



**44ª RAPv** | **18º ENACOR**  
44ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO | 18º ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

**4ª ExpoPavimentação**

*Os caminhos da integração.*

*O maior evento rodoviário do País.*

**Hotel Bourbon . Foz do Iguaçu . PR**  
**18 a 21 de agosto de 2015**

**44ª RAPv – REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO  
E  
18º ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO  
RODOVIÁRIA  
ISSN 1807-5568 RAPv  
Foz do Iguaçu, PR – de 18 a 21 de Agosto de 2015**

**UTILIZAÇÃO DE GEOGRELHA DE POLIÉSTER NA RESTAURAÇÃO DA  
PISTA AUXILIAR DE POUSO E DECOLAGEM DO AEROPORTO DE  
CONGONHAS.**

**Cássio Alberto Teoro do Carmo<sup>1</sup>; Edwin Fernando Ruiz<sup>2</sup>;  
José Renato Pandolpho<sup>3</sup>; Guillermo Montestruque<sup>4</sup>**

**RESUMO**

As geogrelhas de poliéster, largamente usadas em obras ou estruturas geotécnicas, vêm sendo utilizadas em todo o mundo como alternativa para controlar a reflexão de trincas em camadas de recapeamento betuminoso aplicada sobre pavimentos asfálticos ou pavimentos rígidos.

As geogrelhas para reforço de pavimento asfáltico constituem um tipo particular, cuja finalidade principal é reforçar as novas capas betuminosas de maneira tal que aumente sua resistência à tração e, portanto, melhore a resposta das capas asfálticas a tensões de tração de longa duração; e fornecer uma componente elástica que melhore as distribuições de tensões a fim de inibir a propagação de trincas.

**PALAVRA CHAVE:** Geossintéticos, Geogrelha, Aeroporto, Pavimento, Reforço

## **ABSTRACT**

Geogrids, commonly used in geotechnical structures, have been also widely applied as an alternative to control the development of reflective cracks in asphalt overlays placed in flexible and rigid pavements worldwide.

Special geogrids for asphalt reinforcement were developed in order to absorb the tensile stresses concentrated in the tip of the cracks, delaying or even preventing its propagation into upper asphalt layers. As a result, geogrids can improve the general response of the structure by extending the fatigue life and therefore the maintenance intervals of rehabilitated asphalt pavements.

**KEY WORD:** Geosynthetics, Geogrid, Airport, Pavement, Reinforcement

<sup>1</sup>Huesker Ltda., São José dos Campos, SP; Doutorando em Engenharia Civil-UFV - e-mail: [cassio@huesker.com.br](mailto:cassio@huesker.com.br)

<sup>2</sup>Huesker Ltda., São José dos Campos, SP – e-mail: [fernando@huesker.com.br](mailto:fernando@huesker.com.br)

<sup>3</sup>Huesker Ltda., São José dos Campos, SP – e-mail: [renato@huesker.com.br](mailto:renato@huesker.com.br)

<sup>4</sup>UNIVAP, São José dos Campos, SP – e-mail: [montestruque@infratrans.com.br](mailto:montestruque@infratrans.com.br)

## INTRODUÇÃO

O fenômeno de reflexão de trincas em um pavimento é definido pelo reaparecimento na superfície de uma trinca ou junta de pavimento antigo, pelo efeito do tráfego e pelas variações climáticas. Este fenômeno é um dos problemas mais sérios de deterioração de pavimentos restaurados em todo o mundo, merecendo um cuidado especial nos projetos. Diversas são as tentativas para solucionar ou minimizar o complexo problema de reflexão das trincas: que vão desde a simples adoção de grandes espessuras de concreto asfáltico, até a interposição de capas intermediárias especiais denominadas como SART (Sistemas Anti-Reflexão de Trincas).

