

15ª REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA

15ª RPU



SALVADOR/BA - BRASIL - 28 a 30 de maio de 2008

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE ASFALTO MODIFICADO POR BORRACHA RECICLADA EM PAVIMENTOS DE VIAS URBANAS NO ESTADO DA BAHIA

***Luiz Augusto Borges de Moraes¹; Erick Almeida Nunes Sampaio²; Joad Souza Teixeira Filho³;
Sandra Oda⁴ & José Leomar Fernandes Júnior⁵***

¹ Engenheiro Civil - Universidade Salvador - e-mail: luizeca@msn.com

² Engenheiro Civil - Universidade Salvador - e-mail: ericksampaio@hotmail.com

³ Engenheiro Civil - Universidade Salvador - e-mail: joad_filho@hotmail.com

⁴ Professora - Departamento de Engenharia e Arquitetura - Universidade Salvador - Rua Agnelo Brito, 116, Federação, CEP 40210-245 - Salvador, BA - e-mail: sandra.oda@unifacs.br

⁵ Professor - Departamento de Transportes - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo - Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590 - São Carlos, SP - e-mail: leomar@sc.usp.br



15ª RPU

Reunião de Pavimentação Urbana

Salvador, BA - 28 a 30 de maio de 2008

RESUMO

Diariamente são descartados milhares de toneladas de resíduos em aterros sanitários e na natureza. Um grave problema ambiental existente no Brasil são os pneus velhos, que são depositados em aterros ou em locais inadequados, que podem gerar doenças, pois servem de habitat aos mosquitos transmissores de dengue, podem contaminar o solo, a água e o ar, quando queimados, por se tratar de um material altamente inflamável que contém gases tóxicos, representando uma fonte de risco à saúde. A consciência ambiental torna-se prioridade, junto com o desenvolvimento do país, desta forma garantir um destino adequado, que seja ecologicamente viável, tende a se tornar um processo competitivo no mercado. O asfalto modificado por borracha triturada de pneus descartados agrega vantagens quanto ao custo-benefício, à resistência mecânica e à durabilidade, atendendo diretamente as propriedades dos pavimentos, pode se tornar uma excelente opção para melhorar a qualidade de vida da população. O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados das análises de viabilidade técnica, econômica e comercial da implantação de uma usina para produção de ligante asfalto-borracha a ser usado em obras de pavimentação e manutenção de rodovias e vias urbanas do estado da Bahia, visando uma melhoria na qualidade dos pavimentos.

PALAVRAS-CHAVE: pneus, usina de reciclagem, asfalto-borracha, pavimentação.

ABSTRACT

Daily, thousands of tons of solid waste are disposed in sanitary landfills and also in the nature. A serious environmental problem in Brazil is the disposal of used tires, which can cause diseases and contaminate soil, water and air, mainly when they burn without control, since it is a material highly inflammable that contains toxic products and it is very risky to public health. The environmental concerns have become a priority, side by side to the economic growth, and there is the tendency to become even more competitive in the process. The asphalt-rubber binder produced with crumb rubber presents advantages in terms of cost-benefit ratio, mechanical properties and durability, which reach the pavement standards and can also become an excellent option to improve the quality of living of the population. The main goal of this work is presenting technical, economical and commercial feasibility analysis of an industrial plant to produce asphalt-rubber binder to be used in paving and maintenance works of highways and urban roads, aiming at the improvement of pavement quality in the State of Bahia, Brazil.

KEY-WORDS: discarded tires, recycling plant, asphalt-rubber, paving.



1. INTRODUÇÃO

A expansão da indústria automobilística, por volta da década de 50, juntamente com os baixos preços dos derivados de petróleo, fez com que a modalidade rodoviária de transporte de cargas fosse escolhida como o principal meio de transporte no Brasil, sendo quase exclusiva até a década de 70. Desde a década de 80, o investimento público em setores como o de transporte foi indiscriminadamente diminuindo devido, principalmente, ao aumento do preço do petróleo e políticas de combate à inflação e de redução da dívida externa, resultando não só no adiamento de projetos, mas também na falta de manutenção das rodovias existentes, justificados através da necessidade de cortes no orçamento.

O Brasil é um país com dimensões continentais, que possui um sistema de transporte precário. Não houve um investimento razoável em promover a integração das cidades por meios de transporte como trens e navios, apesar de possuir uma situação geográfica adequada para implantação dos mesmos. Com isso, as estradas vieram como uma forma rápida e, em curto prazo, barata de ligar os grandes centros. Para se ter uma idéia, o país transporta 96,2% de pessoas e 61,8% de cargas por meio de sua malha rodoviária, segundo dados da pesquisa da Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2007).

Com a falta de investimentos, a deterioração dos pavimentos (que tem uma vida útil estimada de 10 a 20 anos, quando bem dimensionado, executado e conservado) acaba acontecendo antes do tempo, agravando assim a qualidade das vias, reduzindo a segurança e aumentando os custos para os usuários. Isso acontece muitas vezes por causa de sub-dimensionamentos ou excesso de tráfego, uma vez que nem sempre são realizados estudos do tráfego que irá solicitar o pavimento, antes do dimensionamento dos mesmos. A última pesquisa CNT (2007) mostra que 54,5% das estradas brasileiras possuem seu desempenho (em relação ao pavimento) entre regular e péssimo. O péssimo desempenho das estradas brasileiras nos leva a refletir sobre a importância que a inovação tecnológica tem para os pavimentos nos dias atuais.

Um fator que tem contribuído para a péssima qualidade das vias (urbanas e rodovias) está relacionado com os custos para manter os pavimentos. Geralmente, os recursos são limitados e nem sempre são aplicados de forma adequada. Além disso, deve-se considerar que a construção do pavimento também exige maior controle tecnológico por parte dos órgãos responsáveis pelas estradas. Muitos problemas surgem da falta desse controle, que muitas vezes reflete à falta de conhecimento técnico.

Uma alternativa para melhorar a qualidade dos pavimentos é o uso de resíduos sólidos (reciclados) como aditivo em materiais para a pavimentação. Diariamente são descartados milhares de toneladas de resíduos sólidos na natureza e nos aterros sanitários. Na tentativa de colaborar com o meio ambiente, alguns projetos na área de engenharia tem sido elaborados com o aproveitamento de resíduos reciclados, através do desenvolvimento de novos materiais e novos produtos. Para isso, são consideradas algumas propriedades como: resistência mecânica e durabilidade, além de considerar o comportamento do material durante o seu processamento e aplicação.

