

REVISTA

ABRV

Associação Brasileira de Pavimentação



PAVIMENTAÇÃO

Ano III – Nº 9 – Março de 2008 – www.abpv.org.br – ISSN 1809-1865

A importância da inspeção e manutenção
preventiva em obras-de-arte
especiais no Brasil

Margarida Nascimento



15^a RPU

Reunião de Pavimentação Urbana

28 a 30 de maio de 2008
Salvador - BA

Patrocínio Oficial



PETROBRAS



Local

O evento será realizado no Hotel Pestana, localizado no ponto logístico de redes hoteleiras e pontos turísticos da Cidade de Salvador. O espaço de convenções oferece condições técnicas e conforto necessários para um evento do porte pretendido.

Maiores informações

www.rpu.org.br



Rua Miguel Couto, 105 – Sobrelojas 204 e 205
20070-030 – Rio de Janeiro – RJ
Tel: (21) 2233-2020 / 2263-5794 – Fax: (21) 2233-0709

CONSELHO EDITORIAL
Diretoria da ABPv

COORDENAÇÃO GERAL

Arq^{ta} **Georgina Libório Azevedo**
georgina@abpv.org.br

JORNALISTA RESPONSÁVEL

Jean Pierre M. Santiago
MTb 27170-RJ

redacao@revistapavimentacao.org.br

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO

Presidente: **ENG^o EDUARDO ALBERTO RICCI**
Vice-Presidente: **CEL ENG^o PAULO ROBERTO DIAS MORALES**
Diretor Administrativo: **ENG^o JOÃO MENESCAL FABRÍCIO**
Diretor Técnico: **ENG^a LAURA M^a GORETTI DA MOTTA**
Diretor Financeiro: **ENG^o ATAHUALPA SCHMITZ DA SILVA PREGO**
Diretor de Divulgação: **Arq^{ta} GEORGINA LIBÓRIO AZEVEDO**

COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO

Eng^o Alexandre Zupolini Neto; Eng^o Alfredo Monteiro de Castro Neto; Eng^o Alvaír Pinto Barbosa; Eng^o Antônio Fortunato Marcon; Eng^o Armando Martins Pereira; Eng^o Atahualpa Schmitz da S. Prego; Eng^o Carlos Yukio Suzuki; Eng^o Cássio Eduardo Lima de Paiva; Eng^o Chequer Jabour Chequer; Eng^o Djalma Rocha A. M. Pereira; Eng^o Douglas Fadul Villibor; Eng^o Dultevir Guerreiro Vilar de Melo; Eng^o Edinaldo Afonso Marques de Mélo; Eng^o Eduardo Alberto Ricci; Eng^o Ernesto Simões Preussler; Eng^o Fernando Augusto Jr.; Eng^o Francisco Samuel Pithon Barreto; Eng^o Genésio Almeida da Silva; Arq^{ta} Gilda Collet Bruna; Eng^o Glicério Trichês; Eng^o Heitor Roberto Giampaglia; Eng^o Jacques de Medina; Eng^o João Menescal Fabrício; Eng^o João Virgílio Merighi; Eng^o Jorge Augusto Pereira Ceratti; Eng^o Jorge Henrique Ribeiro; Eng^o Jorge Paulo Moro; Eng^o José Franklin Moreira; Eng^o José Leomar Fernandes Junior; Eng^o José Pedro dos Santos Vieira Costa; Eng^o José Tadeu Balbo; Eng^o Laiz de Souza; Eng^a Laura M^a Goretti da Motta; Eng^a Leni F. M. Leite; Eng^o Leto Momm; Eng^a Liedi Legi B. Bernucci; Eng^a Luciana Nogueira Dantas; Eng^o Luiz Miguel de Miranda; Eng^o Marcello Roberto Rangel Pestana; Eng^a Maria da Conceição M. Azevedo; Eng^o Márcio Muniz de Farias; Eng^o Marçílio Augusto Neves; Eng^o Mario Henrique Furtado Andrade; Eng^o Nilton de Souza Campelo; Eng^o Otaçílio Alves de França Junior; Eng^o Paulo Roberto Belisário S. de Souza; Eng^o Paulo Romeu Assunção Gontijo; Eng^a Prepredigna D. E. Almeida da Silva; Eng^a Rita Moura Fortes; Eng^o Salomão Pinto; Eng^o Silvio Rodrigues Filho; Eng^o Saul Birman; Eng^o Walter Canales Sant'ana; Eng^a Wanda Trigo Loureiro; Eng^o Washington Pérez Nuñez.

Editoração Eletrônica: MURO Produções Gráficas

Revisão: Ellis Pinheiro

Impressão: RONA Editora Ltda

Tiragem: 5.000 exemplares – Periodicidade: Trimestral



Nossa capa:

Foto cedida pelo Eng^o Eduardo Calheiros, das Pontes sobre o Canal de São Gonçalo, que liga as Lagoas dos Patos e Mirim, na BR-392/RS.

Sumário

2 Editorial

3 Seção de notas

ARTIGOS TÉCNICOS

6 **Uso de rejeito industrial em misturas do tipo concreto asfáltico**

Clauber Costa, Salomão Pinto e Luís Alfredo Ventorini

17 **Correlação entre os levantamentos visual contínuo e de irregularidade longitudinal em rodovias estaduais do Ceará**

Sérgio Armando de Sá e Benevides, Laura Maria Goretti da Motta e Carlos Roberto Cunha

27 **Trincas de reflexão na restauração de pavimentos**

Salomão Pinto e Ângelo Monteiro Pinto

42 **Carta dos leitores**

43 **A importância da inspeção e manutenção preventiva em obras-de-arte especiais no Brasil**

Margarida Nascimento

ESPAÇO ACADÊMICO

57 **Alunos que defenderam Dissertação no PETRAN/UFC**

59 **Fatos Históricos BR-010 Belém-Brasília**

62 **Normas Básicas para submissão de artigos e contribuições técnicas**

Editorial

Estamos iniciando o ano III da Revista PAVIMENTAÇÃO. E nossa proposta segue na consolidação da difusão da tecnologia e na transferência dos conhecimentos científicos, configurando na proposta democrática dessa publicação.

O ano de 2008 é esperado como um ano de bons investimentos no setor de transportes no País. Em primeiro lugar, pelos aportes de recursos advindos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do governo federal. Em segundo lugar, por se tratar de um ano eleitoral, o que enseja o Executivo à promoção de obras “vultuosas” com vistas a colher os louros eleitorais.

Para nós, vultuosas ou não, determinadas obras são imprescindíveis. E o setor de transporte carece de investimentos de peso, mormente nas rodovias para que o crescimento da economia possa ter garantido o escoamento da produção agrícola; o transporte de insumos e bens de capital; para que o serviço de transporte de passageiros possa ser eficaz e mais seguro, a fim de que se onere menos o erário com despesas oriundas dos acidentes nas estradas; e; acima de tudo, que vidas sejam poupadas garantindo a integridade do capital humano.

Durantes as edições do ano passado, a Revista focou suas reportagens especiais nas temáticas acima mencionadas. Este ano, seguiremos observando o contexto para que possamos continuar debatendo os temas relevantes da pavimentação e as ações do Estado no sentido de sua promoção. Uma publicação científica também é prestadora de serviços, um veículo de democracia.

Nesta edição trazemos na seção de notas uma síntese da Pesquisa Rodoviária 2007 divulgada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT). Pesquisa esta que avaliou 100% da malha rodoviária federal pavimentada e os principais trechos sob gestão estadual e sob concessão. O resultado foi um diagnóstico atualizado sobre as condições de trafegabilidade da malha rodoviária do País. A importância deste trabalho é principalmente fornecer um excelente subsídio para fins de planejamento no setor.

Em Fatos Históricos, dentro da abordagem sobre a evolução da tecnologia dos pavimentos no Brasil, o Eng^o Atahualpa Schmitz Prego aborda diversos processos técnicos que se desencadearam na construção da Rodovia Belém-Brasília.

Quatro artigos científicos fecham esta edição de março. Dentre eles destacamos em capa o artigo da ex-Ministra dos Transportes, Eng^a Margarida Nascimento, do Centran, sobre a importância da manutenção e inspeção preventiva em obras-de-arte especiais no Brasil.

Esperamos, por fim, um ano de sucesso e bons resultados no setor de pavimentação.

Boa leitura e até junho.

Seção de notas da Revista PAVIMENTAÇÃO

A homenagem da ABPv ao Mestre Humberto Santana (*18/09/1930 – †20/11/2007)



Professor Humberto Santana, um mestre corajoso e brilhante, com uma firmeza de caráter admirável, uma consistência teórica e uma serenidade afetuosa que conquistava amizades fortes.

Educador por excelência, possuía uma didática ímpar, ca-

paz de ensinar e de se fazer entender, com extrema facilidade. Dominava com habilidade os difíceis postulados físicos e matemáticos quando aplicados na área da engenharia rodoviária. Mestre maior em pavimentação rodoviária, e de uma inteligência privilegiada.

Sócio nº 82 da ABPv, representou a instituição no Estado do Ceará por 20 anos. Foi um grande colaborador com seus cursos e trabalhos apresentados nas Reuniões Anuais de Pavimentação e nos congressos internacionais.

Em suas muitas palestras e livros, instado a falar sobre pavimentação, gostava de conceituar sabedoria e inteligência, citando um filósofo oriental denominado Hu-San – que na prática era ele próprio: **Humberto Santana**. Tinha uma definição simplista e ao mesmo tempo completa de inteligência, que costumava adotar com praticidade em sua vida, durante seus afazeres: inteligência é a “capacidade de resolver problemas de acordo com os conhecimentos necessários”. Para Humberto Santana, um sábio inteligente, era aquele que desconfiava, até mesmo, de sua própria sabedoria.

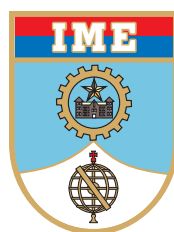
.....

Nova diretoria da ABPv toma posse

No dia 3 de janeiro de 2008, na sede no auditório da ABPv, no Rio de Janeiro, tomou posse a nova Diretoria da Institui-

ção para o triênio 2008/2010. Eleitos com 80% dos votos em dezembro de 2007, a nova diretoria é composta pelos seguintes membros: Presidente: Engº Eduardo Alberto Ricci; Vice-Presidente: Cel Engº Paulo Roberto Dias Morales; Diretor Administrativo: Engº João Menescal Fabrício; Diretor Técnico: Engº Laura Maria Goretti da Motta; Diretor Financeiro: Engº Atahualpa Schmitz da Silva Prego; e Diretor de Divulgação: Arqtª Georgina Libório Azevedo.

