

ESTUDO DE CASO EM CONCESSÕES RODOVIÁRIAS NO ESTADO DE SÃO PAULO
COM UTILIZAÇÃO DE GRELHA DE FIBRA DE VIDRO COMO REFORÇO DE
PAVIMENTO ASFÁLTICO

CASE STUDY IN ROAD CONCESSIONS IN THE STATE OF SÃO PAULO- BRAZIL USING
ASPHALTIC PAVEMENT REINFORCED BY GLASS FIBER GRID

Priscylla Neis Vorel¹
Nelso Lucio Huber²

RESUMO

As estradas e ruas em bom estado estão diretamente ligadas com o bem-estar da sociedade, e por isso a preocupação do trabalho é com a melhoria de pavimentos flexíveis, com materiais usados como reforços que tragam bons resultados, que diminuam a quantidade de manutenções no revestimento e a necessidade de restaurações. A grelha de fibra de vidro será apresentada neste artigo como reforço de pavimento, visando a boa duração do pavimento asfáltico, trazendo segurança para a população que nele trafega e a economia a longo prazo para quem o mantém.

Palavras-Chave: Pavimentação. Asfalto. Reforço. Fibra de Vidro. Defeitos.

ABSTRACT

The adequacy of the streets and roads is directly connected with the welfare of society, that's why the worry of this project is about the evolution of the flexible pavements, with materials used as reinforcement that bring good results, that reduce the quantity of maintenance on the coating and the need of restorations. The fiberglass grid will be shown here as floor reinforcement, aiming at good time asphalt pavement, bringing security for the population and it travels the long-term savings for whom holds.

¹ Autora do artigo. Graduada em Engenharia Civil, pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe UNIARP, Caçador-SC. Email: privorel@hotmail.com.

² Professor Orientador. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Maria/RS. Email: nelhuber@gmail.com.

Keywords: Paving. Asphalt. Reinforcement. Fiberglass. Defects.

INTRODUÇÃO

A pavimentação rodoviária veio para ajudar o homem em sua locomoção, facilitando o transporte de pessoas, materiais e principalmente de matéria prima. A partir do momento em que a população passou a adquirir seus próprios automóveis começou a necessidade de melhorar as estradas, chegando até os materiais utilizados hoje em dia.

O gasto do governo com reparos e manutenção de pavimentos é relevante, e isso é provocado por fissuras que possibilitam infiltrações e assim, abertura de buracos. A fibra de vidro, que será apresentada no trabalho, se encarregará de trazer benefícios para a camada asfáltica, e buscar uma boa diminuição de reparos.

Este trabalho trouxe a proposta de estudar a fibra de vidro como uma tecnologia para melhoria do pavimento asfáltico, o dando maior durabilidade e resistência, como foi utilizada na rodovia Ayrton Senna, pela Ecopistas, administradora do trecho em questão, e também aplicada na concessionária Ecovias, na interligação das rodovias Anchieta e Imigrantes, no estado de São Paulo.

A geogrelha é utilizada como função de reforço de pavimento. Reforçar referindo-se à capacidade de a camada suprir a falta de resistência à tração dentro do pavimento. A finalidade principal da geogrelha é o reforço estrutural como restauração, diminuição de espessura do revestimento e complementar outras camadas do pavimento (BASTOS, 2010).

METODOLOGIA E MATERIAL

LOCAL DO ESTUDO

O estudo de caso ocorreu na rodovia Ayrton Senna, localizada em Itaquaquecetuba, no estado de São Paulo. Esta rodovia tem concessão para a empresa Ecopistas, do grupo Ecorodovias, desde 2009, com um contrato de 30 anos.

No dia 18/03/2012 foi aplicado grelha de fibra de vidro no pavimento asfáltico na rodovia Ayrton Senna SP 070, na Pista Leste, Faixa 02. A aplicação foi do

km 38+017 ao 38+517, totalizando 500 metros lineares de pista com reforço.

E também na mesma rodovia (Ayrton Senna SP 070), Pista Oeste, km 45+500 ao km 45+160, 340 metros lineares aplicados na Faixa 02, no dia 02/05/2016.

NECESSIDADE DE REFORÇO

Conforme o contrato com o governo e das normas da concessionária, a cada 30 anos a empresa tem que refazer o pavimento, inclusive a base, que é tratada com cimento (BGTC). Quando está chegando próximo do prazo o pavimento pode passar a criar patologias.

