma, foi possível relacionar a área aplicada pelo carregamento com as quantidades de agregado e ligante asfáltico consumido, obtendo-se assim a taxa em kg/m² (quilograma por metro quadrado). Na Tabela 2 estão contidas as informações de pesagem do equipamento sem insumos (tara) e com insumos, conforme o carregamento.

Tabela 2. Pesagem da usina

Pesagens	Usina (kg)	Emulsão (kg)	Água (kg)	Agregado (kg)
Tara equipamento vazio	17060,00	0,00	0,00	0,00
Equipamento + Emulsão	19160,00	2100,00	0,00	0,00
Equipamento + Emulsão + Água	21470,00	2100,00	2310,00	0,00
Equipamento + Emulsão + Água + Agregado	40180,00	2100,00	2310,00	18710,00

A pesagem dos insumos auxilia de forma mais efetiva a comparar os dados das coletas das taxas com o peso dos materiais realmente utilizados na aplicação. Sabe-se que a pesagem de todo carregamento inviabiliza a produtividade da equipe, contudo, saber as informações no início das obras contribui para que a fiscalização possa relacionar os dados de pesagem com as coletas de taxa diária realizadas.

Medida do tanque de emulsão e pesagem da usina

O método da medida do tanque e da pesagem da usina foi utilizado para relacionar o consumo de emulsão asfáltica e agregado com a área aplicada pelo carregamento, tendo-se esse consumo como



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



o que realmente está aplicado no pavimento. Dessa forma obtém-se uma taxa em litros por metro quadrado de consumo de ligante e de quilos por metro quadrado de agregado. Por meio da Equação 1, quando realizada a medida do tanque inicial e final, esse gradiente de altura informa a quantidade de emulsão utilizada no momento da aplicação. No caso em estudo, as medidas inicial e final estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Medida consumo do tanque de emulsão

Medida Tanque	Altura (cm)
Altura livre do tanque antes da aplicação	20,00
Altura total do Tanque	170,00
Altura livre do tanque pós aplicação	152,00
Altura de ligante consumida	132,00

Considerando-se a altura de ligante consumida de 132 cm, e o volume para cada centímetro do tanque de 13,8 l/cm obtido pela Equação 1, foi possível obter a quantidade de ligante efetivamente utilizada nesta aplicação, totalizando 1824,2 l de ligante

Pode-se correlacionar o volume de ligante consumido (1824,2 l) com a área total aplicada (1432,8 m²) obtendo-se, assim, o consumo em litros de ligante por metro quadrado executado, conforme Equação 2:

$$\text{Consumo de ligante por m}^2 = \frac{1824,24 \text{ L}}{1432,8 \text{ m}^2} \quad (2)$$

$$\text{Consumo de ligante por m}^2 = 1,27 \frac{\text{L}}{\text{m}^2}$$

Por fim, no que se refere ao agregado, na Tabela 2 se extrai a massa de agregado presente no silo, um total de 18.710 kg. Considerando a umidade do agregado em estado natural de 4%, tem-se um total de 17.961,6 kg de agregado seco. Com a área total aplicada (1432,8 m²) a taxa de material pétreo por metro quadrado executado é obtida por meio da Equação 3:

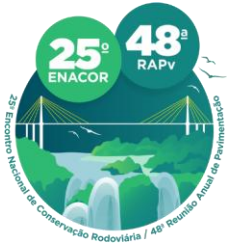
$$\text{Consumo de agregado por m}^2 = \frac{17.961,60 \text{ Kg}}{1432,80 \text{ m}^2} \quad (3)$$

$$\text{Consumo de agregado por m}^2 = 12,54 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Com a taxa de emulsão (1,27 L/m²), a taxa de resíduo (0,78 l/m²) e a taxa de agregado (12,54 Kg/m²), a mistura aplicada isenta de umidade possui uma taxa real aproximada de 13,32 Kg/m².