Também foram eleitos para o Conselho Fiscal na categoria sócio coletivo, a Fundação DER representada pelo Engº Marcos Balaguer e a Concesolo representada pelo Engº Marcio B. de Amorim e na categoria sócio individual o Engº Salomão Pinto e a Engª Luciana Nogueira de Castro.



IME realiza curso de extensão em Engenharia no Rio

O Instituto Militar de Engenharia (IME), procurando ampliar sua contribuição com os diversos setores da engenharia na formação e na qualificação de recursos humanos, realizará o 8º Curso de Extensão em Engenharia do Ar Condicionado e Economia de Energia. O curso é inédito no Rio de Janeiro.

Em virtude da importância que o tema economia de energia alcançou em nossa sociedade, o conteúdo programático do curso foi ampliado de forma a incluir, em cada um de seus módulos, importantes aspectos da conservação de energia que conduzam à melhoria da eficiência energética dos sistemas de ar condicionado.

O curso, que conta com o apoio de órgãos de classe e o patrocínio de importantes empresas do setor de ar condicionado, tem como público alvo engenheiros, arquitetos, alunos de engenharia e de arquitetura e profissionais de nível superior que desejem atualizar conhecimentos ou completar sua formação acadêmica, habilitando-os a atuar em atividades de projeto básico e executivo.

A grande aceitação do curso, ao longo de suas sete edições, se deve, principalmente, ao seu quadro docente que mescla professores da área acadêmica e profissionais de reconhecida experiência no setor de ar condicionado.

As inscrições estão abertas e os procedimentos estão no sítio do IME www.ime.eb.br.

BITREM é tema de seminário no Rio

O Ministério dos Transportes, através do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR/DNIT), realizou, no dia 28 de fevereiro, na Associação Comercial do Rio de Janeiro, o 1º



Seminário sobre Estudo dos Impactos do Bitrem nas rodovias federais brasileiras. O evento teve como objetivo apresentar para o público questões relativas ao impacto dos CVCs nas rodovias federais, tais como: aumento

do número de acidentes; desgaste do pavimento e da estrutura das pontes; projetos geométricos; entre outros.

A intenção foi mostrar uma análise detalhada para os futuros projetos rodoviários, reformulando os conceitos para implantação deste novo padrão veicular.

Cursos de referência da ABPv

Na esteira do sucesso dos cursos promovidos pela ABPv no ano de 2007, destacamos o de Pavimentos e Planejamentos de Aeroportos, realizado no primeiro semestre. Ministrado pelos engenheiros Silvio Rodrigues Filho, Major Brig Av Engº Ayr da Silva, Ten Cel Engº Oswaldo Fonseca e Cel Francisco José D´Almeida Diogo. O curso recebeu alunos oriundos de vários estados brasileiros, confirmando a ampla credibilidade do ensino promovido pela Associação, assim como os cursos Controle em Obras Rodoviárias e Drenagem com Hidrologia Básica. A programação completa dos cursos da ABPv para o ano de 2008 já se encontra disponível no sítio www.abpv.org.br.

- Curso Básico de Pavimentação Urbana
07 a 10 de abril de 2008
- Curso de Materiais e Misturas Asfálticas
28 a 30 de abril de 2008
- Curso de Dimensionamento de Pavimentos
16 a 18 de junho de 2008
- Curso de Sinalização e Segurança Viária
23 a 25 de junho de 2008
- Curso de Custos Rodoviários – SINCTAN
12 a 13 de agosto de 2008
- Curso Avançado de Pavimentação Urbana
2º semestre de 2008
- Curso de Avaliação Estrutural de Pavimentos
2º semestre de 2008

Pesquisa Rodoviária 2007 CNT – SEST – SENAT

A Confederação Nacional do Transporte (CNT) divulgou a Pesquisa Rodoviária 2007 que avaliou 100% da malha ro-

doviária federal pavimentada e os principais trechos sob gestão estadual e sob concessão. O resultado foi um diagnóstico atualizado sobre as condições de trafegabilidade da malha rodoviária do País.

Em sua conclusão, a pesquisa destaca “que a eficiência do transporte rodoviário apresenta-se restringida por



gargalos, dentre os quais se sobressai a baixa oferta de infra-estrutura viária de qualidade. Este problema causa expressivas dificuldades operacionais aos transportadores e demais usuários e resulta em maiores custos e perda de competitividade do País”.

A importância das rodovias é ressaltada como um instrumento primordial para o desenvolvimento do Brasil: “As rodovias devem ser entendidas prioritariamente como um patrimônio de todo o país. E, como para todo patrimônio, é necessário que haja um planejamento que considere sua manutenção e, neste caso específico, também sua expansão, já que a demanda por este tipo de infra-estrutura de transportes é sempre crescente”.

Em números, a pesquisa apresentou o que resulta na falta de planejamento: “Verifica-se, contudo, que deficiências no planejamento provocam efeitos estruturais

maléficos às rodovias, tais como: longos trechos rodoviários em estado crítico, 54,5% (47.777 km) da extensão pesquisada encontram-se com o pavimento em estado regular, ruim ou péssimo, 65,4% apresentam (57.253 km) sinalização com problemas, 42,5% (37.259 km) não possuem acostamento, 39,0% (31.880 km) possuem placas com a legibilidade deteriorada”.

A análise, portando os dados obtidos pela pesquisa, indica um quadro geral deficiente e também preocupante, uma vez que as modificações e melhorias na malha rodoviária demandarão um período de tempo longo, prejudicando o desenvolvimento do País.

Para a reversão deste cenário, a pesquisa aponta que “é imprescindível a regularidade do fluxo de investimentos. E, para que isso ocorra, faz-se necessária a aplicação integral dos recursos destinados às rodovias, sejam eles orçamentários ou suplementares, como é o caso da CIDE. De imediato, para que o sistema rodoviário atinja padrões satisfatórios de segurança e de desempenho, estima-se um volume da ordem de R\$ 23,6 bilhões e, para a correta manutenção da malha, investimentos de R\$ 1,34 bilhão por ano, valores superiores aos historicamente aplicados”. A pesquisa completa está disponível no sítio da CNT: www.cnt.org.br

.....

WEC 2008

Pela 1ª vez no continente americano a 3ª edição do Congresso Mundial de Engenheiros (WEC – World Engineers` Convention) pretende reunir mais de 5 mil engenheiros de todo o mundo na capital brasileira, Brasília, entre 2 a 6 de dezembro de 2008. Tendo as últimas edições ocorridas em Hannover, em 2000 e Shanghai, em 2004. Participe!

.....

Este espaço destina-se à publicação de artigos encaminhados à Revista pelos profissionais que se dispõem a colaborar promovendo com os demais técnicos o debate de diversos temas atuais e relevantes. Os artigos devem ser enviados para redacao@revistapavimentacao.org.br de acordo com as normas vigentes no sítio www.revistapavimentacao.org.br. Os trabalhos são apresentados na íntegra, sendo de responsabilidade do autor toda a informação nele contida.

Uso de rejeito industrial em misturas do tipo concreto asfáltico

Clauber Costa

Mestrando – IME/RJ

Salomão Pinto

D.Sc. – IME/RJ

Luís Alfredo Ventorini

D.Sc. – IME/RJ

RESUMO

Atualmente, um dos principais problemas da indústria de fundição é a geração de grandes quantidades de resíduos, dentre eles destacando-se a areia descartada de fundição (ADF). Esse resíduo é disposto atualmente em aterros industriais e/ou comerciais, porém, pelos volumes gerados, torna-se cada vez mais cara e inviável a remoção como solução momentânea para sua destinação. Tais areias são oriundas dos diferentes processos de fundição e podem ser distinguidas em dois tipos principais de areias de moldagem/macharia: a “areia verde” e a “areia ligada quimicamente”. É de interesse de órgãos ambientais, empresas de fundição e afins que sejam estudadas alternativas práticas e legais, para a utilização da areia de fundição de ferro como subproduto, sendo uma alternativa a substituição da areia retirada de cavas ou rios em obras de construção rodoviária.

Assim, nos últimos anos, pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando ao aproveitamento de resíduos sólidos industriais em misturas asfálticas. Assim sendo, o trabalho objetiva avaliar o comportamento de misturas asfálticas do tipo concreto asfáltico (CA), obtidas a partir da adição de resíduo “areia verde” de fundição em substituição ao agregado fino convencionalmente utilizado (areia de cava ou rio). O comportamento das misturas foi caracterizado por meio de um programa experimental utilizando diferentes teores de rejeitos e alguns métodos de ensaio como dosagem marshall, resistência à tração por compressão diametral, módulo de resiliência e fadiga à compressão diametral sob tensão controlada. Ainda serão apresentadas considerações sobre uma pista experimental localizada no município de Extrema-MG, viabilizada por um consórcio de empresas de fundição (Tupy Fundições Ltda. e Fagor Ederlan Brasileira Ltda.).

1. INTRODUÇÃO

As indústrias de fundição brasileiras geraram de janeiro a outubro de 2006 aproximadamente 2.125.175 toneladas de produtos fundidos, sendo a região sudeste respon-

sável pela maior produção, tendo a maior concentração no Estado de São Paulo (ABIFA, 2007).

A fabricação de peças fundidas precisa de grande quantidade de areia para confecção dos moldes e machos. O consumo de areia, dependendo do tipo de peça,

varia aproximadamente de 800kg a 1000kg para cada 1000kg de peças fundidas produzidas, aproximadamente. Essa areia normalmente é extraída de jazidas naturais de cava ou rios, com granulometrias diversas.

Estima-se que empresas da indústria de fundição gerem cerca de 450 mil toneladas/ano de resíduos de areias de fundição. Esta areia, após a etapa de desmoldagem, pode ser novamente inserida no processo de produção, com uma recuperação de aproximadamente 90%. Os 10% restantes são liberados do processo, na forma de resíduo.

Segundo Bina (2002), os rejeitos industriais, materiais residuais de descarte do processo produtivo de qualquer indústria devem ser controlados ou tratados para evitar sua transformação em contaminantes. Preocupados com os rejeitos não tratados e não administrados, os órgãos de controle ambiental trabalham no sentido de disciplinar sua destinação final (figura 1), evitando que contaminem os recursos naturais (ar, água e solo) e, por conseqüência, o ser humano.



A possibilidade de reutilização da areia de fundição de descarte, além de evitar a sua disposição em aterros industriais e/ou comerciais, devolve-lhe algum tipo de valor para seu gerador ou para algum interessado que possa utilizá-la de forma adequada. Além disso, a reutilização da areia, descartada no processo de fundição, gera substancial economia de matéria-prima, propiciando a conservação dos recursos naturais.

