

Aspectos da fresagem e características de RAPs obtidos de pavimentos reforçados com geossintéticos

Tiago Rodrigues Souza
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv/UFSCar)
Vinci Aeroportos – Concessionária do aeroporto de Salvador, Salvador, Brasil
civil.souza@gmail.com

Natalia de Souza Correia
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, Brasil
ncorreia@ufscar.org.br

Jorge Gabriel Zornberg
University of Texas at Austin, Austin, Texas
zornberg@mail.utexas.edu

RESUMO: Geossintéticos aplicados na pavimentação tem como função proporcionar maior vida útil a estrutura, seja pelo aumento da capacidade estrutural ou pelo aumento da vida de fadiga. No entanto, ao término sua vida útil, faz-se necessário uma revitalização do pavimento. Quando reforçados, estes pavimentos podem se comportar de maneira particular no processo de fresagem frente aos pavimentos convencionais não reforçados. Assim, um novo desafio pode surgir nos próximos anos em termos de fresagem e potencial de reciclagem de revestimentos asfálticos reforçados com geossintéticos. Este estudo de campo, aliado à ensaios laboratoriais, aborda as características do material oriundo da fresagem dos revestimentos reforçados, aqui chamados de G-RAP. Nesta pesquisa, uma pista teste foi construída no Aeroporto Internacional de Salvador com diferentes seções de pavimentos reforçados, além de uma seção controle. Estas seções passaram pelo processo de fresagem gerando diferentes tipos de RAP com geossintéticos (G-RAPs) além do RAP convencional. A pesquisa mostrou que todos os geossintéticos foram “usináveis/fresáveis”, gerando RAPs com características semelhantes ao RAP-controle. Foram verificados percentagens de fragmentos/fibras de geossintéticos menores que 1,3% nos RAPs. Verificou-se que os maiores teores de CAP nos G-RAPs foram encontrados nos geossintéticos com maior teor de pré-impregnação de betume.

PALAVRAS-CHAVE: Geossintéticos, pavimentos reforçados, fresagem, RAP, reciclagem de pavimentos

ABSTRACT: Geosynthetics applied in paving have the function of increasing pavement service-life, either by increasing its structural capacity or by increasing pavement fatigue life. However, at the end of pavement service, it is necessary to rehabilitate the pavement. When reinforced, these pavements can behave differently from conventional unreinforced pavements in the milling process. Thus, a new challenge may arise in the coming years in terms of milling and recycling potential of geosynthetic-reinforced asphalt overlays. This field study combined with laboratory tests addresses the general characteristics of the milled-geosynthetic materials here called G-RAP. To conduct this research, an experimental test section was constructed at Salvador International Airport with different reinforced pavement sections and the control section. These pavements went through the milling process generating different types of G-RAPs in addition to the control RAP. Research showed that all geosynthetics were “millable”, generating RAPs with characteristics similar to the RAP-control. Percentage of fragments/fibers of geosynthetics smaller than 1,3% were verified in the RAPs. Highest levels of bitumen content in the G-RAPs were verified for geosynthetics with highest contents of pre-impregnation of bitumen.

KEYWORDS: Geosynthetics, reinforced pavements, milling, RAP, pavement recycling

1 INTRODUÇÃO

Um programa de reabilitação de pavimento asfáltico convencional adotado para restaurar a

operacionalidade do pavimento inclui fresar a superfície asfáltica antiga existente e substituí-la por uma cobertura asfáltica nova. Tais programas de reabilitação envolvendo operações de fresagem

resultarão na geração de grandes quantidades de asfalto fresado, também referido como pavimento asfáltico recuperado (RAP). O alto acúmulo de estoques de RAP exige o desenvolvimento de uma técnica de construção sustentável que possa utilizar o RAP em grandes quantidades como material de construção. Em 2019, cerca de 138 milhões de toneladas de RAP foram armazenadas nos EUA, o que é cerca de 20% maior do que o armazenado durante 2018 (NAPA, 2020). Essa técnica de construção sustentável pode proteger o meio ambiente, reduzindo uso de matérias-primas, de construção e de emissões de gases de efeito estufa. A NAPA (*National Asphalt Pavement Association*) relata em sua pesquisa anual, realizada nos Estados Unidos, que apenas 0,16% do RAP gerado em seu território é depositado em aterro, sendo o restante deste material, 99,84%, utilizado em processos de reciclagem de novos pavimentos. Já a *Federal Highway Administration* (FHWA) estimou que 100,1 milhões de toneladas de pavimentos asfálticos são fresados a cada ano durante os projetos de recapeamento e alargamento (Thakur e Han, 2015).