Um dos resíduos que representa um grave problema ambiental são os pneus velhos depositados em aterros ou em locais inadequados, que podem gerar doenças, pois servem de habitat dos mosquitos transmissores de dengue, contaminam o solo, a água e o ar, quando queimados, por se tratar de um material altamente inflamável que contém gases tóxicos, representando uma fonte de risco à saúde. A consciência ambiental se torna prioridade para o desenvolvimento do país, desta forma garantir um destino adequado, para os resíduos poluidores, tende a se tornar um processo competitivo no mercado.

Uma das formas de eliminar esse problema é a reciclagem dos pneus. A borracha reciclada pode ser utilizada em diversas aplicações, como na produção de tapetes, botas, solados de calçados, estrados, pisos, paletes, novos pneus, mangueiras, tubulações de drenagem e na vedação de portas e janelas. Mesmo com tantas alternativas, ainda não se elimina o problema totalmente, pois a relação entre consumo reciclado e consumo descartado ainda é desproporcional. Uma solução imediata para este problema é a aplicação da borracha triturada em mistura asfáltica que consome cerca de 200 quilos por tonelada. O asfalto-borracha ganha propriedades, como viscosidade elevada (8 Poise a 200°C), ponto de amolecimento maior que 60°C, maior elasticidade, resiliência alta a baixas temperaturas e adesividade dez vezes maior que asfalto sem borracha a 20°C, proporcionando um material de boa qualidade.



Um pavimento com asfalto modificado por borracha triturada de pneus descartados agrega vantagens quanto à resistência mecânica e à durabilidade, atendendo diretamente as propriedades dos pavimentos.

Em países como Estados Unidos, por norma e questões de segurança, os pneus têm vida útil estipulada em 10 mil quilômetros, enquanto que no Brasil esse número varia entre 45 e 50 mil quilômetros. Além disso, a frota americana é cerca de 10 vezes maior que a frota brasileira, o que resulta em uma quantidade de pneus descartados (em torno de 200 milhões por ano), construindo verdadeiras montanhas de pneus (Figura 1), que em alguns casos podem gerar gravíssimos problemas ambientais com a sua queima.



Figura 1: Milhões de pneus inservíveis nos EUA (ARPG, 1993).

No Brasil, a quantidade de pneus descartados na natureza não é tão grande quanto nos Estados Unidos, mas representa um grave problema ambiental. Não contente com isso, e visando obter vantagem nos pneus descartados dos países nórdicos, o Brasil importa esses pneus e os comercializa com o nome de “meia-vida”, que custam $\frac{1}{4}$ do valor de um pneu novo. Com essa prática, o Brasil se torna responsável não somente pelo resíduo que produz internamente, mas também pelos pneus importados que possuem uma vida útil baixa, sendo rapidamente transformados em resíduos.

Para tentar resolver a questão, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) elaborou a resolução Nº258, onde desde de 2005 para cada quatro pneus produzidos, as empresas fabricantes devem reciclar outros cinco. Em 2007, a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) comemorou a marca de 100 milhões de pneus recolhidos, isso resulta num total de 900 mil toneladas de resíduo tóxico, inflamável e não degradável na natureza.

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação do asfalto-borracha e da usina de reciclagem de pneus, para promover melhorias em obras de pavimentação e manutenção de rodovias e vias urbanas do estado da Bahia.

2. ASFALTOS MODIFICADOS

O uso de modificadores para melhorar as propriedades de um ligante em misturas asfálticas tem aumentado a cada ano. Os modificadores são adicionados visando melhorar o desempenho dos pavimentos, aumentando a resistência ao acúmulo de deformação permanente e ao aparecimento de trincas por fadiga e de contração térmica, retardando o envelhecimento do material e melhorando a adesividade (LING *et al.*, 1997). Os principais modificadores utilizados em asfaltos são os polímero e a borracha de pneu triturada.

Duas são as maneiras de adição da borracha de pneus em materiais para pavimentação asfáltica:

- processo seco: a borracha é introduzida diretamente no misturador da usina de asfalto. Neste caso, a borracha entra como parte do agregado na mistura. A transferência de propriedades importantes da borracha ao ligante é prejudicada, embora seja possível agregar melhorias à mistura asfáltica, desde que na sua fabricação seja possível obter uma mistura homogênea;



- processo úmido: a borracha é previamente misturada ao ligante, modificando-o permanentemente. Neste processo ocorre a transferência mais efetiva das características de elasticidade e resistência ao envelhecimento para o ligante asfáltico original. O produto obtido nesse processo é denominado ligante asfalto-borracha.

No Brasil, o processo empregado para uso de borracha de pneus descartados em materiais para pavimentação é o via úmida, ou seja, atualmente se emprega apenas o asfalto-borracha na produção de misturas asfálticas para a construção de revestimentos.

2.1. Uso de asfalto-borracha em pavimentos

A construção de pavimentos contendo mistura asfáltica com ligante asfalto-borracha é bem parecida com a construção de pavimentos com mistura convencional. A temperatura do ligante asfalto-borracha deve estar entre 160 e 190°C. A temperatura de mistura varia entre 145 e 160°C, a temperatura de lançamento é geralmente mais alta e a compactação deve ser realizada enquanto o material está quente, pois a viscosidade do ligante asfalto-borracha aumenta rapidamente (ODA, 2000).

O uso de ligante modificado por borracha moída de pneus em pavimentos apresenta algumas características inerentes como:

- redução da susceptibilidade térmica: misturas com ligante asfalto-borracha são mais resistentes as variações de temperatura, quer dizer, o seu desempenho tanto a altas como a baixas temperaturas é melhor quando comparado com pavimentos construídos com ligante convencional;
- aumento da flexibilidade, devido a maior concentração de elastômeros na borracha de pneus;
- melhor adesividade aos agregados;
- aumento do ponto de amolecimento: a adição de borracha faz com que o ponto de amolecimento do ligante asfalto-borracha aumente até 17°C em relação ao ligante convencional (SALTER e MAT, 1990);
- maior resistência ao envelhecimento devido a presença de anti-oxidantes e carbono na borracha dos pneus que é incorporada ao cimento asfáltico;
- maior resistência a propagação de trincas e a formação de trilhas de roda;
- permite a redução da espessura do pavimento;
- proporciona melhor aderência pneu-pavimento;
- redução do ruído provocado pelo tráfego;
- aumento da vida útil do pavimento.

2.2. Pneus

Além da borracha, o pneu contém fibras e aço. A borracha de pneu é composta por uma mistura de borracha natural, borracha sintética e negro de fumo. As partes constituintes de um pneu requerem propriedades específicas da borracha, paredes flexíveis, resistência à abrasão etc. Essas partes do pneu são compostas com diferentes quantidades de borracha natural e sintética, sendo que a borracha natural fornece as propriedades elásticas, enquanto a borracha sintética proporciona a estabilidade térmica. Os pneus são compostos aproximadamente por 30% (em peso) de aço, 20 a 26% de borracha sintética e 21 a 33% de borracha natural. Os materiais argilo-minerais e negro-de-fumo (carvão) têm como objetivo proporcionar um material mecanicamente mais resistente, mas são também responsáveis pela coloração negra dos pneus (LAGO, 2002).