Segundo AFS (1991,1992), Baillod *et al.* (1991), Ham *et al.* (1990) McIntyre *et al.* (1991) *apud* Hiltunen *et al.* (1992), os resíduos de areia de fundição podem ser usados como material único ou combinado com outros materiais para gerar um produto aceitável na indústria da construção. Estes resíduos também podem ser usados como base ou sub-base para pavimentos de concreto de cimento

portland e como fonte de sílica para produção de cimento portland. A areia de fundição também pode ser usada em combinação com outros materiais, como agregado fino, para a produção de cimento portland e concreto asfáltico convencional para pavimentação.

1.1 Utilização de rejeitos industriais em pavimentação rodoviária

Existem grandes diferenças nos tipos e nas características dos vários rejeitos sólidos gerados na indústria, assim como também de aplicações para quais eles são adequados. Além disso, a experiência no uso dos rejeitos em pavimentação rodoviária pode variar consideravelmente dependendo das diferenças climáticas e dos procedimentos construtivos.

Atualmente, o uso de rejeito de areias de fundição e/ou areia de descarte de fundição (RAF e/ou ADF) como agregado fino em misturas asfálticas a quente está bem documentado, mas não muito praticado. A durabilidade dessa areia como um substituto do agregado fino usado na produção de misturas a quente é uma das determinantes principais de quanto tempo o pavimento asfáltico pode permanecer em serviço. A partir da década de 80, a *Federal Highway Administration – FHWA* – desenvolveu um programa para avaliar várias possíveis fontes de agregados apropriados. Este programa de avaliação, conhecido como *Superpave*, foi aceito extensamente em especificações asfálticas.

Segundo a FHWA (2004), a areia de fundição tem sido usada com sucesso para substituir uma parcela do agregado fino que é usado em misturas asfálticas convencionais. Os estudos mostraram que essa areia de fundição pode ser usada para substituir entre 8 e 25% do agregado fino. As misturas do asfalto que contêm a areia de fundição podem ser projetadas usando métodos de projeto padrão como o Marshall e Hveem. Assim a areia de fundição pode ter um alto benefício-custo para a indústria de fundição, bem como para a indústria de construção rodoviária.

Segundo Ciesielki *et al.* (1994), *apud* Pereira (2005), através do programa americano de pesquisa em prática rodoviária também, realizaram testes utilizando areias de fundição como subprodutos em pavimentos asfálticos. O desempenho foi satisfatório em pavimentos projetados com misturas betuminosas usinadas a quente, incorporando até 15% de resíduo “areia verde” de fundição na mistura de agregados. Com o uso de um percentual maior, as

amostras foram suscetíveis à umidade, devido ao desprendimento da película de asfalto das partículas de agregados em função da natureza hidrófila do RAVF (rejeito de areia verde de fundição), ocorrendo a perda do agregado fino da mistura e a deterioração acelerada do pavimento. Entretanto, foi verificado que o problema pode ser mitigado utilizando aditivos.

Demirbas *et al.* (2006) realizaram pesquisa para avaliar o potencial do uso de areia de fundição descartada em misturas asfálticas, como substituto parcial de areia natural, sendo o material utilizado para o estudo o da empresa de fundição de Bozuyuk, Turquia. Como resultado das experiências realizadas em amostras de concreto asfáltico, pode-se concluir que a adição de resíduos em quantidades maiores que 10% diminui a estabilidade Marshall significativamente, de 12.10 kN com 0% RAF para 10.90 kN com o

de dosagem e ensaios utilizados. Descrevem-se algumas propriedades do agregado e ligante, como também resumem-se os procedimentos adotados para mistura, compactação e teste dos corpos-de-prova.

2.1 Material betuminoso

O ligante asfáltico usado no presente estudo é proveniente da refinaria Paulínia (Replan), 50/70 na classificação de 2005, conforme apresentado na tabela 1.

Foram medidas as viscosidades Saybolt-Furol nas temperaturas de 135°C, 145°C e 155°C. A tabela 2 apresenta os resultados dos ensaios.

A tabela 3 apresenta as temperaturas utilizadas na moldagem dos corpos-de-prova para determinação do teor ótimo. A figura 2 apresenta a relação viscosidade versus temperatura °C, obtida no ensaio de caracterização do ligante.

Tabela 1 – Caracterização do Ligante (CAP)

Características	Limites CAP 50 -70	Ligante Estudado
Penetração (0,1mm)	50 – 70	54
Ponto de Amolecimento, min. (°C)	46	48
Viscosidade Saybolt-Furol a 135°C, min.,(s)	141	170
Viscosidade Saybolt-Furol a 150°C, min.,(s)	50	84
Viscosidade Saybolt-Furol a 177°C, min.,(s)	30 - 150	-
Índice de susceptibilidade térmica	(-1,5) a (+0,7)	-1,50
Ponto de Fulgor, min. (°C)	235	-
Solubilidade em tricloroetileno, min., (% massa)	99,5	-
Ductilidade a 25°C, min. (cm)	60	>100
Efeito do Calor e do ar após FTFOT a 163° C, 85 min		
Varição em massa, máx (%)	0,5	0,54
Ductilidade a 25°C, min. (cm)	20	>100
Aumento do Pto de Amolecimento, máx (°C)	8	8
Penetração Retida	55	41



10% RAF adicionado. Assim o autor sugere que para uso prático, a parcela de RAF como um subproduto no concreto asfáltico deva ser limitada em aproximadamente 10%.

Este trabalho objetiva avaliar o comportamento de misturas asfálticas a quente, obtidas a partir da adição de resíduo “areia verde” de fundição em substituição ao agregado fino convencionalmente utilizado (areia de rio ou cava).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentadas as características dos materiais usados nesta pesquisa, bem como dos métodos

Tabela 2 – Resultados do ensaio Saybolt-Furol

Temperatura (°C)	135°C	145°C	155°C
CAP 50/70 (VSF)	170	100,8	66,8

Tabela 3 – Temperaturas utilizadas na moldagem dos corpos-de-prova para determinação do teor de projeto

Temperatura do ligante (°C)	150
Temperatura dos agregados (°C)	165
Temperatura de compactação (°C)	139

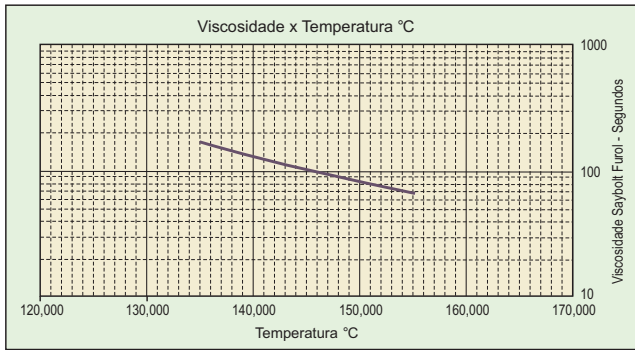


Figura 2 – Características viscosométricas do CAP 50/70.

2.2 Agregados

Das empresas geradoras do resíduo de areia de fundição foram escolhidas aquelas com maior potencial de descarte. As amostras do RAF, aquelas denominadas de areias de caixa de moldagem (areia verde – figura 3) ou



do tipo misturado (descarte de areia de caixa de moldagem – areia verde, com areia dos moldes internos – areia de macharia, e também com areia proveniente da etapa de acabamento superficial – jato de areia), foram coletadas

em pontos determinados conforme as exigências da norma NBR 10.007 – Amostragem de Resíduo Sólido (ABNT, 1987).

Para os demais agregados componentes das misturas asfálticas, como, por exemplo, a Brita nº 1, o Pedrisco, o Pó-de-pedra, foram adquiridas quantidades conforme exigências da norma DNER PRO 120/97, a DNER PRO 199/96 e a NBR 7216 através da empresa Jofege Pavimentação e Construção Ltda., sendo a Brita nº 1 procedente da pedra Basalto V, e o Pedrisco e Pó-de-pedra da pedra Basalto II, de natureza mineralógica basáltica. A tabela 4 e figura 4 mostram a análise granulométrica dos agregados usados nesta pesquisa.

3. DOSAGEM DA MISTURA

As porcentagens máximas e mínimas dos agregados empregados na mistura foram determinadas de acordo

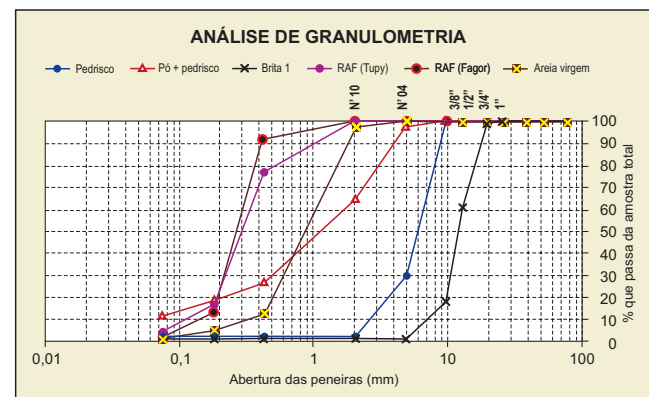


Figura 4 – Granulometria dos agregados utilizados neste estudo

Tabela 4 – Análise granulométrica dos agregados deste estudo (% passante)

PENEIRAS	Diâmetros	Brita 1	Pedrisco	Pó+ Pedrisco	RAF (TUPY)	RAF (FAGOR)	Areia Virgem
3 po1	76,2	100	100	100	100	100	100
2 pol1	50,8	100	100	100	100	100	100
1 1/2 pol	38,1	100	100	100	100	100	100
1 pol	25,4	100	100	100	100	100	100
3/4 pol	19,1	99	100	100	100	100	100
1/2 pol	12,7	61	100	100	100	100	100
3/8 pol	9,5	18	100	100	100	100	100
Nº 4	4,8	1	29	98	100	100	100
Nº 10	2	1	2	65	100	100	100
Nº 40	0,42	1	2	27	77	92	13
Nº 80	0,18	1	2	19	17	13	5
Nº 200	0,074	1	2	12	4	1	1

com as especificações DNIT 031/2006 – ES, adotando-se a faixa “C”, destinada à capa de rolamento. Para dosagem da mistura foi adotado o método Marshall (DNER-ME 043/95), comumente utilizado em projetos de mistura de concreto asfáltico – C.A.

Para a incorporação dos resíduos de areia de fundição às massas asfálticas, foram definidos critérios objetivando estabelecer a quantidade ideal de resíduo a ser incorporado ao concreto asfáltico e/ou outras misturas e encontrar a granulometria adequada para a manutenção das características desejadas às misturas asfálticas, como, por exemplo, a percentagem de vazios (%Vv) e relação betume vazios (%RBV).