Já no Brasil, pode se considerar que o RAP é ainda muito pouco utilizado e que poucos são os exemplos de processos sistêmicos de reaproveitamento do RAP, sendo o estado de São Paulo o pioneiro e maior representante na utilização do RAP em novos pavimentos. Como exemplo, há o projeto de reciclagem à frio executado pela SP-Vias do Grupo CCR com o rejuvenescedor ANOVA 1300 da CARGIL que é capaz de devolver ao RAP *in natura* parte de sua capacidade ligante, deixando-o preparado para ser reaplicado como revestimento em acostamentos e reparos superficiais (Bomfim, 2020). Para auxiliar no desenvolvimento de projetos de reciclagem à quente, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) publicou em 2021 a norma DNIT 033/2021 com instruções específicas para concreto asfáltico reciclado em usina à quente (CAUQ).

A redução de custo de um CAUQ com 50% de RAP na mistura pode alcançar mais de 30% (Kandhal *et al.*, 1997). Ainda há a possibilidade de utilização deste material como estabilizador de solos. Hopp *et al.* (2015) estima um potencial econômico significativo, se o RAP for usado em aplicações de base e sub-base, de aproximadamente 30% nos custos materiais em uma mistura 50/50 de RAP e agregado virgem. Por outro lado, a adoção de práticas sustentáveis para prolongar a vida útil do pavimento inclui a incorporação de geossintéticos, tais como geotêxteis, geogrelhas e geocompostos nas camadas asfálticas para minimizar trincas reflexivas (Saride e Kumar 2019). Quando utilizados entre as camadas do pavimento asfáltico durante o processo de

revitalização superficial (fresagem e recapeamento), os geossintéticos tem como função manter a integridade do revestimento asfáltico estrutural reduzindo a propagação de trincas (Khodaii, 2009) e a degradação causada pela entrada de água nestas fissuras (Shukla e Yin, 2004), bem como possível aumento da capacidade estrutural do pavimento (Correia e Zornberg, 2016; Kumar *et al.*, 2022).

Contudo, por mais estruturado e duradouro que o pavimento seja, o término de sua vida útil é certo e a necessidade de uma nova revitalização ou reconstrução do pavimento asfáltico se faz necessária. Neste novo ciclo, é comum a utilização do processo de fresagem à frio para proporcionar eficiência na remoção da camada de revestimento deteriorada e gerar um material fresado com características granulométricas capaz de ser reutilizado. Assim, um novo desafio pode surgir nos próximos anos em termos de fresagem e reciclagem do RAP.

Os aspectos da fresagem e geração do material reciclado RAP de pavimentos reforçados é ainda pouco abordado na literatura. O RAP oriundo da fresagem de pavimentos reforçados, aqui chamados de G-RAP, tem em sua composição fragmentos de geossintéticos (fibras) que geram características singulares para sua potencial reutilização como material de base e agregado para revestimentos asfálticos. Portanto, programas experimentais precisam ser elaborados para avaliar as características e o comportamento do RAP coletado de pavimentos reforçados. Além disso, debates sobre o quão “usináveis/fresáveis” são os geossintéticos tornaram-se uma preocupação cada vez mais comum na comunidade de pavimentação asfáltica e, infelizmente, a literatura existente sobre esse tópico é muito limitada.

Tran *et al.* (2012) investigaram a fresagem de camadas de asfalto reforçado com geossintético e descobriram que, para ambas as misturas asfálticas preparadas com 30% de RAP (com e sem geossintético), nenhuma diferença apreciável foi relatada em termos de propriedades de resistência à tração, deformação permanente, suscetibilidade à umidade e análises de trincas térmicas. Gu *et al.* (2021) relataram que o uso de RAP com fragmentos geossintéticos de até 30% nas novas misturas asfálticas apresentou excelente resistência à deformações plásticas e suscetibilidade à umidade. Saxena *et al.* (2023) relataram que tanto o RAP quanto o G-RAP misturados com agregados virgens exibiram trabalhabilidade e propriedades adequadas para uso como camada de base de pavimentos.

Assim, este estudo visa abordar aspectos da fresagem e características de RAPs obtidos de pavimentos reforçados oriundos do primeiro grande

estudo experimental realizado sobre fresagem de revestimentos asfálticos com geossintéticos no Brasil.