Com o desenvolvimento dos geossintéticos, as geogrelhas têm sido aplicadas com sucesso para reforço de pavimentos asfálticos novos e restaurados (recapeados). As geogrelhas proporcionam uma alta resistência à tração dentro da capa asfáltica, complementando as propriedades mecânicas da mistura asfáltica. O controle da reflexão de trincas no pavimento é fundamental para o bom desempenho funcional e estrutural, assim como para a eficiência econômica da restauração do pavimento. Dentro deste contexto, a incorporação das geogrelhas de poliéster ou PVA no concreto asfáltico têm trazido grandes benefícios em obras de restauração de pavimentos, especialmente em situações onde o potencial de reflexão das trincas é elevado.

Quando da passagem de uma roda sobre uma trinca, este movimento produz dois tipos de solicitações: flexão e cisalhamento. O efeito de cisalhamento acontece toda vez que uma roda passa sobre uma trinca, provocando um deslocamento vertical entre as paredes das trincas. A posição de flexão ocorre somente quando a roda está sobre a trinca, que provoca a sua abertura, conforme pode ser observado na Figura 1.

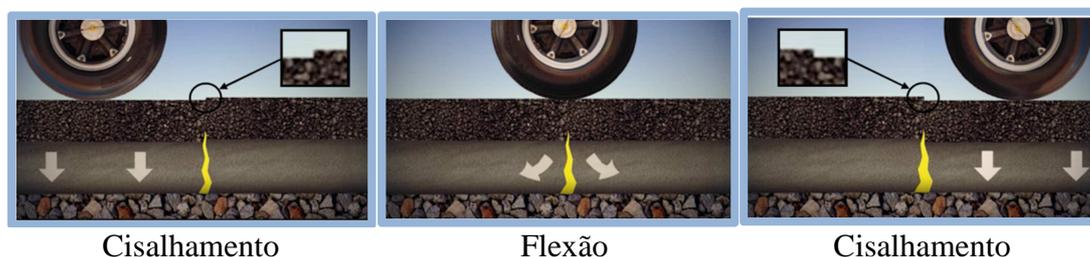


Figura 1 – Solicitações cisalhante e de flexão no revestimento asfáltico (Montestruque et al., 2012)

O potencial de reflexão da trinca existente depende diretamente do movimento entre as paredes das trincas. Quantificar estes deslocamentos é crucial para se projetar a restauração do pavimento mais adequada. O equipamento “Crack Activity Meter” permite efetuar a medição dos movimentos verticais e horizontais entre as paredes das trincas (Figura 2).

O “Crack Activity Meter” (CAM) é um equipamento desenvolvido pelo Instituto Nacional de Transportes da África do Sul que permite medir os movimentos diferenciais entre as paredes da trinca originada pela passagem de uma carga de roda através de dois medidores de deslocamento resistivo do tipo LVDT’s (“Linear Variable Differential Transformers”). O primeiro LVDT na posição horizontal mede o incremento na abertura da trinca ou junta durante a passagem de uma carga de roda à flexão e o segundo LVDT o movimento vertical relativo entre as paredes de um trinca em cisalhamento.



Figura 2 – Medidor de deslocamento “Crack Activity Meter” (CAM).

O movimento vertical relativo entre as paredes de uma trinca é um importante parâmetro que serve para caracterizar a condição das placas de concreto no contexto de avaliar a transferência de carga, seja através das barras de transferência entre as juntas ou através do agregado caso a placa esteja trincada.

Os resultados das avaliações de transferência de carga realizadas com “Crack Activity Meter” nas trinças e juntas servirão para a tomada da decisão. Segundo a classificação da FHWA (Tabela 1) e do Instituto de Asfalto (USA, Tabela 2).