A borracha natural é obtida principalmente através das seringueiras (na forma de látex), que são "sangradas" por um corte na casca mais externa. O látex líquido é coletado em pequenos recipientes e, em seguida, coagulado com a finalidade de se obter borracha sólida. A borracha sintética e o negro de fumo são derivados do petróleo. O negro de fumo é obtido principalmente através da queima de petróleo em fornos especiais. Outros ingredientes químicos, tais como enxofre, plastificantes, aceleradores, antioxidantes necessários ao processo de manufatura do pneu, são fornecidos por várias indústrias químicas. A Tabela 1 apresenta os componentes químicos de pneus de automóveis e caminhões, onde pode-se observar que, ao contrário dos pneus de caminhões, os pneus de automóveis são compostos por uma quantidade maior de borracha sintética (HEIZTMAN, 1992).



15ª RPU

Reunião de Pavimentação Urbana
Salvador, BA - 28 a 30 de maio de 2008

Geralmente, um pneu com cerca de 9 kg fornece entre 4,5 a 5,5 kg de borracha (RUTH et al., 1997). Apesar de alguns trabalhos publicados mencionarem a necessidade de uma porcentagem mínima de borracha natural, da ordem de 30%, vários estudos foram desenvolvidos com uma quantidade inferior de borracha natural (Tabela 1). Segundo Marchiori (2003), um pneu médio produz 4 kg de carbono, 900 gramas de aço, 1 galão de óleo que poderá ser utilizado junto com o óleo diesel e 31 gramas de enxofre de alta pureza.

Tabela 1 – Composição dos pneus determinada por TAKALLOU et al. (1986).

Componentes	%
Borracha natural	20
Borracha sintética	80
Mistura	%
Negro de fumo	30
Acetona	15
Hidrocarboneto	45
Fibra	10

Apesar das diferentes composições da borracha dos pneus, o pó de borracha produzido para modificar os materiais asfálticos apresenta características uniformes. A diferença está na forma de triturar ou moer o pneu, ou seja, o tamanho das partículas de borracha pode variar com o seu processo de produção (tipo de equipamento, temperatura etc.). Existem dois processos para moer a borracha: trituração à temperatura ambiente (processo mecânico) e a temperaturas muito baixas (processo criogênico):

- processo mecânico: a trituração à temperatura ambiente consiste em uma série de trituradores, peneiras, correias transportadoras e tambores magnéticos para remoção do aço, se necessário, e é dividida em três tipos: crackermill, granulator, micro-mill. A diferença entre os métodos que utilizam o processo mecânico está no tamanho das partículas: crackermill produz partículas que variam de 4,8 até 0,42 mm (formado por partículas irregulares com maior área superficial); granulator produz partículas que variam de 2,0 até 9,5 mm (constituído de partículas de forma cúbica, uniformes e com pequena área superficial, denominado de borracha granulada); micro-mill produz partículas finas que variam de 0,42 a 0,075 mm;
- processo criogênico: consiste na submersão da borracha de pneus em nitrogênio líquido a temperaturas que variam de -90°C a -200°C, pois abaixo de -60°C a borracha é muito frágil e pode ser facilmente triturada em um moinho de impacto (“moinho de martelo”) (RUTH et al., 1997).

A decisão das empresas de fazer os investimentos necessários para cumprir a Resolução do CONAMA quanto à reciclagem dos pneus demonstra que é possível quando há fiscalização e a justiça age com rapidez, proteger efetivamente o meio ambiente e a saúde da população (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2002). O risco da dengue apressou o cumprimento da Resolução do CONAMA.

3. VIABILIDADE TÉCNICA – PISTA EXPERIMENTAL

3.1. Panorama Geral

Com o intuito de avaliar o comportamento do asfalto-borracha em um revestimento composto por agregados locais, foi executada, em dezembro de 2004, a primeira pista experimental na cidade do Salvador, BA. A avaliação do desempenho é realizada através da medida de propriedades mecânicas e volumétricas e da avaliação superficial do pavimento.

A pista, situada na Avenida General Graça Lessa, tem 2.108,49 m² e é composta por 2 trechos com as seguintes características:

- Trecho 1 com 320,0 m e largura variando entre 5,9 e 6,5 m
- Trecho 2 com 65,0 m e largura entre 8,0 e 8,4 m

Esta pista está localizada em uma área de comércio de acessórios de veículos e oficinas mecânicas, sendo que a faixa da direita (cerca de 150,0 m) é usada como acesso (entrada/saída) de veículos. Por esse motivo é uma zona de carregamento excessivo e baixa velocidade, além de ponto de frenagem de veículos devido à existência de uma curva (que provoca a redução da velocidade dos veículos) e de um semáforo no fim do trecho. O trecho no sentido Vasco da Gama - Bonocô está localizado no fim de uma curva, também com



15ª RPU

Reunião de Pavimentação Urbana
Salvador, BA - 28 a 30 de maio de 2008

entrada e saída de veículos devido à existência de concessionárias, o que implica em um trecho de desaceleração e aceleração de veículos. Além da situação de tráfego e de vizinhança, verificou-se a presença de alguns defeitos localizados, como remendos, trincas por fadiga, trincas longitudinais, trincas por reflexão, escorregamento de massa asfáltica e deformações acentuadas (ODA *et al.*, 2005). As Figuras 2 e 3 mostram fotos da pista antes e depois da aplicação de SMA, respectivamente.



Figura 2: Foto da pista antes da aplicação do SMA com asfalto-borracha (ODA e EDEL, 2005).



Figura 3: Foto da pista depois da aplicação do SMA com asfalto-borracha (ODA e EDEL, 2005).

3.2. Mistura Asfáltica

Para o trecho experimental foi escolhida uma mistura asfáltica SMA (*Stone Matrix Asphalt*) formada por agregados e ligante asfalto-borracha (CAPFLEX B), sem fibras. A mistura SMA apresenta granulometria descontínua, composta por uma maior fração de agregados graúdos britados, uma massa de ligante e filer (cerca de 10% passando na peneira #200), chamada de mastique, e aproximadamente 4% de volume de vazios. Essas misturas formam um esqueleto de alta estabilidade devido ao elevado contato pedra-pedra (NEVES FILHO, 2004). A Tabela 2 apresenta a granulometria da mistura SMA (AASHTO, 2000) e a Tabela 3 apresenta os parâmetros volumétricos da mistura.