2 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Inicialmente, para a produção dos G-RAPs foi necessária a construção de uma seção teste em escala real com diferentes tipos de pavimentos reforçados. A seção teste continha 5,0 m de largura e 10,0 m de comprimento e maiores detalhes podem ser encontrados em Souza e Correia (2022). O local escolhido para construir a seção teste foi o Aeroporto Internacional de Salvador, operado pela Vinci Aeroportos, empresa francesa responsável por gerenciar 65 aeroportos em mais de 12 países.



Figura 1. Localização Seção Teste - Aeroporto internacional de Salvador (Fonte Próprio Autor).

2.1 Processo Construtivo

O processo construtivo foi desenvolvido em 3 etapas, onde a primeira consistiu na fresagem parcial da camada de revestimento desgastada. Na segunda etapa houve a aplicação de ligante asfáltico emulsão RR2C e a instalação de diferentes geossintéticos. A terceira etapa consistiu na aplicação camada asfáltica com os devidos procedimentos de compactação.

2.1.1 Processo Construtivo da Seção Teste – 1ª Etapa

O local destinado a construção da seção teste contava com uma estrutura pavimentada composta pelo reforço do sub leito em silte argiloso, base em brita graduada simples com espessura de 180 mm e revestimento asfáltico com espessura de 60 mm com traço enquadrado na Faixa 3 do DNIT (Retro analisado). Antes da instalação dos diferentes geossintéticos para reforço, houve uma preparação da área com a remoção parcial da camada de desgaste por fresagem a frio de 20 mm de espessura realizada com o auxílio de uma fresadora Wirtgem modelo W200. A camada residual de asfalto era de 40 mm cuja textura acabada após a fresagem era composta

por ranhuras com sulcos de aproximadamente 1,2 mm de profundidade (ABNT NBR 16504, 2016). A Figura 2 apresenta a textura e espessura dos sulcos após a fresagem da camada de revestimento inicial.



Figura 2. Textura e espessura dos sulcos após a fresagem da camada de revestimento inicial (Fonte Próprio Autor).

2.1.2 Processo Construtivo da Seção Teste - 2ª Etapa

Após a limpeza da área fresada, foi realizada a aplicação a emulsão asfáltica do tipo ruptura rápida RR-2C. O uso de emulsão asfáltica é recomendado por meio da especificação ET-DE-P00/043 (DER, 2006) que orienta sobre serviços de tratamento anti-reflexão de trincas com geossintéticos em obras rodoviárias. A emulsão RR-2C apresenta viscosidade de Sybolt Furol a 50°C (ABNT NBR 14491, 2007) de 182,5 s, peneiração (0,84mm) de 0,03% massa (ABNT NBR 14393, 2012) e teor de resíduo seco de 53% massa (ABNT NBR 14376, 2019). A aplicação foi realizada por barra aspersora e a taxa de residual asfáltica média aferida em campo foi de 661,5 g/m². Após o rompimento da emulsão, os 5 tipos de geossintéticos, denominados GG1, GG2, GG3, GG4 e GG5 foram instalados em faixas de 0,9 m de largura, restando uma faixa controle (sem reforço) de 0,5 m. A escolha dos geossintéticos foi direcionada de forma a abranger diferentes características presentes em geossintéticos para pavimentação, cujo intuito era obter cinco tipos de G-RAPs com características singulares. A Figura 3 apresenta a instalação dos geossintéticos no Aeroporto



Figura 3 - Instalação dos geossintéticos no Aeroporto (Fonte Próprio Autor).

A Figura 4 apresenta os cinco diferentes reforços geossintéticos, incluindo geogrelha de fibra de vidro (GG1), geocomposto de geogrelha de fibra de vidro com geotêxtil não tecido (GG2), geocomposto de microfibras de vidro (GG3), geocomposto de geogrelha de fibra de vidro com um geotêxtil não tecido ultraleve (GG4) e geocomposto de geogrelha de poliéster com geotêxtil não tecido ultraleve (GG5).