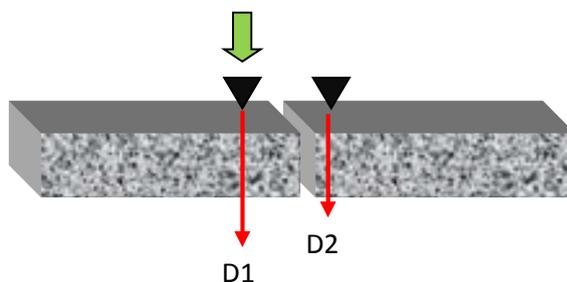


Figura 3. Posição dos sensores para obtenção do LTE (Asphalt Institute).

$$\text{LTE} = \frac{D_2}{D_1} \quad (1)$$

Onde:

LTE = Eficiência na transferência de carga;

D1 = Deflexão no ponto de aplicação da carga;

D2 = Deflexão medida na placa adjacente.

Tabela 1. Avaliação da transferência de carga (FHWA, 2006)

Transferência de Carga	LTE (%)
Boa	> 80
Moderado	60 – 80
Pobre	< 60

Tabela 2. Avaliação do LTE e tratamento segundo o Instituto de Asfalto (USA).

Deflexão	Categoria LTE	Tratamento
> 0,75	Adequada	Selagem, Recapeamento
0,60 – 0,75	Bom	Camada de alívio de tensões
< 0,60	Pobre / Ruim	Quebra das placas / reconstrução

Após a verificação que a transferência de carga entre as placas estava com um LTE > 80%, condição classificada como boa segundo a FHWA (2006) foi executada a restauração do pavimento da pista auxiliar do Aeroporto de Congonhas com a utilização da geogrelha de poliéster, conforme especificação técnica descrito na Tabela 3.

### **CONSIDERAÇÕES SOBRE O RECAPEAMENTO ASFÁLTICO SOBRE PAVIMENTOS RÍGIDOS**

Evidências experimentais indicam a existência de microfissuras inerentes distribuídas na massa das misturas asfálticas. Com a repetição das tensões térmicas e das cargas de tráfego, estas microfissuras crescem por fadiga. A microfissura que apresenta maior probabilidade de crescer ao ponto de se tornar uma trinca visível é aquela que se encontra em regiões de solicitação máxima. No caso de camadas de reforço construídas sobre pavimentos trincados ou com juntas (Figura 3), a região de solicitação máxima ocorre imediatamente acima da junta (onde se dará a deflexão máxima sob uma carga de roda), fazendo com que surja neste ponto, uma trinca.

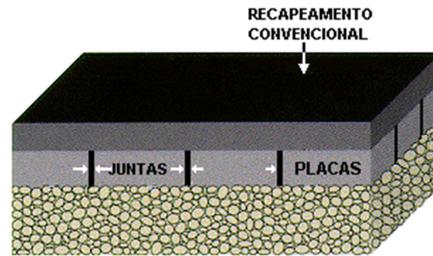


Figura 3 – Recapeamento simples sobre pavimento rígido

Os ensaios de laboratório de Luther et al.(1976), onde uma placa de CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente), apoiada em um pavimento rígido com juntas, foi submetida a cargas repetidas, indicaram que surgimento da trinca de reflexão é um resultado de ruptura por fadiga do material asfáltico sobre a região da junta e que esses processos de fratura e fadiga podem ser analisados através dos princípios da Mecânica da Fratura. Os resultados experimentais indicam que, sob a ação das cargas do tráfego, a camada de recapeamento se encontra em compressão em toda sua espessura, mesmo na vizinhança de uma trinca imediatamente acima da junta, mostrando que é o modo cisalhante que influencia predominantemente a reflexão de trincas. Assim, a fratura é muito mais provável quando a carga se encontra com seu bordo na direção da junta, devido às tensões cisalhantes significativas presentes (Figura 1).

Uma alternativa de projeto baseada apenas em recapeamento simples não é a mais adequada, devido ao grande potencial do pavimento rígido (principalmente na região das juntas) para provocar o trincamento da camada de recapeamento.