Tabela 2: Granulometria da mistura escolhida (%que passa).

Peneira	Abertura (mm)	Faixa de Trabalho (%)	Faixa SMA AASHTO (%)
3/4"	19,1	100,0	100
1/2"	12,7	97,8	100
3/8"	9,52	93,6	70-95
# 4	4,76	45,1	30-50
# 8	2,38	24,0	20-30
# 16	1,19	19,0	21
# 30	0,60	15,9	18
# 50	0,297	14,1	15
# 200	0,075	9,2	8-12

Fonte: SAMPAIO (2005).

Tabela 3: Parâmetros Volumétricos

Parâmetros	Em laboratório
Teor de CAP (%)	6,8
Densidade aparente (g/cm ³)	2,367
D.M.T (g/cm ³)	2,468
Vv (%)	4,1
V.A.M. (%)	19,7
V.C.B. (%)	15,7
R.B.V. (%)	78,9

Fonte: SAMPAIO (2005).

3.4. Controle de Execução

A execução do trecho foi realizada pelas empresas Barra's Construtora e Construtora Lustoza. Antes do espalhamento da massa asfáltica (mistura SMA) foi realizada uma pintura de ligação com emulsão asfáltica (RR-1C). O espalhamento da massa asfáltica na pista foi realizado com o auxílio de uma vibro-acabadora. A compactação foi realizada da seguinte forma:

- Três passadas do rolo vibratório de chapa sem vibrar



- Uma passagem do rolo vibratório de chapa vibrando
- Uma passagem do rolo de pneus

Essa rotina de execução foi usada em virtude de experiências obtidas em campo pelos engenheiros e técnicos da Petrobras Distribuidora (que participaram do projeto e da execução do trecho) com a aplicação desse material na construção de pavimentos em outros Estados (como São Paulo e Rio de Janeiro). Após a passagem do rolo sobre a mistura asfáltica com asfalto-borracha foi feita a aplicação de borrifos de óleo vegetal para evitar que ocorresse a aderência da massa asfáltica nas rodas.

Apesar de altamente recomendável, não foi realizada qualquer fresagem ou remoção de material subjacente antes da aplicação do novo revestimento, devido à inexistência de programação por parte do órgão responsável. Durante a construção do trecho experimental foi feito um acompanhamento tecnológico da obra. Imediatamente após a sua execução, a pista apresentou um bom acabamento superficial, alcançando, visualmente, as características esperadas para um SMA.

3.5. Avaliações

O acompanhamento do desempenho em serviço de trechos experimentais é realizado periodicamente através de avaliações, onde são coletados corpos-de-prova da pista para determinar as características (massa específica, teor de ligante e granulometria) e as propriedades mecânicas da mistura aplicada. Além disso, podem ser realizados levantamentos de deflexões com o auxílio da viga Benkelman para avaliar os aspectos estruturais do pavimento, assim como a medição de ruído causado pelo tráfego.

A primeira avaliação do trecho experimental foi realizada após quatro meses da sua execução. A avaliação teve como objetivo determinar as propriedades superficiais do revestimento e fazer um levantamento de defeitos. O levantamento constou da avaliação de macro-textura, micro-textura e da permeabilidade do revestimento. A determinação da macro-textura, teste que mede a rugosidade da superfície, foi feita através do ensaio de mancha de areia (ASTM E-965-96, Figura 4). A micro-textura, por sua vez, foi determinada utilizando-se o Pêndulo Britânico (ASTM E-303-93, (Figura 5), enquanto que a permeabilidade foi determinada segundo metodologia do National Center for Asphalt Technology (NCAT), modificada pelo Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES, Figura 6).



Figura 4: Determinação da macro-textura - Ensaio de mancha de areia.



Figura 5: Realização do ensaio de microtextura com o Pêndulo Britânico
Fonte: ODA, NASCIMENTO e EDEL (2005).



Figura 6: Determinação da permeabilidade

Com a análise dos resultados dos ensaios pôde-se observar que a macro-textura obtida foi em média 0,60 mm, sendo que este valor para revestimentos convencionais geralmente é inferior a 0,30 mm. Já a micro-textura oscilou na faixa 45-55 BPN. Com os resultados de macro e micro-texturas, pôde-se calcular o International Friction Index (IFI, método ASTM E-1960-98), que é uma estimativa do atrito pneu-pavimento de um veículo trafegando a 60 km/h em pista molhada. Os valores calculados variaram de 0,18 a 0,22 na trilha de roda e 0,22 a 0,28 no centro da pista, mostrando que o efeito do tráfego causou uma leve perda de atrito. Porém, este valor é da ordem de 0,10 para revestimentos convencionais, mostrando que houve um ganho de 2 ou 3 vezes no índice de atrito. Com relação à permeabilidade, verificou-se que em alguns pontos o revestimento é impermeável, enquanto que em outros, a permeabilidade variou de 5×10^{-3} a 78×10^{-3} valores estes compatíveis para revestimentos deste tipo.



15ª RPU

Reunião de Pavimentação Urbana
Salvador, BA - 28 a 30 de maio de 2008

O levantamento de defeitos foi realizado segundo a metodologia DNER-PRO 08/94 (Avaliação Objetiva de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos), que estabelece um índice numérico dos defeitos, chamado Índice de Gravidade Global (IGG). Verificou-se que havia três pequenos trechos (10,0 m de extensão) que estavam com problemas: os dois primeiros apresentaram um pequeno deslocamento de massa e o terceiro onde ocorreu um derramamento de óleo diesel durante a construção da pista, que resultou em um buraco de aproximadamente 1,0 por 1,5 m. Porém, o restante da pista estava perfeito, sem defeitos e com deformação permanente zero. Cabe lembrar, que os defeitos presenciados foram causados exclusivamente pelo mau estado da camada subjacente que deveria ter sido removida (fresada) previamente à aplicação da camada de asfalto-borracha, e também pela drenagem insuficiente, exceto o defeito causado pelo derramamento de óleo (ODA, NASCIMENTO e EDEL, 2005).

Pode-se dizer que este revestimento com asfalto-borracha conferiu ganhos de atrito e de drenabilidade superficial ao trecho experimental, garantindo, além disso, boa visibilidade e redução da aquaplanagem em dias de chuva, tornando o pavimento consideravelmente mais seguro e confortável. Com relação à durabilidade, o pavimento encontra-se perfeito, sem nenhuma deformação permanente, exceto nos locais mencionados anteriormente, onde os efeitos em excesso do revestimento antigo refletiram no novo. Observou-se também uma redução no nível de ruído gerado pelo contato pneu-pavimento.