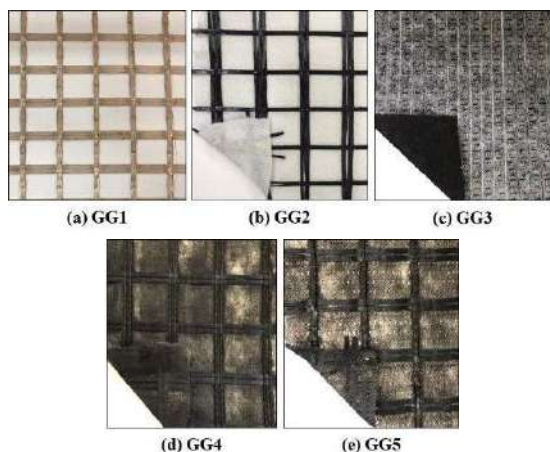


Figura 4 - Geossintéticos utilizados no presente estudo (Fonte Próprio Autor)

A GG1 é uma geogrelha de fibra de vidro, possui revestimento polimérico e resistência à tração última de 75 kN/m e 95 kN/m nas direções longitudinal e transversal, com tensão de alongamento de 3% (ABNT ISO 10319). A GG2 é um geocomposto feito de um geotêxtil não tecido ligado termicamente a uma geogrelha revestida com betume com 50 kN/m de resistência e 3% de deformação, nas direções longitudinal e transversal. A GG3, é um geocomposto fabricado pela incorporação de malha de microfibras de vidro em manta de poliéster e revestida com produto elastomérico, apresentando resistência à tração final de 25 kN/m e 30 kN/m em uma tensão de alongamento de 7%. O quarto produto, GG4, é um geocomposto de geogrelha de fibra de vidro e um geotêxtil não tecido ultraleve, revestidos com um betume e resistência à tração de 50 kN/m com alongamento na ruptura de 3% nas direções longitudinal e transversal. A GG5, é um geocompósito feito de geogrelha de poliéster (PET) e um geotêxtil não tecido ultraleve revestidos com betume e resistência à tração de 50 kN/m, e uma deformação de alongamento de 12% nas direções longitudinal e transversal.

2.1.3 Processo Construtivo da Seção Teste - 3ª Etapa

Realizada a instalação dos diferentes geossintéticos, foi iniciada a aplicação da camada final de CAUQ,

com espessura de 70 mm, aplicado de forma mecanizada. O material continha características que se enquadraram na Faixa 3 da norma DIRENG 04.05.610, apropriada para pavimentos flexíveis aeroportuários. A Tabela 2 apresenta a faixa da mistura asfáltica utilizada na construção da seção teste. A temperatura de aplicação do CAUQ foi aferida antes e durante o processo construtivo, onde a temperatura mínima de projeto seria 120°C.

Tabela 1. Faixa granulométrica das misturas asfálticas.

Peneiras (mm)	Faixa da mistura superior	Faixa da mistura inferior
25,4	100,0	100,0
19,1	100,0	100,0
15,9	100,0	100,0
12,7	98,2	93,2
9,52	89,4	89,5
4,76	67,5	72,6
2,00	41,1	56,5
0,42	20,2	39,2
0,177	12,3	10,2
0,074	5,6	5,3

Para a aplicação do CAUQ, foram utilizados os seguintes equipamentos: Vibroacabadora Ammann modelo AFT 500, Rolo compactador Duplo tandem e pneus Ammann O processo de aplicação do material e compactação contou com a expertise da equipe para garantir o grau de compactação e a qualidade da obra. Inicialmente houve o espalhamento do material com auxílio da vibroacabadora, compactação inicial realizada com rolo duplo tandem em um total de 30 passadas e compactação com rolos de pneus realizando 20 passadas de compactação e grau de compactação próximo de 100%. A Figura 5 apresenta a seção em construção.



Figura 5. Seção teste em construção no Aeroporto de Salvador (Fonte Próprio Autor).

2.2 Procedimentos Experimentais

A etapa experimental consistiu na fresagem dos diferentes pavimentos reforçados e da seção controle, gerando 5 diferentes materiais recicláveis, aqui