A concessionaria a cada 05 anos faz a recuperação da malha asfáltica para sempre estar mantendo as boas condições de pistas, sendo que a cada 18 meses os revestimentos sofrem reparos.

Outra empresa é contratada para avaliar as condições gerais das pistas. Levando-se em conta a norma do DNIT 006/2003 – PRO, que designa parâmetros de superfície de pavimentos, pois no contrato da concessionária, o Índice de Gravidade Global (IGG) deve ser de no máximo 30 (conceito bom a ótimo segundo a norma), favorecendo as condições de conforto e de atrito da pista.

A empresa recebe uma planilha de controle por trecho e tipo de patologia e a planilha de resumo de condição por quilometro da rodovia, tendo sempre que apresentar o mínimo admissível de patologias.

A via em que foi aplicado o reforço apresentava trincas e estava próxima da data de refazer a camada de base, então os engenheiros da empresa buscavam uma alternativa de sobrevida do pavimento e optaram em tentar um novo material para testar a eficiência no principal problema: a propagação de trincas. As trincas além do desconforto ocasionam a degradação total do pavimento pela permissão de entrada d'água em outras camadas.

ESPECIFICAÇÕES DO MATERIAL UTILIZADO

A grelha de fibra de vidro utilizada na rodovia é da empresa S&P, uma empresa Suíça e que tem representantes que comercializam o produto em São Paulo- SP. É um material composto por filamentos de vidro em formato de grelha e

pré betuminada, isto é, envolto em betume.

A ficha técnica do material informa os dados mecânicos, garantidos pelos fornecedores das fibras:

- Módulo de elasticidade longitudinal e transversal: 73 KN/mm²;
- Extensão da ruptura da fibra longitudinal e transversal: de 3 a 4,5%;
- Resistência a tração longitudinal e transversal: 111 KN/m (2,7% extensão) 120 KN/m (teórico);

Dourado e Scherer (2005) descrevem sobre o módulo de elasticidade fibra de vidro como 70 KN/mm². Esse módulo tem redução quando se torna grelha, e fica como 47 KN/mm². Sendo assim, se torna eficiente para auxiliar na resistência flexo-tração, pois é em torno de 9 vezes maior que o módulo de elasticidade do revestimento asfáltico.

Ainda com Dourado e Scherer (2005), temos um teste de durabilidade do pavimento com a aplicação ou não de reforços vistas a partir do teste Netherlands Pavement Consultantes (NPC) que avalia a resistência a fissuras de fadiga quando sujeita a cargas cíclicas.

A explicação do teste NPC segundo Dourado e Sherer (2005, p. 12):

Um pavimento com espessura total de 9 cm (3 cm+ 6 cm) é carregado ciclicamente por intermédio de uma prensa de 4 pontos de apoio por uma viga de vão de 500 mm. Durante o teste, a temperatura ambiente é mantida a 5º C. São aplicadas cargas cíclicas (simulando cargas dos rodados de um veículo) com uma frequência de 29.3 Hz controladas segundo os seguintes critérios:

Carga mínima: 50 N; Carga máxima: 4500N

Esta gama selecionada de cargas simula as cargas típicas que ocorrem nas vias. É controlada a flexão da viga até a rotura do modelo ou até uma deformação irreversível de 35 mm em função do carregamento cíclico.

Os resultados foram de acordo com Dourado e Scherer (2005), que o número de ciclos até a ruptura (ou 35 mm de deformação) do modelo de referência, sem reforço, +- 30000 e o modelo com grelha de fibra de vidro pré-betuminada, aproximadamente 180000 - 185000 clicos.

O teste nos mostra que a grelha de fibra de vidro, pré-betuminada, nos dá 6 vezes mais durabilidade de acordo com as cargas recebidas que o pavimento sem reforço (modelo de referência).

TESTE DE TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

A resistência a tração por compressão diametral limita o quanto o material pode esticar ou se deformar sem romper. A grelha de fibra de vidro também serve para aumentar essa resistência do revestimento do pavimento.

Segundo Bernucci et al. (2008), a resistência a tração por compressão diametral faz parte de algumas especificações de misturas asfálticas. A norma 031/2004 do DNIT denomina 0,6 Mpa como valor de resistência a tração mínima. Sobre a amostra para a realização do teste conforme o DNIT (2004, p. 2): “O corpo-de-prova destinado ao ensaio pode ser obtido diretamente do campo por extração através de sonda rotativa (...) e diâmetro de $10 \pm 0,2$ cm.”