Um dos objetivos da construção do trecho experimental é mostrar a viabilidade técnica e econômica do uso de asfaltos modificados (asfalto-borracha) em pavimentos. Para comprovar a viabilidade técnica é necessário que o pavimento com asfalto-borracha apresente um desempenho similar ou superior a um pavimento construído com asfalto convencional, sem borracha. Para isso, esperava-se que a Prefeitura Municipal de Salvador fizesse o recapeamento do restante da Avenida General Graça Lessa (continuação do trecho experimental) com o asfalto sem borracha (CBUQ convencional), pois dessa forma, a solicitação de tráfego seria a mesma, uma vez que não existem vias de acessos no local. No entanto, o recapeamento do trecho subsequente ao trecho experimental só foi realizado após 2 anos, em dezembro de 2006.

O recapeamento do trecho subsequente foi feito com uma mistura do tipo CBUQ com CAP convencional, sem borracha. Fica difícil fazer uma comparação técnica em relação ao desempenho dos pavimentos com asfalto-borracha e com asfalto convencional, uma vez que não foram fornecidos dados da mistura (CBUQ), como granulometria dos agregados, temperatura de produção, aplicação e compactação da mistura e sobre o controle tecnológico a que foi submetido durante a construção. Apesar da falta de dados, pode-se verificar que o desempenho do SMA é superior a da mistura de CBUQ, uma vez que a pista experimental apresentou apenas pequenas deformações, devido à falta de fresagem do pavimento antigo e alguns buracos, consequência do derramamento de óleo diesel ocorrido durante a aplicação.

Após 2 anos e 7 meses pode-se verificar que a pista apresenta um desempenho satisfatório, mesmo com problemas de esgoto sendo derramado na pista e a ação de concessionárias de serviços públicos (EMBASA), que destroem o pavimento para executar reparos em suas redes e não fazem a recomposição de forma adequada. O pavimento de toda Avenida General Graça Lessa foi construído com base de concreto de cimento Portland, muito resistente. Antes da aplicação do asfalto-borracha, a pista inteira apresentava diversas trincas de reflexão, devido à base de concreto. No trecho com asfalto-borracha, pode-se verificar que a pista não apresentou nenhuma trinca por reflexão (Figura 7). A pista subsequente, no entanto, apesar de submetida às mesmas condições de tráfego e de ter apenas 9 meses apresentou diversas trincas por reflexão, sendo já foi submetida a reparos em virtude de buracos que surgiram na superfície (Figura 8).



Figura 7: Fotos da pista experimental - 30 de agosto de 2007



Figura 8: Fotos da pista executada pela prefeitura - 30 de agosto de 2007.



4. ANÁLISE ECONÔMICA ENTRE PAVIMENTO COM LIGANTE ASFALTO-BORRACHA E COM CAP 50/70

Nesta análise será avaliado o desempenho de uma mistura asfáltica com asfalto-borracha em relação ao Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), sem borracha, levando em consideração fatores inerentes a produção, custo e aplicação das duas misturas em iguais condições de clima, local de aplicação e controle de execução.

Foi considerada uma obra de 30 km de extensão contendo 2 pistas de 3,5 m cada, em que o projeto especifica a aplicação de uma camada de concreto asfáltico com ligante CAP 50/70 com 5 cm de espessura. Em contrapartida, foi orçada a mesma obra para um revestimento com asfalto-borracha, considerando uma redução na espessura de 30%, ou seja, 3,5 cm de revestimento.

Desde 1999, com o lançamento da Pesquisa de Asfaltos Modificados, realizada pelo IPR/DNIT, já se vislumbrava a possibilidade da redução de espessura do revestimento projetado com ligantes tradicionais quando da utilização de ligantes modificados. Resultados daquele estudo mostram que a espessura de concreto asfáltico modificado com asfalto polímero pode ser reduzida em relação àquela projetada em concreto asfáltico com cimento asfáltico convencional.

A redução de espessura, também com asfalto-borracha, é possível e se justifica com base em estudos internacionais e nacionais que indicam reduções de espessura de até 50% (como no caso da norma californiana e sul-africana) quando da utilização de misturas com ligante modificado por borracha de pneus. No Brasil, dentro do âmbito das aplicações realizadas pela Greca Asfaltos nos Estados do Sul e Sudeste, em aproximadamente 80% dos casos foi projetada uma redução de espessura em relação ao projeto original. Esta redução depende de uma análise elaborada da deformabilidade da estrutura, do tráfego da rodovia, do clima da região e do tipo de mistura asfáltica com asfalto-borracha utilizada, podendo variar de 20 a 30% da espessura do revestimento prevista com ligante convencional (no caso de misturas asfálticas densas) (MORILHA JÚNIOR E GRECA, 2003).

Para a análise foi considerado uma quantidade de 2,5 toneladas de massa asfáltica por metro cúbico, em função da densidade da massa asfáltica, determinada em laboratório.

Para 30 km têm-se as seguintes quantidades de massa asfáltica:

- Revestimento em CBUQ convencional:
 $30,000 \text{ m} \times 7,0 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 2,5 \text{ t/m}^3 = 26.250 \text{ toneladas}$
- Revestimento em CBUQ com ligante asfalto-borracha com redução de 30% na espessura: $30,000 \text{ m} \times 7,0 \text{ m} \times 0,035 \text{ m} \times 2,5 \text{ t/m}^3 = 18.375 \text{ toneladas}$

A partir desse panorama pode-se observar que, considerando que a produção média da usina de asfalto seja de 9.000 t/mês (MORILHA JÚNIOR E GRECA, 2003), serão necessários 3 meses para aplicar o CBUQ com asfalto convencional (26.250 t no total da pista) e aproximadamente 2 meses para o CBUQ com asfalto-borracha (18.375 t no total da pista). Dessa forma pode-se reduzir em 30% o tempo de execução, ou seja, o custo fixo das instalações industriais e da mão-de-obra necessária para a aplicação do revestimento.

Para uma avaliação econômica do investimento foram adotados os seguintes preços (MORILHA JÚNIOR E GRECA, 2003):

- CAP 50/70: R\$ 1.050,00 por tonelada
- Asfalto-borracha: R\$ 1.350,00 por tonelada

Obs: vale salientar que esses preços são para iguais condições de aplicação, não levando em conta o preço do frete.

O teor de ligante obtido em laboratório para uma mistura asfáltica com CAP 50/70 é de 5,8% e o teor de ligante da mesma mistura com asfalto-borracha é de 6,1%. O aumento de teor do ligante asfalto-borracha na mistura asfáltica ocorre em função dos asfaltos modificados apresentarem maior viscosidade em relação ao ligante convencional.