designados como G-RAP1, G-RAP2, G-RAP3, G-RAP4 e G-RAP5, além do RAP-C (controle) gerado pelo pavimento não reforçado. O Procedimento experimental B consistiu na fresagem da seção teste e coleta dos materiais G-RAPs. A passagem do maquinário de fresagem ocorreu no sentido longitudinal para que cada tipo de pavimento reforçado fosse fresado separadamente. O equipamento utilizado foi a Fresadora Wirtgen modelo W100 L fabricada em 2010. Este equipamento contém um tambor de fresagem padrão composto por 100 dentes de corte capaz de proporcionar uma fresagem com até 1m de largura. Antes de iniciar o processo de fresagem, os dentes de corte foram substituídos para garantir apropriado desgaste do material asfáltico e a sua correta fragmentação. O processo foi realizado de forma padronizada para todos os 5 tipos de pavimento mantendo-se a rotação máxima do tambor de fresagem que é de 320 RPM. A espessura de corte definida foi de 90 mm, aferida de forma física com auxílio de régua metálica durante todo o processo de fresagem. A espessura foi pensada de forma a atingir o reforço de geossintético que se encontrava entre a nova e a antiga camada pavimentada. A Figura 6 demonstra o equipamento utilizado e a Figura 7 o procedimento de troca dos dentes de corte.



Figura 6. Fresadora W100 L Modelo 2010 (Fonte Próprio Autor)



Figura 7. Substituição das pontas de desgaste (Fonte Próprio Autor).

Outra característica da fresadora utilizada nesta etapa é a sua capacidade de coleta automática do material fresado realizado pela correia transportadora confeccionada de borracha de alta densidade e

resistência, suportada pela lança de transporte e descarga do RAP. Os materiais fresados G-RAP foram então coletados separadamente por caminhões basculantes e estocados em local coberto para preservar suas características originais. Além do cuidado com a escolha do local de estoque, os G-RAPs são mantidos coberto por lona plástica evitando contaminações e presença de umidade. A Figura 8 apresenta a fresagem e coleta dos materiais e a Figura 9 apresenta os G-RAPs estocados.



Figura 8. Processo de fresagem e coletado do material G-RAP (Fonte Próprio Autor)



Figura 9. G-RAPs estocados (Fonte Próprio Autor).

2.2 Procedimentos Laboratoriais

Para entender melhor as características físicas dos G-RAPs, foram propostos ensaios laboratoriais para a determinação da granulometria e do teor de CAP presentes nos G-RAPs. O ensaio para a determinação do teor de CAP baseou-se na norma DNER-ME 053/94 em que aproximadamente 1500g de amostra do G-RAP foi submetida a sucessivas diluições em solvente para retirar todo o material betuminoso presente na sua mistura. Ao final do processo, a amostra foi novamente pesada e a diferença de peso é considerado o teor de CAP presente nos G-RAPs.

Para o ensaio de granulometria, utilizou-se a norma DNIT 412/2019 – ME cujas peneiras continham abertura de malha variando entre 1” (25mm) à n° 200 (0,075mm) adequadas para o tamanho máximo do agregado contido nos G-RAPs.

Contudo, para entender melhor as características dos G-RAPs optou-se também pela coleta do percentil, em massa, de fragmentos de geossintéticos presentes em cada G-RAP. Para isso, os fragmentos de geossintéticos retidos abaixo da peneira 25,4 mm foram separados e pesados.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Por se tratar de um material oriundo de pavimentos reforçados com diferentes geossintéticos, os G-RAPs apresentam aspectos variados entre si. Em uma interpretação inicial é possível afirmar que características como a composição do material, espessura e largura dos filamentos, tipo de polímero e resistência à tração dos geossintéticos, podem ser decisivos na composição do G-RAP. A Figura 10 apresenta os aspectos dos diferentes G-RAPs coletados na fresagem dos pavimentos reforçados.

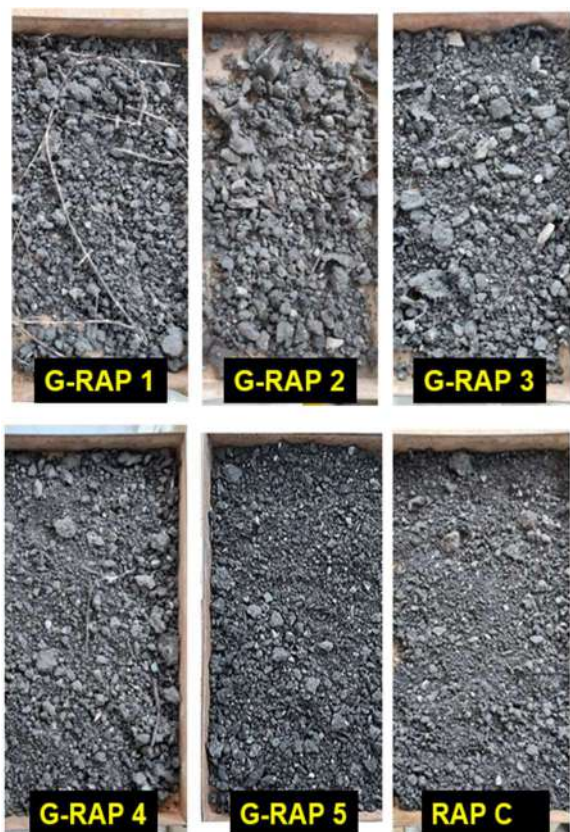


Figura 10. Aspectos dos diferentes G-RAPs e RAP-C coletados no processo de fresagem (Fonte próprio autor).