O corpo de prova foi fornecido para os estudos durante a visita a empresa S&P em São Paulo - SP no dia 17/10/2016. O corpo de prova contém a fibra de vidro inserida. A realização do teste foi na cidade de Joaçaba-SC no dia 01/11/2016 em laboratório apropriado para a realização do mesmo.



Figura 1 - Corpo de prova de asfalto com reforço

Fonte: A autora

Após a realização do ensaio, segundo a ES 031 do DNIT (2009, p. 2):

Com o valor obtido é calculada a resistência à tração do corpo-de-prova

rompido por compressão diametral, através da expressão:

$$\sigma_R = 2 \cdot F / \pi \cdot D \cdot H$$

Onde: σ_R – resistência à tração, MPa; F – carga de ruptura, kgf; D – diâmetro de corpo-de-prova, cm; H – altura do corpo-de-prova, cm;

Então temos a altura do corpo de prova= 10,87 cm; diâmetro 9,96 cm; e carga de ruptura 922,32 kgf.

$$\sigma_R = 2 \cdot F / \pi \cdot D \cdot H$$

$$\sigma_R = 2 \cdot (922,32) / \pi \cdot (10,87) \cdot (9,96)$$

$$\sigma_R = 5,43 \text{ Mpa}$$

APLICAÇÃO DA GRELHA DE FIBRA DE VIDRO NO PAVIMENTO

A Especificação Técnica (ES) “Tratamento Anti-reflexão de Trincas com Geossintético” do DER (2006, p.10), explica sobre a aplicação de tratamento com uso de geogrelha em pavimento:

Antes do início das operações de execução a pista deve ser limpa, eliminando-se todas as partículas de pó, lamelas e material solto. Devem ser reparados os defeitos na camada subjacente, tais como: panelas, depressões, deformações na trilha de rodas, escorregamentos etc. Trincas superiores a 3 mm devem ser seladas com material asfáltico após a limpeza. Instalar a geogrelha sempre entre duas camadas de materiais asfálticos, com revestimento antigo e camada de reforço. (...) Pintura de ligação: A superfície preparada para receber a geogrelha deve ser impregnada com emulsão asfáltica, com taxa de ligante asfalto residual mínima de 0,5 l/m². Em situações particulares como superfícies rugosas ou muito danificadas, deve-se aumentar os valores da taxa de aplicação. A emulsão deve ser aplicada e levada à ruptura antes da aplicação da geogrelha e da camada de asfalto subsequente. Aplicação da geogrelha: A geogrelha deve ser desenrolada manualmente diretamente no local a ser posicionada ou por equipamentos que não ofereçam risco de danos ao material, sem dobras ou rugas. A geogrelha deve ser cortada para se adequar a áreas com obstáculos ou descontinuidades, poços de visitas, caixa de drenagem e outros. Para o bom resultado da instalação, é recomendável que a geogrelha não fique exposta ao tráfego até que esteja coberta pela nova camada de concreto asfáltico. Caso seja inevitável a abertura ao tráfego, deve-se verificar se o recobrimento asfáltico da grelha não foi perdido. Se o recobrimento estiver perdido, deve-se realizar uma segunda imprimação asfáltica.

A partir do manual do Departamento de Estradas de Rodagem, foi analisada a instrução operacional do fabricante (S&P):

A fresagem da pista, quando necessária, deve ocorrer com 15cm a mais de cada lado da área de aplicação da grelha;

- A limpeza da superfície de asfalto deve ser feita com equipamento adequado, através de jato de ar com alta pressão, antes da aplicação da emulsão;

- A limpeza de fissuras existentes no pavimento a ser reparado deve ser feita com ar comprimido e caso existam fissuras >4mm devem ser seladas com material betuminoso selante;

- Aplicar a emulsão especificada a seguir sobre a base a ser aplicada a grelha e após o rompimento da emulsão, aplicar a grelha. Para bases não fresadas usar uma taxa de 400 a 500g/m² de emulsão e para bases fresadas 500 a 600g/m²;

- Para Emulsão indicamos a RR-2C, modificada com polímero ou similar com:

- * Temperatura de amolecimento igual ou superior a 55 °C,

- * Index de penetração inferior a 0,2

- * Percentual de mistura de água na emulsão menor que 33%.

- Aplicar a grelha sobre a pintura de aderência, depois da rotura da emulsão, a fim de promover a adequada aderência entre a grelha e a mistura betuminosa da base. A instalação da grelha é promovida por um processo de termo-colagem por intermédio de uma máquina específica de instalação fornecida com o sistema.