15ª RPU

Reunião de Pavimentação Urbana
Salvador, BA - 28 a 30 de maio de 2008

Considerando o preço e os teores determinados em laboratórios necessários para construir o trecho, os custos de cada ligante para a execução da obra será:

- CAP 50/70: 26.250 t de massa x 5,8% de ligante x R\$1.050,00/t = R\$1.598.625,00
- Asfalto-borracha: 18.375 t de massa x 6,1% de ligante x R\$ 1.350,00/t = R\$1.513.181,00

Os preços por tonelada que incluem todos os insumos e a aplicação da massa asfáltica (CBUQ) na pista, de forma expedita, são os seguintes (MORILHA JÚNIOR E GRECA, 2003):

- CBUQ com CAP 50/70: R\$200,00 por tonelada
- CBUQ com asfalto-borracha: R\$230,00 por tonelada

Tem-se, portanto, um preço do CBUQ com asfalto-borracha em torno de 15% mais caro que o preço do CBUQ convencional. Essa majoração cobre os custos para elevar a temperatura de usinagem da mistura asfáltica, aumentando a eficiência na compactação do revestimento (MORILHA JÚNIOR E GRECA, 2003). As Tabelas 4 e 5 apresentam, respectivamente, os custos por tonelada de CBUQ com CAP50/70 sem borracha e de CBUQ com asfalto-borracha para diferentes extensões e a Tabela 6 mostra a diferença de preços entre as duas misturas para iguais condições de aplicação.

Tabela 4: Custo por tonelada do CBUQ sem borracha para diferentes extensões.

Extensão da pista	Largura da pista (m)	Espessura da camada (m)	Quantidade de massa por m³	Toneladas de massa asfáltica CBUQ convencional	Preço por tonelada R\$ 200,00
1000	7	0,05	2,5	875,00	175.000,00
30000	7	0,05	2,5	26250,00	5.250.000,00
100000	7	0,05	2,5	87500,00	17.500.000,00

Tabela 5: Custo por tonelada do CBUQ com asfalto-borracha para diferentes extensões.

Extensão da pista	Largura da pista (m)	Espessura da camada (m)	Quantidade de massa por m³	Toneladas de massa asfáltica CBUQ com asfalto-borracha	Preço por tonelada R\$ 250,00
1000	7	0,035	2,5	612,50	153.125,00
30000	7	0,035	2,5	18375,00	4.593.750,00
100000	7	0,035	2,5	61250,00	15.312.500,00

Tabela 6: Diferença de preços entre as duas misturas para iguais condições de aplicação

Extensão da pista (km)	Preço do CBUQ com CAP 50/70	Preço do CBUQ com asfalto-borracha	Diferença de preços
1	175.000,00	153.125,00	21.875,00
30	5.250.000,00	4.593.750,00	656.250,00
100	17.500.000,00	15.312.500,00	2.187.500,00

Com redução da espessura da camada de revestimento pode-se obter uma redução de custo na ordem de 19,5%, ou seja, uma economia de R\$1.023.750,00. Essa redução no custo foi obtida para um trecho de 30 km, com o aumento da extensão executada percebe-se que a diferença de custos entre as misturas aumenta favorável a aplicação de mistura com asfalto-borracha.

Apesar das porcentagens de ligantes utilizados na mistura ser diferentes, em função da viscosidade do asfalto-borracha e, conseqüentemente do maior teor, ocorreu uma redução de quantidade de asfalto-borracha (para trecho de 30 km) em função das características dessa mistura, gerando uma economia de R\$10.665,00.

Vale lembrar que esta simulação é para igualdade de condições de aplicação e logística. Se esta pista estivesse sendo executada na Bahia teria de ser embutido no custo do ligante, o preço do frete para transporte da usina de incorporação da borracha até a usina onde será produzida a mistura asfáltica. Para o transporte deste tipo de ligante se faz necessário um caminhão especial, em função do asfalto-borracha ser mais viscoso que o CAP sem borracha. O transporte do material deve ser feito com agitação interna e com aquecimento controlado para que a mistura não se deposite na parte inferior do tanque, não preservando todas as suas características e podendo haver segregação.



15ª RPU

Reunião de Pavimentação Urbana
Salvador, BA - 28 a 30 de maio de 2008

O valor do frete de São Paulo até a Bahia é de cerca de R\$15.000,00 (dependendo da capacidade do caminhão). Para o caso do trecho de 30 km, considerando que cada caminhão transporta 25 t do produto por viagem, seriam necessárias um total de 47 viagens, o que geraria um custo adicional para o asfalto borracha de R\$672.525,00. A Tabela 7 mostra o custo total do CBUQ com asfalto-borracha para aplicação na Bahia, incluindo o preço do frete e a Tabela 8 mostra a diferença total de custos entre as duas misturas.

Tabela 7: Custo total do CBUQ com asfalto-borracha para aplicação na Bahia, incluindo o preço do frete.

Extensão da pista (km)	Preço do frete para o transporte do asfalto-borracha	Preço total incluindo o frete
1	22.417,50	175.542,50
30	672.525,00	5.266.275,00
100	2.241.750,00	17.554.250,00

Tabela 8: Diferença total entre as duas misturas.

Extensão da pista (km)	Preço para aplicação do asfalto-borracha na Bahia	Preço para aplicação do CBUQ na BAHIA	Diferença de preços
1	175.542,50	175.000,00	542,50
30	5.266.275,00	5.250.000,00	16.275,00
100	17.554.250,00	17.500.000,00	54.250,00

Apesar da inclusão do valor do frete no preço final do produto, percebe-se que a diferença entre os valores para a aplicação na Bahia não é significativa frente a qualidade do asfalto-borracha, quando comparado com CAP 50/70, ao passo que, se houvesse uma usina de trituração na região, a economia feita com a redução da espessura do pavimento é da ordem de R\$2.187.500,00.

Somente com a redução de 30% do volume de material para execução da obra se obtém uma considerável redução na mão-de-obra utilizada, nas horas de utilização dos equipamentos e nos insumos responsáveis para a usinagem e aplicação do revestimento. Pela Tabela 6, pode-se verificar que quanto maior a extensão a ser pavimentada, maior seria a redução do custo. Com isso pode-se afirmar que quanto maior for o trecho executado, o asfalto-borracha se torna mais econômico. Se o trecho executado fosse de 100 km, a diferença de custos com relação à material seria de R\$2.187.500,00 viabilizando a construção de uma usina de reciclagem de pneus moderna e de alta produtividade que custa algo em torno de R\$ 3.000.000,00.