A Figura 11 apresenta a curva granulométrica dos G-RAPs e RAP-C. Nota-se que a distribuição granulométrica dos RAPs com e sem geossintéticos não foi substancialmente diferente. Observa-se que o G-RAP1 apresentou maiores fragmentos em sua mistura, tal como verificado na Figura 10. Neste caso, trata-se de uma geogrelha de alta resistência à

tração e elevada rigidez, bem como elevada espessura em relação aos demais geossintéticos.

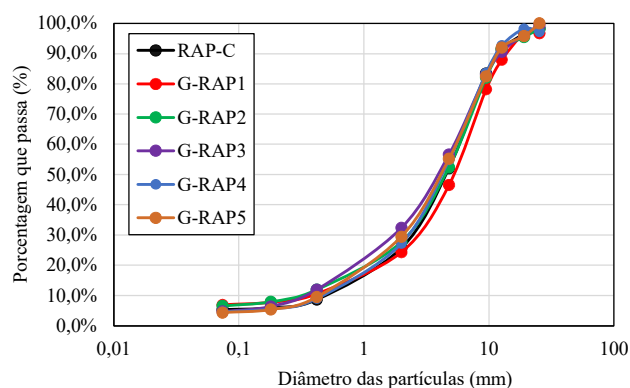


Figura 11 – Distribuição granulométrica dos RAPs com e sem geossintéticos (Fonte próprio autor).

A Figura 12a apresenta o teor total de fibras/fragmentos de geossintéticos, em percentagem, presentes nos RAPs e a Figura 12b apresenta o teor de fibras/fragmentos retidos na #19,1 mm.

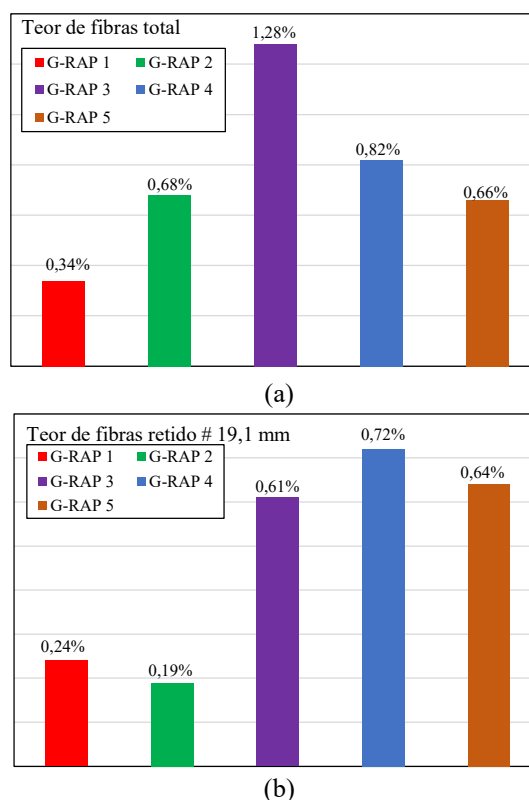


Figura 12 – Teor de fibras/fragmentos de geossintéticos presentes nos RAPs: (a) total; (b) retido na # 19,1 mm (Fonte próprio autor).

Observa-se na Figura 12a que o G-RAP3 apresentou o maior teor total de fibras/fragmentos, seguido do G-RAP4, G-RAP2, G-RAP5 e, por fim, G-RAP1. No entanto, os geossintéticos GG1 e GG2 apresentaram grandes porções não fresadas, tal como observado na Figura 10. Já os geossintéticos GG3,

GG4 e GG5 apresentaram mais fragmentos/fibras de geossintéticos, e menores fragmentos de fresado. A Figura 13 apresenta o aspecto dos fragmentos de geossintéticos retidos na peneira de 19,1 mm de abertura de malha.