3.1 Granulometria

Foram incorporados dois diferentes teores de RAF/ADF às misturas asfálticas (Mistura TUPY com 10% e Mistu-

ra FAGOR com 8%). Para o CA TUPY, foram utilizadas as seguintes porcentagens de materiais: 25% de brita 1; 30% de pedrisco; 35% de pó+pedrisco e 10% de RAF/ADF, conforme tabela 6. A tabela 5 e figura 5 mostram que a composição granulométrica e a curva de distribuição granulométrica obtida enquadraram-se na Faixa “C” determinada, respectivamente.

Para a mistura de CA FAGOR, foram utilizadas as seguintes porcentagens de materiais: 25% de brita nº 1; 30% de pedrisco; 37% de pó+pedrisco e 8% de RAF/ADF, conforme tabela 8. A tabela 7 e a figura 6 mostram que a composição granulométrica e a curva de distribuição granulométrica obtida enquadraram-se na Faixa “C” determinada, respectivamente.

Com a finalidade de confeccionar corpos-de-prova com melhor distribuição granulométrica, os agregados

Tabela 5 – Composição granulométrica obtida para CA TUPY

Peneira	Abertura (mm)	% em Peso, passando Faixa “C” DNIT	CA c/10% RAF (TUPY)	CA Ipiranga
3/4 pol	19,1	100	100	100
1/2 pol	12,7	80-100	90	88,4
3/8 pol	9,5	70-90	80	81,3
Nº 4	4,8	44-72	53	52,6
Nº 10	2	22-50	34	34,4
Nº 40	0,42	8.-26	18	20,2
Nº 80	0,18	4.-16	9	11,9
Nº 200	0,074	2.-10	5	6,7

Tabela 6 – Composição da Mistura – Faixa “C” DNIT – CA TUPY

TEOR DE PROJETO (TUPY)				
CP (g)	1200	Separação dos Agregados em Frações		
Material	Traço	Intervalo	% Intervalo	Mistura (g)
Brita nº 1	23,68%	1"-1/2"	39%	110,8
		1/2"-3/8"	43%	122,16
		Pass 3/8"	18%	51,14
Pedrisco	28,41%	3/8"-Nº 4	71%	242,05
		Pass Nº 4	29%	98,87
Pó+ Pedrisco	33,15%	3/8"-Nº 4	35%	139,21
		Pass Nº 10	65%	258,53
RAF (TUPY)	9,47%			113,64
CAP (g)	5,30%			63,6
TOTAL (g)	100%			1200

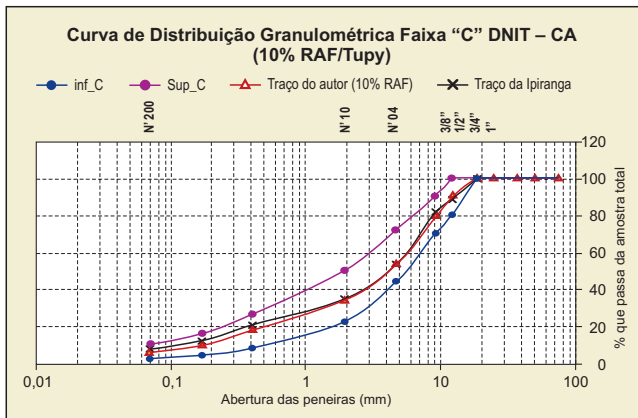


Figura 5 – Enquadramento da Mistura na Faixa “C” DNIT – CA TUPY

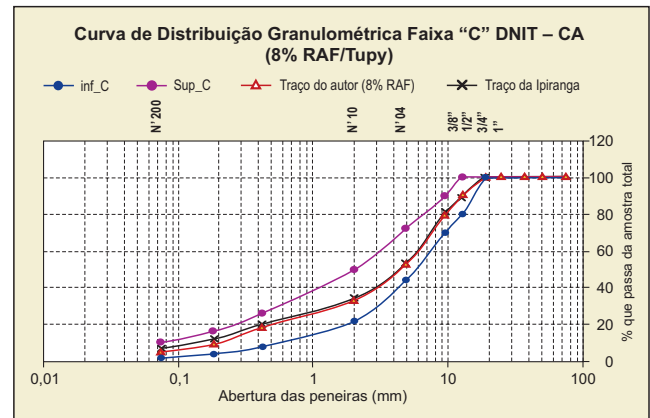


Figura 6 – Enquadramento da mistura na Faixa “C” DNIT – CA FAGOR

Tabela 7 – Composição granulométrica obtida para CA FAGOR

Peneira	Abertura (mm)	% em Peso, passando Faixa “C” DNIT	CA c/ 8% RAF (FAGOR)	CA Ipiranga
3/4 pol	19,1	100	100	100
1/2 pol	12,7	80-100	90	88,4
3/8 pol	9,5	70-90	80	81,3
Nº 4	4,8	44-72	53	52,6
Nº 10	2	22-50	33	34,4
Nº 40	0,42	8.-26	18	20,2
Nº 80	0,18	4.-16	9	11,9
Nº 200	0,074	2.-10	5	6,7

Tabela 8 – Composição da Mistura – Faixa “C” DNIT – CA FAGOR

TEOR DE PROJETO (FAGOR)				
CP (g)	1200	Separação dos Agregados em Frações		
Material	Traço	Intervalo	% Intervalo	Mistura (g)
Brita nº 1	23,68%	1" - 1/2"	39%	110,82
		1/2" - 3/8"	43%	122,2
		Pass 3/8"	18%	51,15
Pedrisco	28,41%	3/8" - Nº4	71%	242,05
		Pass Nº4	29%	98,87
Pó + Pedrisco	35,03%	3/8" - Nº4	35%	147,13
		Pass Nº10	65%	273,23
RAF (FAGOR)	7,58%			90,96
CAP (g)	5,30%			63,6
TOTAL (g)	100%			1200

foram fracionados em oito partes, conforme ilustra a Figura 7. Para a execução de cada corpo-de-prova, foi pesada individualmente cada uma das oito frações de agregado. Todas as frações são oriundas do peneiramento da Brita nº 1, Pedrisco, Pó-de-pedra + Pedrisco e o RAF/ADF.

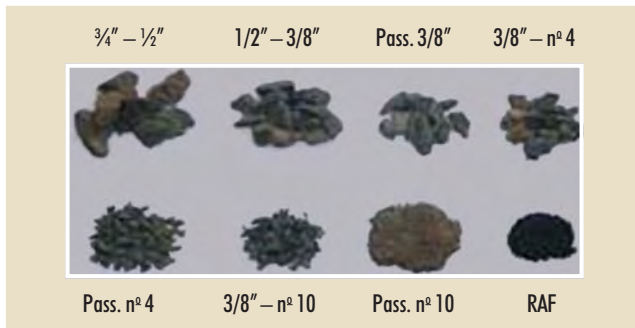


Figura 7 – Frações dos agregados usados neste estudo.

A tabela 9 mostra os valores encontrados para as características da mistura com teor de ligante de projeto de 5,3% (CA TUPY e CA FAGOR). Estes em comparação com o preconizado na norma DNIT 031/2004-ES.

Tabela 9 – Parâmetros físicos e mecânicos das misturas asfálticas estudadas

Características	Capa de Rolamento	CA TUPY	CA FAGOR
	(DNIT 031/2006 - ES)	5.3% CAP	5.3% CAP
Porcentagem de vazios (%)	3 a 5	3,8	4,08
Relação Betume/vazios (%)	75 - 82	78,00	77,00
Estabilidade mínima (kgf)	500	916,00	942,00
Resistência à Tração por Compressão Diamentral estática a 25°C, mínima (MPa)	0,65	0,92	0,95

4. CONSIDERAÇÕES SOBRE A PISTA EXPERIMENTAL

A fim de verificar o comportamento e desempenho das misturas com RAF/ADF, sob atuação de cargas do tráfego e variações climáticas, foi proposta a execução de uma pista experimental com o devido monitoramento estrutural/mecânico e ambiental.

O segmento experimental foi realizado na Estrada dos Tenentes, aberta ao tráfego comercial com VMD de aproximadamente 44 veíc./dia, correspondendo a $N=1,1 \times 10^6$ (eixo padrão de 8,2 ton.) para o período de projeto de 10 anos. Esta via está localizada às margens da BR/381 – Rodovia Fernão Dias e faz ligação entre o centro do município de Extrema-MG e o bairro dos Tenentes. A



Figura 8 – Localização do segmento experimental

figura 8 mostra a localização da pista experimental com a subdivisão dos segmentos. Foram executados seis diferentes segmentos de mistura asfáltica, cada um com aproximadamente 20m de extensão com diferentes tipos de materiais, conforme descrito a seguir:

Pré-misturado

a Frio – PMF

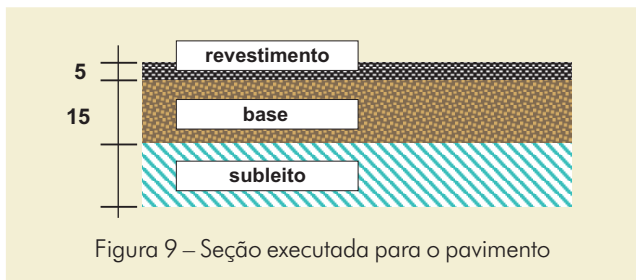
- 1º Segmento: com agregado miúdo de rocha triturada [Fria Normal (FN)]
- 2º Segmento: com substituição de agregados finos com areia de fundição Fagor [Frio Fagor (FF)]
- 3º Segmento: com substituição de agregados finos por areia de fundição Tupy [Frio Tupy (FT)]

Concreto asfáltico – CA

- 4º Segmento: com agregado miúdo de rocha triturada [Quente Normal (QN)]
- 5º Segmento: com substituição de agregados finos por areia de fundição Fagor [Quente Fagor (QF)]
- 6º Segmento: com substituição de agregados finos por areia de fundição Tupy [Quente Tupy (QT)]

A extensão executada foi de aproximadamente 120m, com plataforma média de 6,50m. A estrutura proposta é formada por 5cm de espessura de revestimento em CA (concreto asfáltico) e PMF (pré-misturado a frio),

15cm de base composta com material tipo bica corrida fornecida pela própria PME (Prefeitura Municipal de Extrema) assente sobre subleito heterogêneo. A figura 9 ilustra a seção executada para o pavimento na pesquisa.



A cada trecho teste de pavimentação, foram instalados sistemas de drenagem da água pluvial que transpassa o pavimento para posterior coleta e verificação de uma possível contaminação do solo devido os diferentes



tipos de areia de fundição. Os tubos de coleta foram instalados no meio de cada trecho, evitando desta forma a contaminação dos materiais de trechos vizinhos, conforme figura 10.