SOUSA et al (1996) definem a zona de trincamento como o volume do material imediatamente acima da trinca na superfície do recapeamento (Figura 4). O volume será zero quando a abertura da trinca for zero ( $W_c=0$ ). Em uma mistura asfáltica, a rigidez depende do nível de deformação, da temperatura e do nível de deterioração progressiva por fadiga que já tenha ocorrido. Inicialmente, antes de se iniciar o processo de fadiga, a rigidez da porção de material acima da região da trinca é a mesma da região mais afastada. As cargas de tráfego, que causam movimentos relativos entre as paredes da trinca devido às forças de tração e de cisalhamento atuantes, propagarão as microfissuras através da zona de trincamento, reduzindo, desta forma, a rigidez do material nesta zona.

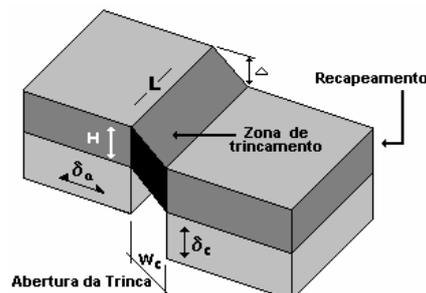


Figura 4 – Representação esquemática da zona de trincamento (SOUSA et al,1996)

No fenômeno da reflexão de trincas, devido à alta concentração de tensões e deformações, existem diferentes taxas de deterioração cumulativa dentro da zona de trincamento. Próximo da extremidade da trinca, a taxa de deterioração cumulativa é muito maior que em zonas mais afastadas. Em alguns pontos da zona de trincamento, a rigidez é reduzida a zero, enquanto outros pontos ainda não suportaram uma redução significativa da rigidez. Porém, do ponto de vista de desempenho do

pavimento, é importante considerar as características de transferência de carga acima da zona da trinca.

A rigidez axial ( $R_a$ ) e cisalhante ( $R_c$ ) equivalente na zona de trincamento pode ser quantificada através das seguintes expressões:

$$R_a = F_a \left( \frac{L}{H} \right) \left( \frac{\partial_a}{w_a} \right) \quad (2)$$

$$R_c = F_c \left( \frac{L}{H} \right) \left( \frac{\partial_c}{w_c} \right) \quad (3)$$

onde:

$F_a$  = força axial (compressão ou tração)

$F_c$  = força cisalhante

$H$  = espessura da camada

$L$  = espalhamento horizontal da trinca

$w_a$  = abertura da trinca

$\partial_a$  = deslocamento axial (abertura o fechamento da trinca, Modo I)

$\partial_c$  = deslocamento cisalhante (Modo II)

## **O AEROPORTO DE CONGONHAS**

O Aeroporto de Congonhas foi inaugurado em 1936, na região metropolitana da cidade de São Paulo/SP, sendo hoje o segundo aeroporto com maior movimentação de aeronaves do Brasil.

O pavimento da pista auxiliar existente consistia de placas de 3,50m x 7,0m de concreto de cimento Portland (CCP), com 25cm de espessura e barras de transferência de cargas nas juntas, recapeado com concreto asfáltico (CA) com espessura de 8,0cm, tendo todas as juntas do pavimento rígido refletidas (Figura 5) através da camada asfáltica para a superfície do pavimento, o que é natural e esperado devido a movimentações horizontais e de empenamento de caráter térmico.