Assim, a grelha depois de colocada no equipamento é desenrolada sobre o pavimento (com uma sobreposição longitudinal mínima de 5cm), passando sequencialmente por uma chama de queima amolecendo o betume polimérico que reveste a grelha, e por uma bateria de rolos que prensa e promovem o ajuste da grelha à superfície do pavimento;

- Em curvas apertadas devem-se efetuar os cortes necessários para evitar pregas na fibra. Neste caso devem-se executar as sobreposições de continuidade necessárias;

- Caso a grelha após instalação, precise ser exposta diretamente ao tráfego em condições de velocidade reduzida, deve-se passar o rolo de pneus, com os pneus devidamente lubrificados, sobre a grelha para ajudar a aderência da grelha à base;

- Após a aplicação da grelha e recompor o pavimento com o CAUQ especificado no projeto.

A limpeza do pavimento teve as mesmas instruções, a selagem de trincas teve diferença apenas de 1 mm no comando de reparação, a emulsão, diretrizes de aplicação da geogrelha e cuidados se o tráfego for aberto em cima do material também foram similares. Isto mostra que o manual do fornecedor do material é condizente com as normas registradas em nosso país.

A aplicação do reforço de pavimento na rodovia Ayrton Senna na pista leste Faixa 02 do km 38+017 ao 38+517, ocorreu no dia 18/03/2012. A Ecopistas trabalha com usinas de asfalto terceirizadas e a aplicação foi de responsabilidade da S&P. A

aplicação foi de acordo com os manuais de aplicação.

O pavimento existente apresentava perceptível degradação e trincas.



Figura 2 - Trecho do km 38 anterior a aplicação do reforço (18/03/2012)

Fonte: Ecopistas (2012)



Figura 3 - Aplicação no trecho do km 38 da rodovia Ayrton Senna (18/03/2012)

Fonte: Ecopistas (2012)

A Figura 2 demonstra a aplicação do reforço. A máquina está desenrolando

o rolo da grelha, e em os aplicadores estão queimando o plástico com maçaricos.

No ano de 2016, na aplicação na mesma rodovia, na pista oeste do km 45+500 até o 45+160, Faixa 01, ocorreu no dia 02/05, e com o mesmo princípio de aplicação.



Figura 4 - Aplicação no trecho do km 45 da rodovia Ayrton Senna (02/05/2016)

Fonte: Ecopistas (2016)

A grelha de fibra de vidro era protegida por um plástico, para que com o calor o betume, que envolve a grelha, não esquentasse e fizesse com que as superfícies do material acabassem colando uma na outra no rolo. Por isso na aplicação esse plástico deveria ser queimado, se não impediria com que as camadas do pavimento se unissem, ficando aderidas apenas pela grelha.

Quando ocorreu este estudo de caso, a empresa S&P estava aplicando na interligação da rodovia Imigrantes com a Anchieta, em São Paulo, concessionada pela Ecovias.

A concessionária adquiriu o material para testes e monitoramento no pavimento e foi aplicado 240 m² de reforço no dia 19/10/2016. Na execução do serviço se fizeram presentes o responsável pela empresa da grelha, o engenheiro da empresa e um técnico de aplicação.

Uma grande mudança na aplicação ocorreu por conta de o material que

passou a proteger o rolo de fibra agora é uma espécie de feltro, ocupando o lugar do plástico. A vantagem é que não precisa mais retirar a proteção, pois o feltro absorve a emulsão asfáltica dando aderência completa na área de contato com o revestimento ou outras camadas do pavimento, o que deixa muito mais simples aplicação levando em conta que o plástico precisava sofrer a queima. Segundo o engenheiro civil da empresa, Renato, agora com o feltro, deve-se ter mais cuidado quanto a umidade, pois o material absorve água, e tem de estar seco para absorver a emulsão.



Figura 5 – Rolo de grelha de fibra de vidro com feltro

Fonte: A autora

O trabalho iniciou com a marcação nos locais em que iriam ser aplicados a grelha, partindo do km 04+175. Todo o km foi fresado pois foi recapado, mas apenas 60 m de pista receberiam o reforço. Então a fresagem foi de 3 cm e onde havia marcação de aplicação de reforço 7 cm. A base de todo o pavimento é tratada a cimento (BGTC), então uma fresa maior poderia ocasionar a ruptura da camada.