A figura 11 mostra algumas etapas de construção da pista experimental no município de Extrema-MG.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nos corpos-de-prova moldados no Laboratório do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), foram realizados os ensaios mecânicos de resistência à tração por compressão diametral (DNER-ME 138/94), módulo de resiliência de misturas asfálticas (DNER-ME 133/94), e fa-

diga à compressão diametral à tensão constante (PINTO, 1991). Todos estes ensaios foram realizados na temperatura de 25°C.

Para determinação da resistência à tração e módulo de resiliência, foram realizados, para cada mistura, ensaios com três corpos-de-prova cilíndricos. Para o cálculo do módulo, foi usado o valor de 0,30 para o coeficiente de Poisson (μ). A análise da vida de fadiga para as misturas asfálticas foi feita em corpos-de-prova cilíndricos com condição de carga dinâmica à tensão controlada (TC) por compressão diametral à tração indireta, à frequência de 1Hz e tempo de carregamento de 0,1s, com as cargas verticais induzindo tensões de tração no centro da amostra com 10%, 20%, 30% e 40% da resistência à tração estática, com três corpos-de-prova para cada nível de tensão.

A Tabela 10 apresenta os resultados médios da resistência à tração por compressão diametral (RT) das misturas analisadas.

Tabela 10 – Resistência à tração por compressão diametral (RT) das misturas estudadas

Misturas	RT a 25°C Média (MPa)	S (MPa)
CA TUPY c/ 10% RAF	0,92	0,04
CA FAGOR c/ 8% RAF	0,95	0,02
PINTO (1991)	0,62	0,03

O procedimento para obtenção do módulo de resiliência consistiu na determinação de três valores do módulo durante a realização de três ciclos de ensaio para cada corpo-de-prova. Cada ciclo foi composto por uma quantidade determinada de golpes de condicionamento e 10 golpes para a determinação do módulo. Para o primeiro ciclo, foram aplicados 40 golpes de condicionamento e, para os dois últimos ciclos, 10 golpes de condicionamento. Observa-se que das misturas estudadas a que apresentou maior valor de MR, assim como maior MR/RT, foi a mistura CA TUPY, apesar do mesmo teor de ligante entre as duas misturas estudadas. Entretanto, os valores encontrados estão compatíveis com o tipo de ligante empregado.

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados dos módulos de resiliência (MR), os valores da resistência à tração estática das misturas (RT) e a relação (MR/RT).



(a)
Trecho
original



(b)
Deflexões
recuperáveis



(c)
Regularização
da base



(d)
Compactação
do subleito



(e)
Regularização
da base



(f)
Compactação
da base



(g)
Pintura de
ligação



(h)
Revestimento
tipo PMF



(i)
Revestimento
tipo CA



(j)
Trecho
asfaltado

Figura 11 – Algumas etapas de construção da pista experimental (Extrema – MG)

Tabela 11 – Resultados do módulo de resiliência (MR) e relação MR/RT das misturas experimentais

Misturas	Teor de ligante de Projeto %	MR Médio (MPa)	RT Média (MPa)	MR/RT
CA TUPY c/ 10% RAF	5.3	3987	0,92	4333,7
CA FAGOR c/ 8% RAF	5.3	3179	0,95	3346,32
PINTO (1991)	–	4020	0,62	6483,87

Os valores encontrados mostraram-se compatíveis com aqueles usualmente encontrados segundo Pinto (1991).

A Tabela 12 mostra as equações geradas nos ensaios de fadiga expressas como uma função da diferença de tensões ($\Delta\sigma$) inicial em MPa e seus coeficientes (K_1 e n_1). A Figura 12 mostra os gráficos das relações obtidas entre a vida de fadiga versus diferença de tensões das misturas. Observa-se boa correlação entre os pontos experimentais e as curvas ajustadas, conforme os coeficientes de determinação superiores a 0,90 nas duas misturas analisadas. Verifica-se também que o com-

Tabela 12 – Características de fadiga à tensão controlada das misturas asfálticas estudadas

Misturas	$N = K_1 (1/\Delta\sigma)^{n_1}$		R^2
	K_1	n_1	
CA TUPY c/ 10% RAF	1093,2	2,30	0,96
CA FAGOR c/ 8% RAF	1715,3	3,25	0,97
PINTO (1991)	$1,97 \times 10^3$	2,86	0,98

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos em laboratório, o uso de areia de fundição de ferro descartada em misturas asfálticas a quente conferiu características similares às observadas com areia convencional (areia de rio ou cava), ou seja, comportamento a fadiga, módulo de resiliência e resistência à tração por compressão diametral. Entretanto, este estudo é complementado levando-se em consideração aspectos mecânicos de comportamento e desempenho da pista experimental (verificação em condições reais, sob atuação de cargas do tráfego, variações climáticas de temperaturas e efeito da umidade, bem como a avaliação estrutural através de medidas deflectométricas com viga benkelman). Para as misturas do tipo PMF, recomenda-se estudar um procedimento de projeto de misturas utilizando areia descartada de fundição como agregado para amostras moldadas em laboratório, uma vez que apenas as amostras do tipo CA foi avaliada.

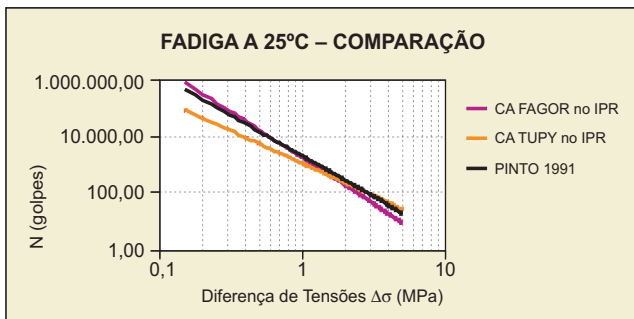


Figura 12 – Vida de fadiga versus diferença de tensões $\Delta\sigma$ (MPa)

portamento à fadiga do CA FAGOR é melhor que o observado na mistura CA TUPY à medida que decresce o nível de tensão, embora não seja conveniente analisar diretamente curvas de fadiga de misturas distintas fora do contexto de uma análise envolvendo toda a estrutura do pavimento quando os valores de MR são diferentes.

Bibliografia consultada e citada

- ABNT NBR 10.004. (1987a) *Resíduos Sólidos – Classificação*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 33.
- ABIFA. (2007), capturado em http://www.abifa.com.br/indices_de_mercado.php.abril/2007.
- ABNT NBR 10.007. (1987d). *Amostragem de Resíduos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 25.
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7216. *Amostragem de Agregado – Método*: sem data.
- BENEVIDES, S. A. S. (2000). *Análise Comparativa dos Métodos de Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos: Empírico do DNER e da Resiliência da COPPE/UFRJ em Rodovias do Estado do Ceará*. Rio de Janeiro-RJ.

- BONET, Ivan Iderado. (2002). *Valorização do resíduo areia de fundição (RAF). Incorporação nas massas asfálticas do tipo CBUQ*. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia. Florianópolis.
- BINA, Paulo. (2002). *Metodologia de utilização de rejeitos industriais na pavimentação: estudo de caso de uso de areia de fundição*. Mestrado Profissional em Habitação (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), São Paulo-SP.
- COUTINHO NETO, Benedito. (2004). *Avaliação do reaproveitamento de areia de fundição como agregado em misturas asfálticas densas*. 304 p. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- CASTELO BRANCO, Verônica Teixeira Franco (2004). *Caracterização de Misturas Asfálticas Com o Uso de Escória de Aciaria como Agregado*. [Rio de Janeiro] 2004 XVIII, 135 p. (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil)
- DNER (1995) ME 043 – *Misturas betuminosas a quente – Ensaio Marshall*. Rio de Janeiro.
- DNER (1997) PRO 120 – *Coleta de Amostras de Agregados*. Rio de Janeiro.
- DNER (1996) PRO 199 – *Redução de Amostras de Campo de Agregados para ensaio de laboratório*. Rio de Janeiro.
- DNER (1998) ME 083 – *Agregados – Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro.
- DNER (1994a) ME 138 – *Misturas Betuminosas – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Rio de Janeiro.
- DNER (1994b) ME 133 – *Misturas Betuminosas – Determinação do Módulo de Resiliência*, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Rio de Janeiro.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT ES – 031/2006 *Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico*. Rio de Janeiro.
- DEMIRBAS, Ayhan; Koyuncu Hakan. (2006). *An investigation of waste foundry sand in asphalt concrete mixtures*. *Waste Management Research* 2006; 24; 269.
- Federal Highway Administration Environmental Protection Agency (2004). *Foundry Sand Facts for Civil Engineers* Washington, DC.
- HILTUNEN D., ROQHE R. and WU X. (1992). *Beneficial Reuse of Foundry Residual Wastes Pennsylvania: Physical Characterization of Materials*. Pennsylvania State University.
- MARIOTTO, C.L. (1984). *Areias de Fundição: Alguns Desenvolvimentos e Perspectivas*, Comunicação Interna 134 - 16 pág. – IPT – São Paulo.
- MOTTA, L. M. G., MEDINA, J., SOUSA, A. M. (2002). *Características de fadiga e resiliência de concretos asfálticos brasileiros*. 16º Encontro de Asfalto, Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP), Rio de Janeiro.
- PEREIRA, Raquel Luísa. (2005). *Reaproveitamento do Resíduo de Areia Verde de Fundição como Agregado em Misturas Asfálticas*. Relatório preliminar apresentado ao Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas. UFPR, 2005.
- PINTO, S. e MOTTA. L. M. G da (1995). *Catálogo de Curvas de Fadiga*. *Boletim Técnico nº 16 da ABPv*.
- PINTO, S. (1991). *Estudo do comportamento à fadiga de misturas betuminosas e aplicação na avaliação estrutural de pavimentos*, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- SOARES, J. B., L. M. G. Motta, J. A Paiva, & J. V. Castelo Branco (2000). *Propriedades Mecânicas de Misturas Asfálticas com Variação de Granulometria e de CAP*, 150. Encontro de Asfalto do IBP, Rio de Janeiro-RJ.

Correlação entre os levantamentos visual contínuo e de irregularidade longitudinal em rodovias estaduais do Ceará

Sérgio Armando de Sá e Benevides

sergio@det.ufc.br

Laura Maria Goretti da Motta

laura@geotec.coppe.ufrj.br

Carlos Roberto Cunha

carlosr.cunha@uol.com.br

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar a correlação entre os levantamentos visual contínuo (LVC) e de irregularidade longitudinal em rodovias estaduais do Ceará. Foram selecionados 72 trechos com três tipos de revestimento, sendo 42 em CBUQ, 10 em AAUQ e 20 em TSD. Os valores do Índice Internacional de Irregularidade – IRI – foram determinados com o perfilômetro inercial a laser com três sensores e no LVC foram levantados os defeitos/severidades. Equações de regressão foram estabelecidas usando Análise da Variância (ANOVA). Os resultados apresentaram uma correlação aceitável entre o IRI e a trinca de fadiga (TF) e entre o IRI e o remendo (REM) nos trechos estudados.