Taxas coletadas em pista

Conforme exposto na metodologia, para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados três métodos de coleta de taxa de micro revestimento em pista. Tais métodos são descritos em normas técnicas de modo a garantir a aceitabilidade dos resultados assim obtidos, e posteriormente comparados. Para todas as análises de coleta foi considerada a massa seca de material, ou seja, isenta totalmente de água. No Quadro 1 estão contidos os resultados de cada uma das taxas coletadas por seu respectivo método.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Quadro 1. Análises coleta de taxas

Método	Bordo Externo (g)	Eixo (g)	Bordo Interno (g)	Média (g)	Taxa (kg/m ²)	% do Real
Chapa de aço	1030,00	992,00	1075,00	1032,33	4,63	34,76%
Tara da chapa de aço	562,00	571,00	574,00	569,00		
Massa de material	468,00	421,00	501,00	463,33		
Papel Kraft	789,50	743,70	772,40	768,53	7,67	57,58%
Tara do papel Kraft	1,50	1,70	1,40	1,53		
Massa de material	788,00	742,00	771,00	767,00		
Molde	556,00	534,00	678,00	589,33	12,98	97,45%
Tara do molde	N/A	N/A	N/A	-		
Massa de material	814,00	788,00	831,00	811,00		

Após a pesagem, verificou-se que as taxas por cada método tiveram uma divergência considerável, sendo que a que mais aproximou-se do real foi a taxa do molde (TM – Taxa do Molde). As demais coletas da chapa de aço (CA – chapa de aço) e a do Papel Kraft (PK – Papel Kraft) se demonstraram falhas apresentando taxas muito baixa que não refletem a realidade da execução. A diferença entre as coletas pode ser observada na Figura 8.

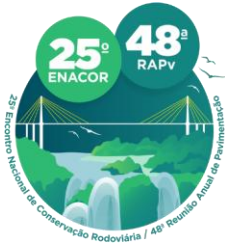


Figura 8. Coletas

Nas coletas CA e PK, nota-se que a superfície de ambos os coletores são muito lisas e não apresentam rugosidade, dessa forma não simulam as condições de pista. Sendo assim, no momento em que a usina de MRAF passou pelos coletores percebeu-se que ocorreu uma “raspada”, e sendo assim o material não aderiu corretamente a placa e ao papel, o que, por consequência, apresentou um peso menor.

Em comparação a TM, notou-se que a taxa foi bem maior. Isso por que a taxa é retirada diretamente do pavimento, o qual apresenta rugosidade e aderência maior à camada de MRAF aplicada. Consequentemente, a taxa de coleta realizada pelo molde apresentou-se maior que as outras e mais perto do real quando comparados os consumos de emulsão por meio da medida do tanque e o consumo de emulsão por meio da extração de betume da taxa coleta diretamente da pista.

Foi possível fazer a correção de consumo em litros por m² de cada uma das coletas por meio do da taxa coletada e do teor de ligante encontrado no ensaio de extração de betume. Na Tabela 4 descreve-se o comparativo entre os métodos.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Tabela 4. Correlação de consumo entre os métodos

Metodologia	Taxa da mistura seca (kg/m ²)	Taxa de agregado (kg/m ²)	Área executada (m ²)	Consumo de emulsão (l/m ²)	Espessura (mm)
Pesagem da usina	13,32	12,54	1432,8	1,27	8,34
Medida do tanque	13,32	12,54	1432,8	1,27	8,34
Chapa de aço	4,63	4,37	1432,8	0,42	2,90
Papel Kraft	7,67	7,24	1432,8	0,69	4,80
Molde	12,98	12,25	1432,8	1,16	8,12

Conforme relacionado na Tabela 4, os valores de consumo de emulsão obtidos pela medida do tanque e pela coleta do molde foram mais próximos, porém apresentaram diferença de aproximadamente 9,1%. Pode-se atribuir essa diferença a fatores como perdas do final da aplicação do serviço, e pelo fato da coleta ser pontual, enquanto a análise pela pesagem da usina considera a média total de toda área aplicada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por conclusão, o melhor método de coleta de taxa para determinação de consumo de ligante do micro revestimento, com base nas análises dessa pesquisa, foi a coleta de taxa pelo molde. Embora não exista uma norma de método de ensaio desta coleta e não seja informado na NBR, esse mecanismo de conferência apresentou os dados mais coerentes em comparação com a medida do tanque e a área aplicada.