Figura 5 – Juntas das placas de CCP refletidas na camada asfáltica

Conforme observado na Figura 3, todas as juntas do pavimento rígido se encontravam refletidas através de uma camada de recapeamento asfáltico executada anteriormente, o que é natural e esperado em vista das movimentações horizontais e de empenamento de caráter térmico que ocorrem na placa de CCP. A relação entre os comprimentos longitudinais e transversais das placas de CCP é muito superior ao valor limite de 1,25, considerado usualmente para minimizar os movimentos de empenamento térmico das placas. Desta forma, espera-se que estes movimentos sejam particularmente intensos neste pavimento, acelerando a reflexão térmica das juntas, na camada asfáltica. Este mecanismo foi responsável pela reflexão rápida das juntas. Apesar disso as medições realizadas na pista com o “Crack Activity Meter” (Figura 2) indicaram uma boa transferência de carga através do agregado, essa conclusão foi obtida pelos baixos deslocamentos verticais medidos entre as paredes das juntas e fissuras mais importantes. O parâmetro principal para a prevenção da reflexão de trincas em recapeamentos asfálticos é o JDR (Joint Deflection Ratio), que é a relação entre os deslocamentos de um lado sem carregamento e o lado carregado, numa trinca escolhida. Com a utilização do valor do projeto igual a 6.000 pousos anuais do A-320/200 (peso bruto de 73.500 kg).

Em 2008 a pista auxiliar com 1435 metros foi reabilitada pelo consórcio OAS/Camargo Corrêa/Galvão. Para inibir a propagação das trincas por reflexão do pavimento rígido para a nova camada asfáltica utilizou-se a geogrelha de poliéster flexível de alto módulo, sendo o material ideal para esta aplicação, com revestimento betuminoso de elevada aderência.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A restauração ou execução de um pavimento através do sistema de reforço com geogrelhas de poliéster com recobrimento asfáltico seguem, basicamente, os procedimentos normais de um trabalho de pavimentação convencional. A única atividade adicional com relação ao recapeamento simples é desenrolar a bobina da geogrelha (não requer mão-de-obra especializada). A facilidade de instalação garante a minimização de riscos de mau funcionamento por problemas construtivos.

### Especificação da geogrelha de poliéster de alta tenacidade

Na restauração da pista auxiliar do aeroporto de Congonhas foi utilizada a geogrelha de poliéster tipo Hatelit C 40/17, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Especificações técnicas da geogrelha utilizada nos projetos apresentados.

Tipo de produto e matéria-prima	Geogrelha flexível de poliéster de alta tenacidade combinada com um não-tecido ultraleve de polipropileno
Recobrimento	Betuminoso
Nome comercial	Hatelit C 40/17
Abertura da malha	40 mm x 40 mm
Resistência à tração (Long./ Transv.) <ul style="list-style-type: none"><li>Nominal</li><li>a 3% de deformação</li></ul>	50 kN/m / 50 kN/m 12 kN/m / 12 kN/m
Deformação na resistência nominal (Long./ Transv.)	12% / 12%
Rigidez equivalente de aderência ao arrancamento - $C_{eq,rf}$	9 N/mm/mm
Eficiência ao Comportamento a fadiga	100%
Resistencia à temperatura do asfalto <ul style="list-style-type: none"><li>Ponto de fusão</li></ul>	250°C

### Etapas construtivas para a execução da obra

Inicialmente a superfície do pavimento foi fresada (Figura 6) para nivelar a superfície do pavimento, pois esta se apresentava com bastantes irregularidades longitudinais e verticais.



Figura 6 – (a) Processo de fresagem do pavimento e (b) Superfície do pavimento fresada

Após a fresagem de regularização da camada asfáltica existente foi feita a selagem das trincas que apresentavam aberturas maiores que 3mm. As trincas com abertura menor que 3mm foram deixadas sem tratamento.

Esta selagem foi feita com uma massa betuminosa de granulometria fina, conforme Figura 7.



Figura 7 – (a) Massa fina para selagem da junta e (b) compactação da massa betuminosa na junta

### Instalação da geogrelha

A geogrelha deve ser instalada sempre entre duas camadas de materiais betuminosos (revestimento antigo – recapeamento), e sempre sobre pintura de ligação com emulsão asfáltica. No caso de instalação sobre uma superfície não-betuminosa, esta deve ser coberta com uma camada betuminosa de regularização.

A superfície a ser coberta deve ser preparada de modo a garantir a boa aderência entre as camadas subsequentes de asfalto. A superfície deve estar seca e limpa.