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the correlation between the Pavement Condition and Inventory Surveys (visual observations) and the values of the International Roughness Index – IRI – of the pavements investigated in state roads of Ceará. Seventy two subsections of the state road network were selected with 3 different surface courses: 42 hot asphalt mix (HMA), 20 surface treatments and 10 sand-asphalt. In the statistical regression models, the values of the International Roughness Index – IRI of the pavements investigated, measured with an inertial laser profilometer with 3 sensors were correlated with the distress/severity obtained in Pavement Condition and Inventory Surveys. The results indicated an acceptable correlation between IRI and the distress/severity fatigue, and IRI with patch for the sections investigated.

1. INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP) têm como características essenciais: (1) O processo de otimização, ou seja, o processo de seleção sob restrição financeira (no tempo e no espaço), o qual deverá permitir, entre outras vantagens, produzir ordens e prioridades nas ações a realizar; (2) O controle de ativi-

dade em toda a escala da Gerência, sendo este ponto fundamental que se baseia na explicitação dos critérios de seleção e dos motivos de ação. A avaliação de pavimentos é uma das etapas mais importantes por ser o ponto de partida para as futuras decisões neste sistema. Esta atividade possibilita que sejam estudadas as condições estruturais e funcionais dos pavimentos, adotando-se os procedimentos e as metodologias que mais

bem se adaptem às características dos trechos de uma malha viária.

O objetivo fundamental dos procedimentos para avaliação de pavimentos é fornecer dados para projetos de manutenção e de reabilitação (M&R) para o SGP. Esses procedimentos devem ser adequados às características dos pavimentos da rede em estudo para que se possam atingir as metas almejadas. As condições funcionais e estruturais de um pavimento devem ser avaliadas por procedimentos adequados às suas características, utilizando-se várias metodologias para levantamento de defeitos que surgem na superfície dos pavimentos. Vários fatores, tais como clima, solicitação do tráfego, características dos materiais e processos construtivos, atuando de forma isolada ou simultânea, são as causas destes defeitos.

As condições superficiais de um pavimento podem ser avaliadas de forma subjetiva, por meio de índices de serventia, ou objetiva, como, por exemplo, através da irregularidade longitudinal. Este parâmetro internacionalmente utilizado é medido por uma escala de referência conhecida como IRI – Índice de Irregularidade Internacional (*International Roughness Index*). No presente trabalho, os valores do IRI foram obtidos utilizando-se um perfilômetro a laser.

Os dados de levantamentos visuais contínuos (LVC) utilizados nesta investigação foram coletados efetuando-se levantamentos visuais da superfície dos pavimentos (pista e acostamento), onde um técnico registra o quilômetro de início e de final de cada defeito (ou marco de início mais distância e marco final mais distância) e a severidade observada. O carro trafega com uma velocidade média de 20km/h. Depois esses números são processados e obtém-se uma nota associada a uma escala de qualidade.

Esta pesquisa teve como objetivo correlacionar os valores do IRI e do LVC obtidos em rodovias estaduais do Ceará. Foram selecionados 72 trechos situados na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). A análise foi feita por tipo de revestimento. Dos 72 trechos selecionados, 42 têm revestimento em CBUQ, 20 em TSD e 10 em AAUQ.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um SGP deve fornecer o maior número possível de informações necessárias, permitindo que os tomadores de decisão possam escolher as melhores estratégias de M&R

e, posteriormente, analisar e avaliar os resultados. Por outro lado, um sistema de gerência tem por finalidade fundamental a missão de facilitar e embasar as tomadas de decisões. As relações entre parâmetros não devem, necessariamente, resultar de uma análise matemática complexa. O essencial é que elas sejam admitidas e entendidas pela maioria dos usuários do sistema e consideradas como representativas da situação real. O SGP tem como principais metas proporcionar um atendimento aceitável ao público de modo geral e ser apropriado à estrutura do órgão (PATERSON, 1987). Citando-se AASHTO (1990), define-se: "Um SGP é projetado como uma ferramenta de planejamento estratégico para a administração superior e como uma ferramenta de engenharia para os tomadores de decisões técnicas".

Domingues (1993) destaca que, ao se avaliar um pavimento, deve ser considerado, além das normas técnicas, o padrão da rodovia e que sejam ainda atendidas às necessidades do usuário. Conseqüentemente, deve haver compatibilidade com a política adotada pelo órgão responsável. Há visíveis diferenças nas necessidades de um pavimento de uma auto-estrada se comparadas com as de uma rodovia vicinal. Cada pavimento deve ser avaliado de uma forma que seja compatível com as características e com o padrão da rodovia, assim como com as categorias de veículos que utilizam a via.

Na análise das avaliações das condições dos pavimentos, é imprescindível que sejam definidos os seguintes itens (HAAS et al., 1994; AASHTO, 1993; KUO et al., 2003): os segmentos de pavimentos (com todos os detalhes, tais como tipo de pavimento e condição atual); seleção e verificação da eficácia das alternativas de M&R; um plano de investimento em função das restrições orçamentárias para estabelecer as prioridades; modelos de curvas para previsão de deterioração; determinação dos parâmetros que serão utilizados para a previsão da taxa de deterioração; criação de um banco de dados com as informações originadas do inventário e de um cadastro.

Os pavimentos, segundo o *Strategic Highway Research Program* (SHRP, 1993), podem, por diversas razões, apresentar uma gama variada de patologias, aqui denominadas de defeitos. Os defeitos nos pavimentos se refletem em danos na superfície e podem ser causados por imperfeição nas construções, pelo meio ambiente e também por solicitação do tráfego. Afetam a serventia, as capacidades funcionais e estruturais dos pavimentos, causando

desconforto aos usuários. Um defeito em fase inicial, por exemplo, uma trinca, caso não seja devidamente selada, pode causar o agravamento das condições inadequadas do pavimento.

O levantamento de defeitos tem como finalidade a identificação e a quantificação da extensão da área afetada e da severidade em cada tipo de defeito. Estas informações possibilitam que sejam avaliadas e monitoradas as condições do pavimento em função do tempo, caracterizando a condição do pavimento e estabelecendo as causas da deterioração. É essencial coletar dados sobre a localização e a evolução de cada tipo de defeito para que possam ser estabelecidas e definidas as estratégias de intervenção e as atividades de M&R (MARCON, 1996; YSHIBA, 2003).

A irregularidade longitudinal, conforme citado na literatura por diversos autores, é, atualmente, o parâmetro mais utilizado internacionalmente para a avaliação funcional de pavimentos. Ela é decorrente de problemas de construção ou de defeitos oriundos da ação do tráfego e do clima, principalmente das deformações permanentes do revestimento e do subleito. As especificações da *American Society for Testing and Materials – ASTM E-867-82A* de 1982, conforme Paterson (1987), definem as irregularidades longitudinais como sendo “os desvios da superfície de um pavimento em relação a uma superfície plana, com características e dimensões que afetam a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento, o carregamento dinâmico e a drenagem”.

Nas últimas três décadas, vários estudos apontaram a irregularidade longitudinal como sendo o parâmetro que mais causava desconforto aos usuários. Mas desde os estudos da AASHO, Carey e Irick (1960) mostraram a grande influência que tem a irregularidade longitudinal, na opinião dos motoristas, sobre a qualidade de serventia da superfície dos pavimentos. Fazendo referência a outros trabalhos, foram apontadas por Ksaibati et al. (1998) alguns efeitos associados com a irregularidade: sensação de desconforto ao usuário pela má qualidade de rolamento, menor segurança, ruídos e desgastes dos pneus.

3. LEVANTAMENTOS

3.1 Procedimentos e resultados do levantamento visual contínuo – LVC

Foi efetuado em 2005 o LVC dos 72 trechos escolhidos nesta pesquisa (BENEVIDES, 2006). O LVC foi realiza-

do em apenas uma das faixas de tráfego, sendo escolhida para ser inventariada a de pior condição. Em se tratando de pista dupla, foi levantada cada pista independentemente.

Primeiramente é identificado o início e o final da ocorrência de cada defeito, registrando em equipamento adequado. Caso não seja percebido o início de um defeito e o mesmo venha a ser verificado posteriormente, deverá ser registrado em fichas manuais e, em escritório será feita a inserção no arquivo de dados. A equipe de campo é composta de um engenheiro e um técnico (motorista), treinados em levantamentos de baixa velocidade e em segurança. Foram utilizados os seguintes equipamentos: um veículo de passeio devidamente equipado com instrumentos adequados para o LVC, conforme mostrado na Figura 1, com boa visibilidade, ou seja, o corpo do veículo não dificulta a definição e a localização dos defeitos; um hodômetro digital de precisão, com erro inferior a 0,5%; um Giroflex (sinalizador luminoso); um notebook comum; croquis dos trechos.

Na Figura 2 é mostrada a tela utilizada no início do levantamento em um dos trechos selecionados nesta pesquisa, mostrando os defeitos levantados e as respectivas severidades, que serão indicados no coletor de dados. Depois de anotadas as quantidades de defeitos, o sistema é alimentado através de tabelas em formatos predefinidos. Essas quantidades são importadas na forma de extensão de cada defeito, sendo as mesmas posteriormente transformadas em percentuais padronizados, adotando-se “pesos” para cada defeito e cada severidade. Assim, se, por exemplo, tem-se uma trinca de fadiga de severidade 1, é aplicado o Fator de Equivalência (peso) 0,05. Os percentuais de cada severidade são somados, obtendo-se o percentual padrão do respectivo defeito. O mesmo ocorre para todos os defeitos. O Fator de Equivalência de Defeitos transforma vários defeitos/severidades em defeitos equivalentes, ou seja, a extensão de cada defeito/severidade é ponderada por um fator correspondente arbitrado, chamado de Fator de Equivalência de Defeito. O resultado desta operação gera o Defeito Padrão, equação 1.

$$\text{Defeito Padrão } 1 (\%) = \frac{\sum_{n=1,2,3} \text{Ser.}n \text{ do Defeito } 1 \times \text{fator da Ser. do Defeito } 1}{\text{Extensão do Total do Trecho}} \times 100 \quad (1)$$

No caso dos segmentos em tratamento superficial, especialmente simples e duplo, não é aceito de forma geral



Figura 1 – Interior de um veículo equipado com instrumentos adequados para o LVC.