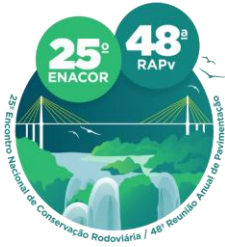
Uma sugestão que pode ser apresentada é que, para que os órgãos fiscalizadores de obras, como detentor da maior demanda de realização de ensaios para essa conferência, realizem a coleta de taxa pelo molde e verifiquem o peso seco de cada taxa, tornando possível a comparação com os valores de referência das normas. Os outros processos de coleta de taxas tornam-se inviáveis devido à superfície de aderência, contudo a coleta pelo molde traz uma maior fidelidade aos dados quando comparados ao peso do agregado e medida do tanque. A coleta da taxa pelo molde apresentou-se com diferença de 2,55 % do real, isso por que deve-se considerar que essa metodologia é pontual, e quando se analisa a taxa pelo peso dos insumos, esta taxa representa uma média de toda superfície do pavimento coberta com MRAF.

Ademais, em relação às análises das normas e especificações foi notório que a amplitude de variação de taxa em kg/m² em função da espessura não tem uma correlação linear, o que torna a taxa informada em projeto como embasamento técnico de campo (levando em consideração a densidade do material, gradação e espessura).

Como forma de colaborar com os órgãos públicos detentores das normas que norteiam a aplicação de micro revestimento, pode ser sugerido que os valores dos limites de asfalto residual, em porcentagem do peso do agregado (mínimo de 6,5% e máximo de 12,0% atualmente) seja reavaliado, visto que, na maioria dos projetos atuais e na presente pesquisa, os valores encontrados se dão abaixo de 6,5%. A ISSA TB 143 (2021), na qual a NBR foi baseada, informa que a variação do asfalto residual deve ser de 5,5% até 10,5%, em função do peso de agregado seco. Tal valor influencia diretamente na quantidade de emulsão utilizada na mistura.

REFERÊNCIAS

Masoud Robati, Alan Carter, Daniel Perraton, *Incorporation of Reclaimed Asphalt Pavement and Post-Fabrication Asphalt Shingles in Micro-surfacing Mixtures*, The 58th Annual Canadian Technical Asphalt Association Conference (CTAA), 2013.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Gransberg, D. D. (2010). NCHRP Synthesis 411: *microsurfacing; a synthesis of highway practices*. Washington, DC: *Transportation Research Board of the National Academies*.

Campbell, R. (2007). *Asphalt in pavement maintenance*. In B. Boyer (Ed.), *The Asphalt Handbook* (pp. 569-616). USA: *Asphalt Institute*.

Chen, DH, Lin, DF, & Luo, HL. (2003). Effectiveness of preventative maintenance treatments using fourteen sps-3 sites in Texas. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 17(3), 136-143.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: Informação e documentação: Referências. Rio de Janeiro, p. 24. 2002.

2018. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 035/2018-ES. Pavimentação asfáltica – Microrrevestimento asfáltico – Especificação de serviço.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14948. Microrrevestimentos asfálticos a frio modificados por polímero – Materiais, execução e desempenho. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. DER/PR ES-P 30/17. Pavimentação: Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero. Curitiba, 2017.

INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION. ISSA A 143. *Recommended Performance Guidelines for Micro-Surfacing*. Annapolis, 2021.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. DER/SP ET-DE-P00/022. Microrrevestimento asfáltico a frio. São Paulo, 2006.

PATRICK, Steve. *Guidelines and specifications for microsurfacing*. Sydney, Australia, 2018.

LEROSE LANE, P. E.; CHENG, DingXin. *Manual for Slurry Surfacing*. 2019.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. DER-ME 053/94. Misturas betuminosas – percentagem de betume. Curitiba, 1994.

AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. GOINFRA ES-PAV 014/19. Pavimentação – Microrrevestimento asfáltico a frio. Goiania, 2019.

MANUAL, Highway Design. California Department of Transportation (Caltrans). Sacramento, CA, 2019.