5. ALTERNATIVAS PARA IMPLANTAÇÃO DA USINA DE RECICLAGEM NA BAHIA

5.1. Inclusão no PAC (Plano de Aceleração do Crescimento)

O governo brasileiro lançou na segunda quinzena de janeiro aquilo que denominou Programa de Aceleração do Crescimento 2007/10, um conjunto de regras, compromissos de ação e diretrizes de governo, que objetivam um crescimento econômico de 5% ao ano no período. Dentre algumas reformas no âmbito de infra-estrutura, prevista no programa estão criação de novas hidrelétricas, ferrovias, reforma de aeroportos, programas de saneamento básico e investimentos na malha rodoviária.

Para o setor de logística está previsto um investimento de R\$55,2 bilhões até 2010, somente para a região nordeste são R\$7,3 bilhões para reforma e construção de estradas e ferrovias. Como já foi enfatizado neste trabalho, devido às péssimas condições da malha rodoviária baiana é de grande importância que novas tecnologias venham a sobrepor técnicas defasadas para melhoria da qualidade dos pavimentos. O asfalto-borracha, que já é utilizado em escala industrial nos diversos Estados das regiões Sul e Sudeste do Brasil, apresenta-se como uma alternativa viável para a construção e reforma de pavimentos no estado da Bahia. No entanto, ainda faltam investimentos na área de implantação de usinas de reciclagem de pneus e de incorporação de borracha no asfalto. Para que isso ocorra e torne viável a construção de pavimentos com asfalto-borracha, o governo precisa apoiar e incentivar os empresários e órgãos responsáveis pela malha viária seja estadual, federal ou municipal, a investir em qualidade e não apenas em quantidade. A utilização de produtos de melhor qualidade pode contribuir com o aumento da vida útil dos pavimentos, fazendo com que as estradas sejam mais seguras, confortáveis e econômicas para os usuários e para o próprio governo, que, na maioria das vezes, é responsável pela manutenção das estradas. O governo estadual poderia começar dando exemplo e iniciar a utilização desse produto nas estradas que são mantidas pelo DERBA e pelo DNIT.



15ª RPU

Reunião de Pavimentação Urbana
Salvador, BA - 28 a 30 de maio de 2008

5.2. Inclusão da mistura com Asfalto-Borracha como item em licitações federais

Apesar do poder público ser o maior responsável pelas estradas no Brasil, a maioria de suas obras é executada pela iniciativa privada por meio de licitações públicas. Uma forma de difundir e inserir seria a inclusão de misturas asfálticas com asfalto-borracha como item na execução das obras, isso forçaria a construtoras a se adequarem, gerando assim investimentos para implantação de usinas de reciclagem, incorporação e mistura do revestimento modificado com borracha, difundindo com isso a tecnologia e aumentando os investimentos, tanto em estrutura física quanto em pesquisas na área, a fim de melhoria do ligante e escolha das misturas.

5.3. Abertura de linhas de crédito para implantação da usina

Com o tema de aquecimento global em destaque mundialmente e o problema da poluição em larga expansão, iniciativas de reduzir esses problemas deveriam ser assistidas com maior cuidado.

A usina de reciclagem de pneus é uma alternativa economicamente viável, pois tem como matéria prima principal pneus inservíveis, transformando-os em produtos que geram retorno financeiro para a empresa, diferentemente de aterros sanitários e ecopontos de coleta que contaminam o meio ambiente e estão sujeitas a incêndios e proliferação de doenças.

Para incentivar a construção de usinas, a abertura de crédito especial junto a bancos e investidores a juros mais acessíveis abriria um grande leque de opções para empresas que tenham interesse no investimento, criando assim uma boa saída para estimular investimentos e pesquisa na área.

6. CONCLUSÃO

Apesar da utilização de asfaltos modificados por borracha de pneus (ligante asfalto-borracha) em pavimentos já ter se tornado uma realidade em alguns estados do Brasil, muito ainda precisa ser feito para aplicar no país inteiro, principalmente na região Nordeste.

O objetivo desse trabalho era analisar a viabilidade técnica e econômica do uso de asfalto-borracha em pavimentos. Quanto à viabilidade técnica do asfalto-borracha, pode-se verificar que, apesar do trecho experimental ser de pequena dimensão, tem mostrado excelentes resultados. Os resultados da comparação entre o trecho com asfalto-borracha, construído em dezembro de 2004, e o trecho sem borracha, construído em dezembro de 2006, têm mostrado favorável ao uso de asfalto-borracha. As trincas por reflexão e as deformações que eram comuns no pavimento antigo até o momento não apareceram no trecho com asfalto-borracha. No entanto, buracos, trincas, deformações e exsudação apareceram no pavimento sem borracha.

Em relação à viabilidade econômica, o custo do asfalto-borracha acaba sendo o principal obstáculo, uma vez que o custo da “borracha em pó” para o Estado da Bahia é alto. Isso acontece porque, atualmente, o Nordeste ainda não possui usina para triturar pneus, apesar de ter os pneus disponíveis, sendo necessário importar borracha em pó de outros estados (Sul e Sudeste), o que elevaria o custo do produto final, pois o custo do transporte da borracha é muito alto.

Para reduzir o custo é necessário investimento na produção de borracha em pó na região Nordeste. No entanto, para isso é preciso que o governo e órgãos responsáveis pela malha viária (municipal, estadual ou federal) incentivem a implantação de usina de reciclagem de pneus, colaborando com o meio ambiente, e com a aplicação de asfaltos modificados por pneus em pavimentos, contribuindo com a melhoria da qualidade dos pavimentos, através de estradas mais seguras, confortáveis e econômicas.

REFERÊNCIAS

AASHTO. MP8 – Specification for Designing SMA. American Association of State Highways Transportation Officials, 2000.

ANIP - Associação Nacional de Indústrias de Pneumáticos. Disponível em <<http://www.anip.com.br>> Acesso em 15/03/2007.