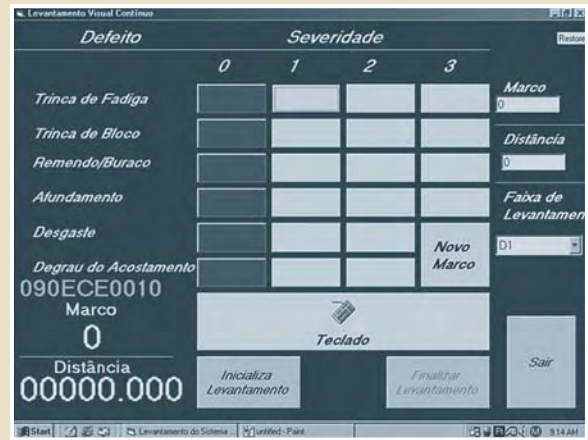


Figura 2 – Exemplo de tela de início do levantamento de um dos trechos escolhidos (090ECE0010) nesta pesquisa.

no meio técnico especializado o conceito de que este tipo de revestimento esteja sujeito à fadiga. No entanto, por falta de método específico de avaliação deste tipo de revestimento, e considerando critérios de distinções entre formas de trincas não facilmente correlacionáveis a causas numa análise visual do tipo LVC, neste trabalho ad-

mitiu-se a mesma denominação que vem sendo usada no órgão estadual em seus levantamentos.

A Tabela 1 apresenta um exemplo do cálculo realizado pelo sistema para chegar aos percentuais padrões dos defeitos do trecho 060ECE0050D. Observa-se a predominância de trincas de fadiga de alta severidade no

Tabela 1 – Determinação da % Padrão de Defeitos do trecho 060ECE0050D

DEFEITO	SEVERIDADE	EXT. (m)	FATOR DE EQUIVALÊNCIA DE DEFEITOS	% PADRÃO DEFEITOS
Trinca de Fadiga	0	4.933	0	0,0
Trinca de Fadiga	1	127	0,05	0,1
Trinca de Fadiga	2	283	0,5	2,4
Trinca de Fadiga	3	466	1	8,0
Trinca de Bloco	0	5.804	0	0,0
Trinca de Bloco	1	1	0,05	0,0
Trinca de Bloco	2	4	0,4	0,0
Trinca de Bloco	3	0	0,7	0,0
Remendo	0	5.790	0	0,0
Remendo	1	0	0	0,0
Remendo	2	1	0,4	0,0
Remendo	3	18	1	0,3
Afundamento	0	5.608	0	0,0
Afundamento	1	189	0,05	0,2
Afundamento	2	12	0,3	0,1
Afundamento	3	0	1	0,0
Desgaste	0	5.809	0	0,0
Desgaste	1	0	0,05	0,0
Desgaste	2	0	1	0,0

trecho. O percentual padrão da trinca de fadiga é o somatório dos percentuais das severidades 1, 2 e 3, ou seja, neste caso, $0,1\% + 2,4\% + 8,0\% = 10,5\%$. Efetuados os cálculos, são verificados os conceitos atribuídos para os trechos em função dos critérios estabelecidos para cada tipo de defeito e do tráfego médio ou baixo. Prepondera o pior conceito. Nos casos referidos, para o trecho 060ECE0050D, tráfego médio, trinca de fadiga 10,5%, o conceito atribuído é Bom.

3.2 Levantamento das irregularidades longitudinais

Para os levantamentos das irregularidades longitudinais, efetuados em três etapas em junho de 2006, foi utilizado um aparelho tipo perfilômetro inercial a laser. Este equipamento é constituído de um sistema de medição dos perfis longitudinal e transversal de pavimentos rodoviários, que realiza suas medições com o auxílio de medidores de distância (veículo-pavimento), sem contato (a laser), medidores de aceleração vertical do veículo (acelerômetros), de um sistema preciso de medição de deslocamento/velocidade. É gerenciado por um sistema microprocessado, que coordena a aquisição dos dados e os envia a um computador portátil, em tempo real, através de uma porta do tipo USB. Agrega ainda outras possibilidades, entre as quais a medição concomitante do afundamento plástico em trilhas de roda, quando provido de um terceiro sensor.

O sistema é capaz de realizar as medições à frequência de aproximadamente 1.700 medidas por segundo, em cada um dos sensores (trabalhando com dois módulos a laser e dois acelerômetros). O sistema, que tem sua operação gerenciada por um computador portátil, pode ser fixado em veículo de passeio comum. A velocidade de deslocamento do veículo pode variar durante as medições e não tem um limite superior, o que permite, conforme as condições de segurança, que o levantamento seja realizado a 110km/h, por exemplo. Entretanto, é recomendado que os levantamentos não sejam realizados a velocidades inferiores a 30km/h. A barra que suporta os sensores pode ser fixada tanto na parte dianteira quanto na parte traseira de um veículo qualquer (CIBERMÉTRICA, 2005). A Figura 3 ilustra o equipamento e a disposição dos sensores na traseira do veículo. Nesta pesquisa, esta disposição apresentada dos



Figura 3 – Ilustrando o equipamento a laser e a disposição dos sensores na traseira do veículo na posição considerada normal.

sensores será considerada como na “posição normal”. São os seguintes os componentes do equipamento a laser utilizado nesta pesquisa: três módulos de medição a laser; dois acelerômetros instalados dentro dos módulos a laser; sistema de medição de velocidade/deslocamento para ser instalado em rodas de veículo de passeio; interface de comunicação entre o computador e o sistema; suporte fixável (no lugar de engate) no veículo de passeio escolhido; perfil especial de alumínio, fixável no suporte veicular, onde são livremente posicionados os módulos laser ao longo de qualquer ponto da largura do veículo; um Giroflex para sinalização do veículo; cabos de ligação entre os componentes; fonte para alimentação dos sensores, conectada na bateria do veículo; *software Ciberlogger* para coleta dos dados (para Windows) e para a determinação dos perfis longitudinais dos pavimentos, Figura 4; *software Ciphershell* para o cálculo do IRI, Figura 5.

Perfis e coeficientes utilizados neste estudo para as equações do IRI

No Brasil, é corrente o uso da avaliação da irregularidade pelo QI, e neste caso o programa de cálculo de conversão baseia-se em um intervalo de 0,50m e não 0,25m como descrito na norma ASTM E 1364 – 95 (revista em 2000). Assim, nesta pesquisa, o perfil utilizado, para fazer uma aproximação com a calibração utilizada no Brasil, tem espaçamento (dx) de 0,50m, como nos levantamentos em nível e mira. Foram utilizados os coeficientes para o algoritmo de cálculo, e as equações desenvolvidas por SAYERS et al. (1986).

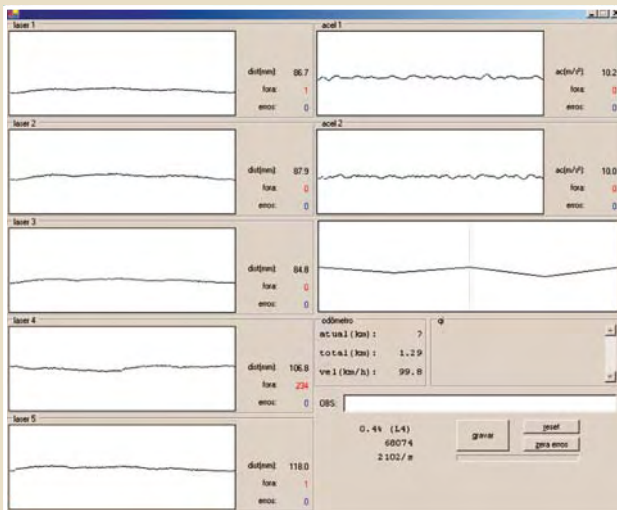


Figura 4 – Tela do Software Cyberlogger.

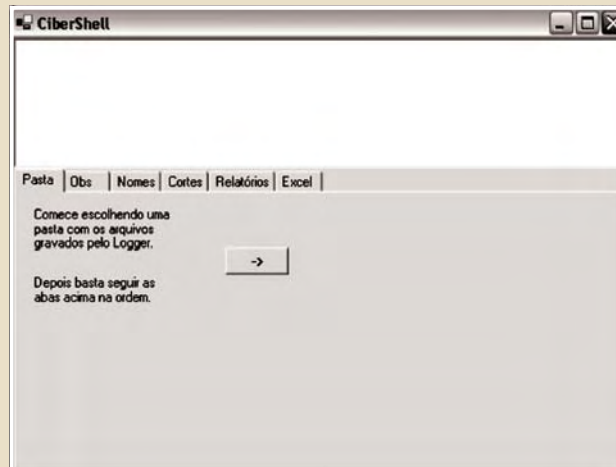


Figura 5 – Tela inicial do Cibershell.

4. RESULTADOS E MODELOS CORRELACIONANDO IRI E DEFEITOS/SEVERIDADE MEDIDOS NO LVC

Para a determinação de modelos estatísticos correlacionando o IRI e os defeitos/severidades, foram utili-

zados os resultados do LVC efetuados em 2005 e do IRI_{médioconf} com os sensores na posição normal, por família de revestimento – Tabelas 2, 3 e 4 – nos 72 trechos da RMF, por tipo de revestimento. Foram estabelecidas equações de regressão, sendo usados os programas Microsoft

Tabela 2 – Resultados do IRI_{médioconf} e defeitos dos trechos em TSD

Trechos em TSD	IRI médio conf.	TF	TB	REM	AFUND	DES	TF + TB
47-085ECE0030D	5,14	45	0	31	4	11	45
48-085ECE0030E	5,73	48	0	27	5	12	48
49-085ECE0050D	3,68	8	1	1	0	0	9
50-085ECE0050E	4,71	8	1	1	0	0	9
51-085ECE0070D	3,74	4	0	1	0	0	4
52-085ECE0070E	4,09	4	0	1	0	0	4
53-085ECE0090D	3,66	3	1	1	0	0	4
54-085ECE0090E	4,26	3	1	1	0	0	4
55-085ECE0110D	3,51	2	0	1	0	0	2
56-085ECE0110E	3,68	2	0	1	0	0	2
57-085ECE0130D	3,27	2	0	2	0	0	2
58-085ECE0130E	3,86	2	0	2	0	0	2
59-085ECE0150D	3,46	20	0	6	0	0	20
60-085ECE0150E	5,19	20	0	6	0	0	20
61-085ECE0170D	3,13	1	0	0	0	0	1
62-085ECE0170E	3,36	1	0	0	0	0	1
63-090ECE0010D	4,8	51	2	16	0	1	53
64-090ECE0010E	4,8	51	2	16	0	1	53
71-341ECE0070D	2,62	0	0	0	0	0	0
72-341ECE0070E	2,89	0	0	0	0	0	0