As trincas encontradas nas faixas que receberam restauração no revestimento, estavam posicionadas nos limites das placas de base, isto é, a cada 6 metros lineares de pista. Então as marcações ocorreram inicialmente em trechos lineares e depois apenas em cima da trinca.

Depois da fresagem ocorreu a limpeza da pista, seguida pela pintura de

ligação. Os testes da taxa de emulsão aplicadas apontaram $0,67 \text{ l/m}^2$, inicialmente. Como o feltro da grelha absorve a emulsão, não precisa esperar a ruptura para a aplicação.

Após todos os processos recomendados se iniciou a aplicação, com cuidados para que a grelha ficasse reta e sem rugosidades.



Figura 6 – Início da aplicação no trecho do km 4+175 (19/10/2016)

Fonte: A autora

A largura da pista é 3,5 m e o rolo tem largura de 2,0 m. A figura 12 é o início da aplicação na Faixa 03 da via. São aplicados 2 rolos lado a lado para completar a faixa, com 50 cm sobrepostos.



Figura 7 - Aplicação no trecho do km 4+175 (19/10/2016)

Fonte: A autora

Após a aplicação da grelha se completou a taxa de emulsão, o teste informou $0,18 \text{ l/m}^2$. Assim, o total de emulsão asfáltica foi $0,8 \text{ l/m}^2$. A taxa de emulsão é de extrema importância para a aderência do reforço no pavimento e é um dos quesitos mais cobrados pela empresa S&P.

Depois da ruptura da segunda camada de emulsão, se inicia a aplicação do concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ). Em um primeiro momento foi aplicado uma camada de 04 cm de revestimento com granulometria fechada e depois uma camada de 03 cm com granulometria aberta e vazios, que ajuda na aderência dos pneus dos automóveis na pista e na drenagem. A Ecovias tem sua própria usina de asfalto e utiliza o CAP AB8, que é um tipo de asfalto borracha e fornece ótimas características ao pavimento por ter melhor resultado de deformação e maior viscosidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As primeiras conclusões sobre a grelha de fibra de vidro como reforço de pavimento surgiram no estudo na empresa Ecopistas (18/10/2016), quando os resultados de durabilidade foram comprovados.

Na visita a Ecopistas se falou sobre a durabilidade dos trechos dos pavimentos da rodovia Ayrton Senna, que no contrato com o governo se diz para no mínimo a cada 05 anos refazer a camada do revestimento, mas que a cada 18 meses essa camada é refeita por conta de patologias aparentes (que não podem ocorrer segundo o contrato da concessionária).

O trecho em que foi aplicada a grelha de fibra de vidro em 2012 (km 38+017 ao 38+517 Faixa 2) é um trecho em que só precisará passar por restauração no ano de 2017 por conta de chegar ao limite dos 05 anos.



Figura 8 – Pavimento atual (Faixa 2)

Fonte: A autora

A partir do ganho da concessionária com a utilização da grelha, passou a utilizar em outros trechos (como mostrado o de 2016, do 45+500 ao km 45+160) para ganhar com a vida útil do pavimento.

Os testes realizados por Dourado e Scherer (2005) também demonstram diversas qualidades em propriedades mecânicas da fibra, principalmente o teste NPC que nos mostra que o suporte de ciclos do pavimento com reforço é 06 vezes maior que o pavimento convencional.

A resistência de tração a compressão da fibra, realizado para este estudo, mostra uma grande resistência comparada com o mínimo estipulado pelo DNIT (0,6 MPa) e o resultado dos testes do corpo de prova 5,43 MPa. E outra característica

demonstrada na realização do teste foi a aderência com as camadas de concreto asfáltico. Depois de trincado o corpo de prova, as camadas não se abriam pois estavam aderidas na fibra (não se romperam, apresentando boa resistência de corte da grelha).



Figura 9 – Corpo de prova rompido

Fonte: A autora

A aplicação provou ser rápida e simples, não atrapalhando a mão de obra da usina de asfalto e podendo ser aplicada pelos mesmos. Este ponto foi de grande importância para não agregar valor ao custo da implantação de reforço.