Figura 13 – Aspecto dos fragmentos de geossintéticos retidos na peneira de 19,1 mm de abertura de malha

Outra característica estudada nesta pesquisa foi o teor de CAP presente nos G-RAPs. A mistura original do CAUQ continha um teor de projeto de 4,8%. A Figura 14 apresenta o teor de CAP presente em cada um dos 5 G-RAPs e no RAP-C. Os G-RAP3 e o G-RAP4 apresentaram valores superiores ao percentil de CAP de projeto, resultado já esperado devido tanto a maior presença de fragmentos/fibras no RAP quanto da presença de pré-impregnação com betume nestes geossintéticos. Esta característica é muito importante pois, em caso de reutilização deste material em outra mistura betuminosa, prováveis ajustes para um menor teor de CAP serão observados.

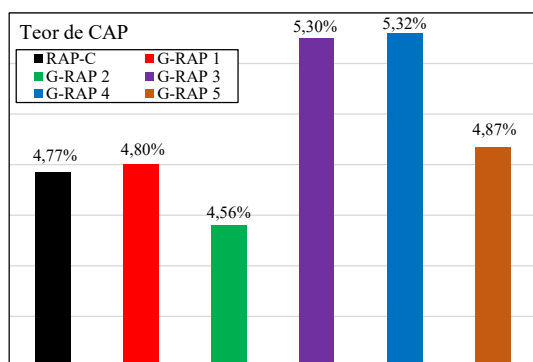


Figura 14. Teor de CAP nos G-RAPs e RAP-C (Fonte próprio autor).

Os resultados de teor de CAP do G-RAP1 encontram-se também coerentes, uma vez que a GG1 não tem pré-impregnação com betume e apresentou menor teor de fibras no RAP. Já a GG2, embora tenha a geogrelha pré-impregnada, apresenta um espesso geotêxtil não tecido sem pré-impregnação. Além disso, o teor de ligante no campo para a GG2 foi 50%

do necessário para saturar o material, de acordo com a taxa de retenção de asfalto (Souza e Correia, 2022). Isso levou o G-RAP2 a apresentar um teor de CAP ainda menor do que RAP-C.

De modo geral, todos os G-RAPs foram “fresáveis/usináveis” e apresentaram características singulares para sua potencial reutilização como agregado para revestimentos asfálticos ou material de base. A presença de fibras pode proporcionar capacidade de reforço em novas camadas de pavimentos.

4 CONCLUSÕES

Este estudo abordou aspectos da fresagem e características de RAPs obtidos de pavimentos reforçados. Os principais resultados são apresentados a seguir:

- Todos os geossintéticos avaliados neste estudo foram “usináveis/fresáveis”, gerando RAPs com granulometria semelhante ao RAP-controle;
- Pavimentos reforçados com diferentes geossintéticos geram materiais fresados com diferentes características, tais como a quantidade de fragmentos/fibras;
- Em geral, o teor de fibras/fragmentos de geossintéticos nos G-RAPs foi menor do que 1,3%, em massa;
- O teor de CAP presente nos RAPs foi alterado pela presença de fibras/fragmentos de geossintéticos;
- G-RAPs com geossintéticos pré-impregnados com betume podem influenciar diretamente no teor de CAP presente no RAP.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido do Vinci Airports, Salvador Bahia Airports, ao CNPq no Projeto Universal 421185/2018-0, ao Programa CAPES Print/UFSCar e à Huesker Brasil e TDM Brasil. Agradecimentos à Pavitec Asfaltos, Construtora Alves Ribeiro e ao Laboratório de Geotecnia e Geossintéticos da Universidade Federal de São Carlos pela realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS

- Bonfim V (2021), *Pavimento Sustentável* (1º Ed), São Paulo SP, Exeção Editorial e Eventos, 1º ed, p81
- Canestrari, F., A. D’Andrea; G. Ferrotti; A. Graziani;