### **Imprimação**

A superfície preparada para receber a geogrelha foi impregnada com emulsão asfáltica tipo RR-1C, com uma taxa mínima de 0,5 l/m<sup>2</sup> de asfalto residual. Em situações particulares onde a superfícies estavam com uma rugosidade elevada ou muito danificadas, este valor foi aumentado em 0,1 l/m<sup>2</sup>.

A emulsão deve ser aplicada (Figura 8) e levada à ruptura (evaporação da água, o que se verifica pela mudança da cor de marrom para preto) antes da aplicação da geogrelha e da camada de asfalto subsequente.



Figura 8 – Imprimação da superfície do pavimento

### **Instalação**

A geogrelha foi instalada sobre as trincas/juntas de dilatação do pavimento rígido, conforme Figura 10.

A geogrelha foi desenrolada, diretamente no local a ser posicionado, manualmente (Figura 10), sem dobras ou rugas. Para se adequar a áreas com obstáculos ou descontinuidades a geogrelha foi cortada facilmente com faca ou tesoura.

Nos locais onde a placa do pavimento rígido estava quebrada, foi feita uma avaliação com o “Crack Activity Meter” para medir as movimentações horizontais e verticais das juntas do pavimento rígido, o que indicou uma baixa movimentação entre as juntas. Nestes casos foram utilizadas geogrelhas, conforme Figura 11.

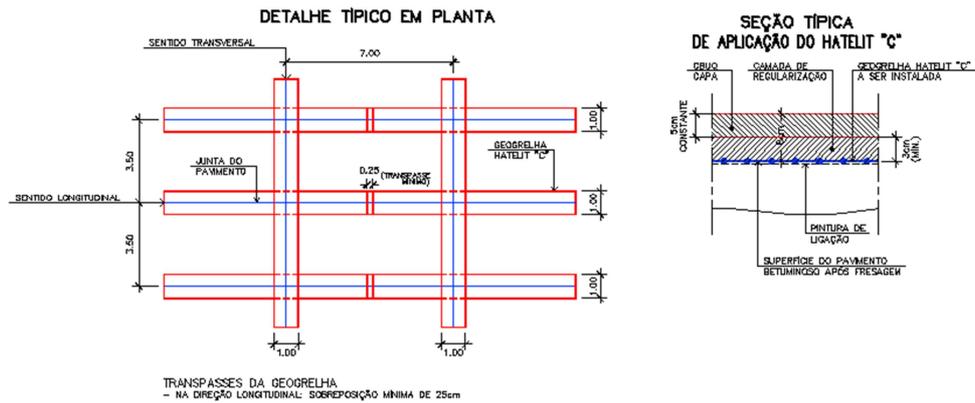


Figura 9 – Esquema do posicionamento das geogrelhas sobre as trincas/juntas.



Figura 10 – Instalação da geogrelha de forma manual nas juntas do pavimento rígido



Figura 11 – Instalação da geogrelha sobre as trincas/juntas.

## Execução da camada asfáltica

Para a execução da camada de asfalto foram seguidos os procedimentos usuais de pavimentação.

Sobre a geogrelha foi executada uma camada asfáltica, tipo binder, com 3cm de espessura e uma outra camada de concreto asfáltico (CBUQ) com 5cm de espessura, perfazendo uma espessura total de recapeamento de 8cm.

As máquinas necessárias na execução da camada asfáltica devem movimentar-se com cuidado sobre a geogrelha, para evitar deslocamento da geogrelha.

Em alguns locais foi necessária a execução de um “salgamento” (Figura 12), que é o lançamento de mistura asfáltica sobre a geogrelha, para que os equipamentos pudessem se movimentar sem danificar a geogrelha. Além disso, foram evitadas freadas e mudanças bruscas de velocidade.



Figura 12 – “Salgamento” da geogrelha para a movimentação dos equipamentos.