15ª RPU

Reunião de Pavimentação Urbana
Salvador, BA - 28 a 30 de maio de 2008

- ARPG** - Asphalt Rubber Producers Group. Uses of Asphalt Rubber. Phoenix, Arizona, 1993.
- CNT** - Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa Rodoviária 2007: Relatório Gerencial. Brasília, DF: 2007. 156p.
- HEITZMAN, M.** State of the Practice - Design and Construction of Asphalt Paving Materials with Crumb Rubber Modifier. FHWA-SA-92-022. Final Report. May, 1992.
- LAGO, R. M.** Reciclagem de Pneus - Nova tecnologia mineira é simples e barata – FAPEMIG No 10 – março a maio/2002. Disponível em <<http://revista.fapemig.br/10/pneus.html>> Acesso em 03/2002.
- LING, M.; CURTIS, C.W.; HANSON, D.I.; HOLL, J.N.** *Quantitative Analysis of Polymers and Crumb Rubber in Hot-Mix Asphalts*. Transportation Research Record 1586, TRB, Washington, DC, p.57-67, 1997.
- MARCHIORI, E. U.** A Reciclagem de Pneus. Disponível em <<http://www.verde.org.br/terra/A%20Reciclagem%20de%20Pneus>>. Acesso em 05/07/2003.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE.** Resolução N°258, de 26/08/1999. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html>> Acesso em 15/09/2000.
- MORILHA JÚNIOR, A; GRECA, M. R.** Asfalto Borracha – Ecoflex. GRECA Asfaltos. Apostila, 19 p., agosto, 2003.
- NEVES FILHO, C. L. D.** Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas SMA Produzidas com Ligante Asfalto-Borracha. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2004.
- O ESTADO DE SÃO PAULO.** O destino do lixo perigoso. Disponível em <<http://www.estado.estadao.com.br/editorias/2002/12/23/editoriais003.html>> Acesso em 23/12/2002.
- ODA, S.** Análise da Viabilidade Técnica da Utilização do Ligante Asfalto-borracha em Obras de Pavimentação. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos da USP, 2000.
- ODA, S.; NASCIMENTO, L. A. H.; EDEL, G.** Relatório da primeira avaliação dos trechos experimentais com asfalto-borracha na cidade de Salvador, BA. Relatório Técnico. Projeto de Apoio Regular. Salvador, BA: Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, 2005.
- ODA, S.; FERNANDES JÚNIOR, J. L.; EDEL, G.** Primeiro trecho experimental urbano de SMA com asfalto-borracha sem fibras: projeto, construção e avaliação. Revista Minerva, São Carlos, SP: FIPAI, v. 2, n. 2, p. 203-216, 2006.
- ODA, S.; EDEL, G.** Aplicação de stone matrix asphalt com asfalto-borracha, sem fibras, na construção do primeiro trecho experimental urbano na Bahia. In: CILA XIII Congreso Ibero-latinoamericano del Asfalto. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2005.
- ODA, S.; EDEL, G.** Aplicação de asfalto-borracha em trechos experimentais no município de Salvador, BA. Relatório Técnico. Projeto de Apoio Regular. Salvador, BA: Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, 2004.
- RUTH B. E.; TIA, M.; JONSSON, G.; SETZE, J. C.** Recycling of Asphalt Mixtures Containing Crumb Rubber. Final Report. FL/DOT/MO D510717. University of Florida. Florida Dept. of Transportation. 221p., 1997.
- SALTER, R.J.; MAT, J.** Some Effects of Rubber Additives on Asphalt Mixes. Transportation Research Record 1269, TRB, Washington, DC, p.79-86, 1990.
- SAMPAIO, E. A. N.** Controle tecnológico da execução de pavimentos flexíveis com asfalto modificado. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Salvador, BA: Universidade Salvador, 2005.
- TAKALLOU, H.B.; HICKS, R.G.; ESCH, D.C.** Effect of Mix Ingredients on the Behavior of Rubber-Modified Asphalt Mixtures. Transportation Research Institute 1096, TRB, Washington, DC, p.68-80, 1986.

15^a REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA 15^a RPU

SALVADOR/BA - BRASIL - 28 a 30 de maio de 2008

AValiação DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO DO SISTEMA VIÁRIO DO CAMPUS DA UFAM

*Diego Meneses de Melo¹; Cleudinei Lopes da Silva² Eude de Paula Rebelo³ & Consuelo
Alves da Frota⁴*

RESUMO

O Campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizado na zona leste da cidade de Manaus é a maior área verde de floresta urbana do Brasil, com 6,7 milhões de quilômetros quadrados, e concentra a maior parcela das unidades acadêmicas da instituição, segundo modelo de seu plano diretor. Por longo tempo, o sistema viário foi constituído por uma via com dois sentidos de tráfego, e uma faixa para cada sentido, totalizando 6km de extensão. Por causa do crescimento da comunidade universitária e conseqüentemente do número de veículos, fez-se necessário realizar reforma e ampliação do referido sistema em 2001. Todavia, durante sua vida útil este vem apresentando patologias em pontos específicos e ao longo de sua extensão. Mesmo tendo sido realizadas intervenções corretivas, estas voltavam a ocorrer pouco tempo após a sua execução, sempre nos mesmos pontos. Em alguns trechos, o acúmulo dos vários problemas, confere riscos ao trânsito de veículos. Desta forma, o presente trabalho buscou identificar os principais defeitos existentes em cada trecho do sistema viário do Campus, medindo extensão desses e identificando seu nível de severidade. Buscou-se avaliar o nível de severidade das condições da via, tendo sido observada uma condição mediana, com riscos pontuais, que demandam medidas corretivas localizadas, prevenindo que ocorra um comprometimento de maiores extensão e, conseqüentemente, intervenções mais complexas.

PALAVRAS-CHAVE: revestimento asfáltico, sistema viário, Universidade Federal do Amazonas.

ABSTRACT

The Campus of the Federal University of Amazonas (UFAM), located in the east area of the city of Manaus it is the largest green area of urban forest of the Brazil, with 6,7 million squared kilometers, and concentrates the largest portion of the academic units of the institution, due it occupation plan model. For a long time, the road system was constituted by a road with two traffic ways, and a band for each, and 6km of total extension. Because of the academical community's growth and, consequently, the number of vehicles, it was necessary to accomplish reform and enlargement of the referred system in 2001. However, during it useful life is presenting pathologies in specific points and along it extension. Although having been accomplished corrective interventions, these happened again few time after execution, always in the same points. In some sections, the accumulation of the several problems, checks risks to the traffic of vehicles. This way, the present work has intent to identify the main defects in each section of the Campus road system, measuring extension of those and identifying it severity level. It was intended to evaluate the level of severity of the conditions of the road, having been observed a medium condition, with punctual risks, that demands located corrective measures, preventing that happens a compromising of larger extension and, consequently, more complex interventions.

KEY WORDS: asphalt layer, road system, Amazon Federal University of Amazonas.

¹ Universidade Federal do Amazonas /Grupo de Geotecnia/PPEC-UFAM. Email: diego.meneses@gmail.com

² Universidade Federal do Amazonas /Grupo de Geotecnia/PPEC-UFAM. Email: cleudineilopes@gmail.com

³ Universidade Federal do Amazonas /PPEC-UFAM. Email: eudesidiua@gmail.com

⁴ Universidade Federal do Amazonas /Grupo de Geotecnia. Email: cafrota@ufam.edu.br, cafrota@yahoo.com.br