- M. N. Partl; C. Petit; C. Raab e C. Sangiorgi, (2018). *Advanced Interface Testing of Grids in Asphalt Pavements*. In: Partl, M.N., L. Porot; H. Benedetto; F. Canestrari; P. Marsac e G. Tebaldi (eds.) *Testing and Characterization of Sustainable Innovative Bituminous Materials and Systems*.
- Correia, N. S., & Mugayar, A. N., (2021). *Effect of binder rates and geogrid characteristics on the shear bond strength of reinforced asphalt interfaces*. *Construction and Building Materials*, 269.
- Correia, N. S., & Zornberg, J. G., (2016). *Mechanical response of flexible pavements enhanced with Geogrid-reinforced asphalt overlays*. *Geosynthetics International*, 23(3), 183–193.
- Correia, N. S., Souza, T. R., Silva, M. P., Kumar, V. V (2022). *Investigations on interlayer shear strength characteristics of geosynthetic-reinforced asphalt overlay section at Salvador International Airport*, *Road Materials and Pavement Desing*.
- DER, (2006). ET-DE-P00/043: *Tratamento Anti-Reflexão De Trincas Com Geossintético*
- DNER (1994), Norma ME 53/94-ES, *Mistura Betuminosas – Percentagem de Betume*, Brasília DF, DNER.
- DNIT (2021), Norma 033/2021-ES, *Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico reciclado em usina a quente – Especificação de serviço*, Brasília DF, DNIT.
- DNIT (2019), Norma 412/2019-ES, *Pavimentação - Misturas asfálticas – Análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento – Método de ensaios*, Brasília DF, DNIT.
- FGSV (2013). ZTV Asphalt-StB 07/13: *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt*. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- Gonzalez-Torre, I., Calzada-Perez, M. A., Vega-Zamanillo, A., Castro-Fresno, D., (2015). *Experimental study of the behaviour of different geosynthetics as anti-reflective cracking systems using a combined-load fatigue test*, *Geotextiles and Geomembranes*.
- Gu, F., Andrews, D., Marienfeld, M. (2021). *Evaluation of bond strength, permeability, and recyclability of geosynthetic products*. *Geosynthetics Conference*, 2021, 362-373.
- Kandal P. S., Mallick R. B., (1997). *Pavement Recycling Guidelines for State and Local Governements* U.S Department of Trnsportation.
- Khodaii, A., Fallah, S., Moghadas Nejad, F., (2009). *Effects of geosynthetics on reduction of reflection cracking in asphalt overlays*, *Geotextiles and Geomembranes*, 27(1), 1–8.
- Kumar, V.V., Roodi, G.H., Subramanian, S., Zornberg, J.G. (2022). *Influence of asphalt thickness on performance of geosynthetic-reinforced asphalt: Full-scale field study*. *Geotextiles and Geomembranes*, 50, 1052-1059.
- Leutner R., (1979). *Untersuchungen des Schichtenverbunds beim bituminösen Oberbau*. *Bitumen*. Nr.3, 84-91
- NAPA (2020). National Asphalt Pavement Association, *Asphalt Pavement Industry Surveys on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage*; I United States of America, pg 7.
- Pasetto, M., Pasquini, E., Giacomello, G., & Baliello, A., (2019). *Innovative composite materials as reinforcing interlayer systems for asphalt pavements: an experimental study*. *Road Materials and Pavement Design*, 20, S617–S631
- Saride, S., Kumar, V.V. (2019). *Reflection crack assessment using digital image analysis*. In: *Frontiers in Geotechnical Engineering*, *Developments in Geotechnical Engineering* (ed. G. M. Latha). Springer, Singapore, 139–156,
- Saxena, A.; Correia. N. S., Kumar, V. V.; Zornberg, J. G. (2023). *Evaluation of Geosynthetic-reinforced Asphalt Milling Characteristics and Suitability as Pavement Base Course*. In: *Geosynthetic Conference 2023*, Kansas, USA.
- Shukla, S.K.; Yin, J.-H., 2004. *Functions and installation of paving geosynthetics*. In *Proceedings of the 3rd Asian Regional Conference on Geosynthetics*, Seoul, Korea, 21–23 June 2004.
- Souza, T. R., Correia, N. S. (2022). *Investigação da aderência de interface de revestimento asfáltico reforçados com geossintéticos em seção experimental no Aeroporto Internacional de Salvador*, 24º ENACOR, 47º RAPv,
- Thakur, J. K., & Han, J. (2015). *Recent development of recycled asphalt pavement (RAP) bases treated for roadway applications*. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 2(2), 68-86.
- Tran, N. H., Julian, G., Taylor, A. J., Willis, R., & Hunt, D. (2012). *Effect of Geosynthetic Material in Reclaimed Asphalt Pavement on Performance Properties of Asphalt Mixtures*. *Transportation research record*, 2294(1), 26-3