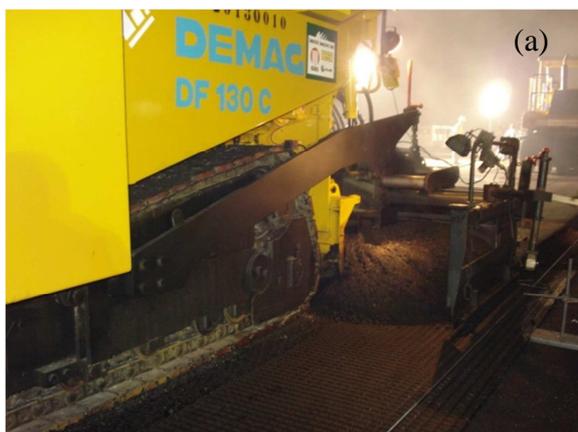


Figura 13 – Execução da camada asfáltica sobre a geogrelha.

## Compactação

A compactação do asfalto reforçado deve seguir o procedimento usual.



Figura 14 – Compactação da camada asfáltica.

## CONCLUSÃO

Foi observado um grande benefício obtido pela presença da geogrelha de poliéster no uso nas camadas intermediárias para o controle da reflexão de trincas. O uso desta geogrelhas de poliéster, de alta tenacidade revestida com material betuminoso reduz significativas no número de intervenções de manutenção dos projetos em estudo.

Os resultados obtidos mostraram o excelente desempenho desta geogrelhas de poliéster como sistema anti-reflexão de trincas. A geogrelha bloqueou a propagação das trincas provenientes das camadas subjacentes.

## BIBLIOGRAFIA

- BUTTON, J.W., EPPS, J.A., LYTTON, R.L. (1982). Fabric Interlayer for Pavement Overlays. SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOTEXTILES, LAS VEGAS, U.S.A., PP. 523 - 528.
- CARMO, C.A.T. ; RUIZ, E.F. ; MONTESTRUQUE, G. (2014). Restauração de Pavimentos Aeroportuários Sulamericano com geogrelha de poliéster. 43<sup>a</sup> Reunião Anual de Pavimentação (RAPv) e 17<sup>o</sup> Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR). Maceió, AL. Anais.
- FHWA/TX-07/0-5123-2. (2006). Guidelines for Evaluation of Existing Pavements for HMA Overlay.
- GOACOLOU, H., MARCHAND, J.P. (1982). Fissuration des couches de roulement. 5<sup>ème</sup> Conférence Internationale Sur les Chaussées Bitumineuses. Delf.
- LUTHER, M. S., MAJIDZADEH, K., CHANG, C.W. (1976). Mechanistic Investigation of Reflection Cracking of Asphalt Overlay. TRB, Transp. Research Record 572, Washington DC., pp 111 - 122.
- MONSER, C. A., MONTESTRUQUE, G., SILVA, A. (2010). Evaluation of an airport pavement after almost 8 years of overlay rehabilitation with a polyester geogrid asphalt reinforcement. 9<sup>o</sup> Conferência Internacional de Geossintéticos. Guarujá, São Paulo, Brasil.

- MONTESTRUQUE, G. et al. (2012). Stress Relief Asphalt Layer and Reinforcing Polyester Grid as Anti-Reflective Cracking Composite Interlayer System in Pavement Rehabilitation. 7<sup>th</sup> International RILEM. Conference on Cracking in Pavements, Delft, Holanda, Junho.
- MONTESTRUQUE, G. V (2002). Contribuição para a elaboração de um método de projeto de restauração de pavimentos asfálticos utilizando geossintéticos em sistemas anti-reflexão de trincas. Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São José dos Campos.
- SOUSA, J. B., SHATNAWI, S., COX, J. (1996). An approach for investigating reflective fatigue cracking in asphalt-aggregate overlays. Reflective Cracking in Pavements, Design and Performance of Overlay Systems. Proceedings of the Third International RILEM Conference, pp. 103-112.