Sobre os custos da grelha a empresa S&P (distribuidora Clever Reinforcement Brasil) fez uma análise de custos:

“Parâmetros utilizados:

- Custo do CBUQ R\$ 900,00/m³
- Custo da emulsão RR1C convencional R\$ 1.115,00/ton
- Custo da emulsão RR1C com polímero R\$ 1.435,00/ton
- Consumo da emulsão 600 g/m²
- Custo adicional da emulsão com polímero: R\$ (1,44-1,12)*0,6= R\$ 0,198/m²

Custo da aplicação da grelha + emulsão:

Custo da grelha + emulsão com polímero

- 5 cm de CBUQ R\$ 45,00/m²
 - Custo adicional da emulsão com polímero R\$ 0,20/m²
 - Grelha aplicada R\$ 25,00/m²
- TOTAL R\$ 70,20/m²

Custo de 3 intervenções convencionais

- 5 cm de CBUQ + emulsão convencional R\$ 45,00/m²
- Custo de 3 intervenções TOTAL R\$ 135,00/m²
- Custo de 2 intervenções TOTAL R\$90,00/m².”

A análise de custos permite ainda mais a aceitação da nova tecnologia, qualificando o custo-benefício além da qualidade dos pavimentos.

E também para a análise de custos temos o orçamento para a aplicação fornecido para a Ecopistas.

Item	Unid.	Descrição do produto	Quant.	Pr.Un.R\$	Total R\$
1	m ²	Grelha pré-betuminada S&P Glasphalt G - rolo 2x50m	1.200	19,58	23.496,00
2	dia	Locação Máquina aplicação grelhas e empilhadeira	1	1.200,00	1.200,00
3	dia	Equipe para aplicação grelhas - 1 téc. + 2 auxiliares	1	2.304,00	2.304,00
Total					27.000,00

Tabela 1 – Orçamento do material e aplicação do reforço

Fonte: S&P

O orçamento hoje sem a necessidade de máquinas para a aplicação da grelha (por conta da troca de plástico por feltro) nos demonstra um orçamento ainda mais vantajoso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do trabalho pode-se perceber, por meio de pesquisas bibliográficas, a grande problematização em pavimentos, o quanto se degradam

com o passar do tempo ou pelas cargas que o mesmo tem de suportar.

O pavimento asfáltico, como vimos é um material impermeável, aderente e resistente, apresentando boas qualidades para ser aplicado. Mesmo assim, o material apresenta com o passar dos números de ciclos de cargas por ele, problemas, os mesmos apresentados nesse trabalho.

Existem inúmeros tipos de reforço para pavimentos, mas que se mal-usados, não trarão bons resultados.

A grelha de fibra de vidro ofereceu ao pavimento as características necessárias para ser apontada como uma boa escolha de reforço. O que vale lembrar é o cuidado com a emulsão asfáltica para que haja aderência entre o reforço e as camadas, e que essas camadas sejam dosadas, graduadas e aplicadas corretamente para a boa funcionalidade do pavimento.

O reforço de pavimento asfáltico é citado nas normas por oferecer muito a vida útil do pavimento e isso foi comprovado no estudo de caso na rodovia Ayrton Senna, e sua fácil aplicação foi acompanhada na interligação das rodovias Anchieta e Imigrantes, no estado de São Paulo.

E as características mecânicas, por meio de bibliografias, teste de tração a compressão, e principalmente a comprovação do custo-benefício, mostrou que é um material que merece atenção e bons olhos das empresas de pavimentação, dos profissionais da área e órgãos públicos, que necessitam gastar com a manutenção de rodovias e ruas da cidade.

REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

BASTOS, Gerson Alves. **Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas Reforçadas com Geogrelhas para Pavimentos Flexíveis**. 2010. 245 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil- Pós Graduação em Engenharia Civil) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil. PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora LTDA, 2013.

DER/SP. **Tratamento Anti-reflexão de Trincas com Geossintético**. São Paulo, 2006.

Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **Norma DNIT 006/2003**: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **Norma DNIT 031/2006**: Pavimentos Flexíveis-Concreto Asfáltico- Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.

DOURADO, Filipe Nuno Ferraz Marques; SCHERER, Josef. **Reforço de Pavimentos Rodoviários Recorrendo a Técnicas de Instalação de Grelhas em Fibra de Carbono e Fibra de Vidro**. São Paulo, 2011.

MACIEL, Carlos Leite; NUMMER, Andrea Valli. **Introdução à geologia de engenharia**. Santa Maria: Editora da Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

MEDINA, Jaques de; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Mecânica dos Pavimentos**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda., 2015.

MONTESTRUQUE, Guillermo. Contribuição para a Elaboração de Método de Projeto de Restauração de Pavimentos Asfálticos Utilizando Geossintéticos em Sistemas Anti-Reflexão de Trincas. **Téchne**. São José dos Campos, n. 114, set. 2002.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Tecnicas de Pavimentação**. São Paulo: Pini Ltda, 2007.