Tabela 3 – Resultados do IRI_{médioconf} e defeitos dos trechos em CBUQ

Trechos em CBUQ	IRI médio conf.	TF	TB	REM	AFUND	DES	TF + TB
01-025ECE0010D	3,75	7	2	1	0	0	9
02-025ECE0010E	4,15	7	2	1	0	0	9
07-040ECE0010D	3,64	1	3	2	0	0	4
08-040ECE0010E	3,16	3	0	0	0	0	3
09-040ECE0030D	3,48	0	0	0	0	0	0
10-040ECE0030E	3,19	0	0	0	0	0	0
11-040ECE0050D	2,93	0	0	0	0	0	0
12-040ECE0050E	2,77	0	0	0	0	0	0
13-040ECE0070D	2,4	0	0	0	0	0	0
14-040ECE0070E	2,29	1	1	0	0	0	2
15-040ECE0090D	3,21	1	1	0	0	0	2
16-040ECE0090E	2,44	0	1	0	0	0	1
17-040ECE0110D	3,39	0	0	0	0	0	0
18-040ECE0110E	2,86	0	0	0	0	0	0
19-040ECE0130D	2,64	0	2	0	0	0	2
20-040ECE0130E	2,43	0	2	0	0	0	2
21-040ECE0150D	2,65	1	4	0	0	0	5
22-040ECE0150E	2,3	1	4	0	0	0	5
23-040ECE0170D	2,54	0	1	0	0	0	1
24-040ECE0170E	2,57	0	1	0	0	0	1
25-060ECE0010D	3,79	14	1	0	0	1	15
26-060ECE0010E	3,14	8	1	0	0	0	9
27-060ECE0030D	4,26	8	4	3	0	0	12
28-060ECE0030E	3,19	6	1	2	0	1	7
29-060ECE0050D	3,27	11	1	0	1	0	12
30-060ECE0050E	3,1	7	1	1	1	1	8
31-060ECE0070D	2,9	4	1	0	0	1	5
32-060ECE0070E	2,67	4	1	0	0	1	5
33-060ECE0090D	3,45	1	0	1	0	1	1
34-060ECE0090E	3,19	5	0	0	1	5	5
35-060ECE0110D	3,02	9	1	4	0	0	10
36-060ECE0110E	3,43	9	1	4	0	0	10
37-060ECE0130D	2,83	13	1	1	0	0	14
38-060ECE0130E	2,69	13	1	1	0	0	14
39-060ECE0150D	2,9	16	1	2	0	0	17
40-060ECE0150E	3,13	16	1	2	0	0	17
41-065ECE0010D	6,75	15	4	10	0	0	19
42-065ECE0010E	9,89	15	4	10	0	0	19
43-065ECE0030D	2,89	13	1	1	0	0	14
44-065ECE0030E	2,49	6	1	1	0	0	7
45-065ECE0050D	2,29	3	1	0	0	0	4
46-065ECE0050E	2,29	0	3	0	0	0	3

Tabela 4 – Resultados do IRI_{médioconf} e defeitos dos trechos em AAUQ

Trechos em AAUQ	IRI médio conf.	TF	TB	REM	AFUND	DES	TF + TB
03-025ECE0030D	4,57	15	4	0	0	0	19
04-025ECE0030E	4,47	15	4	0	0	0	19
05-025ECE0050D	3,48	0	0	0	0	0	0
06-025ECE0050E	2,86	0	0	0	0	0	0
65-341ECE0010D	3,18	0	38	1	0	0	38
66-341ECE0010E	2,98	0	38	1	0	0	38
67-341ECE0030D	2,34	0	6	0	0	0	6
68-341ECE0030E	2,35	0	6	0	0	0	6
69-341ECE0050D	2,45	0	5	0	0	0	5
70-341ECE0050E	2,29	0	5	0	0	0	5

Office Excel e SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) e utilizando a Análise da Variância (ANOVA). Os valores do IRI_{médioconf} foram obtidos tirando a média dos resultados do IRI nas trilhas interna e externa e aplicando o critério de confiabilidade com intervalo de confiança de 95%. O IRI médio com confiabilidade de 95% (IRI_{médioconf}) é calculado pela equação 2:

$$IRI_{médioconf} = IRI_{médio} + 1,64 \sigma \quad (2)$$

Na Tabela 5, são mostrados os modelos de correlação entre os valores do IRI_{médioconf} e dos defeitos/severidade em função do teste *F* de Snedecor em 42 trechos da RMF com revestimento em CBUQ. Verifica-se que os valores de *F* são maiores do que o $F_{0,05, 1, 41} = 4,08$, valor crítico, nos defeitos TF, REM e (TF + TB) e que não há correlação entre o IRI e os defeitos TB, AFUND e DES. Na Figura 6, é mostrada a equação, o coeficiente de determinação (R^2) e o gráfico do modelo que correlaciona o IRI com o REM.

A Tabela 6 apresenta os resultados estatísticos considerando-se os 20 trechos selecionados com revestimento em

TSD. Observa-se que não há correlação entre o IRI e o defeito TB e que os valores *F* são maiores do que o $F_{0,05, 1, 19} = 4,39$, valor crítico para os demais defeitos. Na Figura 7, são mostrados a equação, o coeficiente de determinação (R^2) e o gráfico dos modelos que correlacionam o IRI com o defeito trinca de fadiga (TF) para os revestimentos em TSD.

Naturalmente outros modelos não lineares poderiam eventualmente se ajustar melhor aos dados analisados.

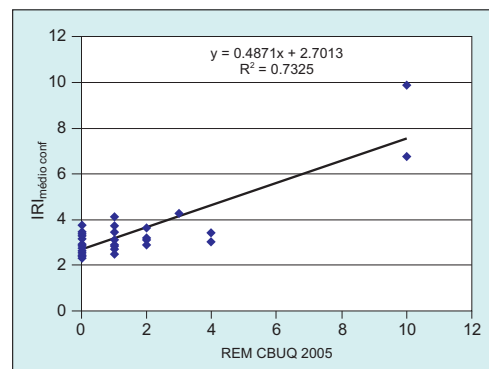


Figura 6 – Gráfico, equação e R^2 do modelo IRI_{médioconf} × REM em 42 trechos da RMF com revestimento em CBUQ

Tabela 5 – Resultados da análise dos modelos de correlação entre os valores do IRI_{médioconf} e dos defeitos/severidade em função do *F* em 42 trechos da RMF com revestimento em CBUQ

Valores comparados	Modelo	F	F _{CRIT}	Resultado
IRI _{médioconf} × TF (42 trechos CBUQ)	$y = 0,1102 x + 2,6743 \quad R^2 = 0,2197$	11,26	4,08	Significante
IRI _{médioconf} × TB (42 trechos CBUQ)	–	0,03	4,08	Não é Significante
IRI _{médioconf} × REM (42 trechos CBUQ)	$y = 0,4871 x + 2,7013 \quad R^2 = 0,7325$	109,52	4,08	Significante
IRI _{médioconf} × AF (42 trechos CBUQ)	–	0,01	4,08	Não é Significante
IRI _{médioconf} × DES (42 trechos CBUQ)	–	0,64	4,08	Não é Significante
IRI _{médioconf} × (TF + TB) (42 trechos CBUQ)	$y = 0,1226 x + 2,4192 \quad R^2 = 0,2926$	15,71	4,08	Significante

Tabela 6 – Resultados da análise dos modelos de correlação entre os valores do $IRI_{\text{médioconf}}$ e dos defeitos/severidade em função do F nos 20 trechos da RMF com revestimento em TSD.

Valores comparados	Modelo	F	F _{CRIT}	Resultado
$IRI_{\text{médioconf}} \times TF$ (20 trechos TSD)	$y = 0,0344x + 3,506$ $R^2 = 0,5986$	26,84	4,39	Significante
$IRI_{\text{médioconf}} \times TB$ (20 trechos TSD)	–	2,34	4,39	Não é Significante
$IRI_{\text{médioconf}} \times REM$ (20 trechos TSD)	$y = 0,068x + 3,5914$ $R^2 = 0,5688$	23,74	4,39	Significante
$IRI_{\text{médioconf}} \times AF$ (20 trechos TSD)	$y = 0,3626x + 3,8158$ $R^2 = 0,3644$	10,31	4,39	Significante
$IRI_{\text{médioconf}} \times DES$ (20 trechos TSD)	$y = 0,1503x + 3,7912$ $R^2 = 0,3992$	11,96	4,39	Significante
$IRI_{\text{médioconf}} \times (TF + TB)$ (20 trechos TSD)	$y = 0,0337x + 3,5016$ $R^2 = 0,5964$	26,60	4,39	Significante

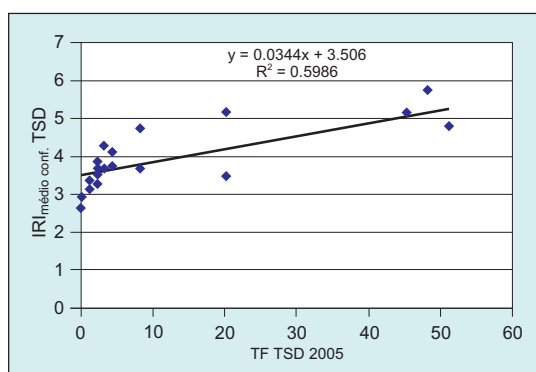


Figura 7 – Gráfico, equação e R^2 do modelo $IRI_{\text{médioconf}} \times TF$ nos 20 trechos da RMF com revestimento em TSD

No entanto, optou-se por mostrar somente as correlações lineares a título de indicar claramente os efeitos de cada variável. Uma correlação múltipla certamente pode resultar em um modelo mais sensível quando se pesquisa anteriormente a relevância de cada variável independente. No caso presente, alguns defeitos podem estar correlacionados entre si, o que influencia na análise. Maiores detalhes podem ser consultados em Benevides (2006).

Para os trechos com revestimento em AAUQ, os resultados apresentados na Tabela 7 indicam que só há correlação do IRI com os defeitos TF e (TF + TB). A Figura

8 mostra a equação, o coeficiente de determinação (R^2) e o gráfico dos modelos que correlacionam o IRI com o defeito TF para os revestimentos em AAUQ. A separação por tipo de revestimento no banco de dados desta pesquisa resultou em um grupo pequeno e relativamente muito homogêneo de dados para este subgrupo de areia asfalto. Mas como este tipo de revestimento é muito comum no estado do Ceará e em outros estados do Nordeste, resolveu-se incluir também estes dados. Como os trechos de AAUQ levantados foram poucos relativamente e a maior parte não apresentava trincamento,

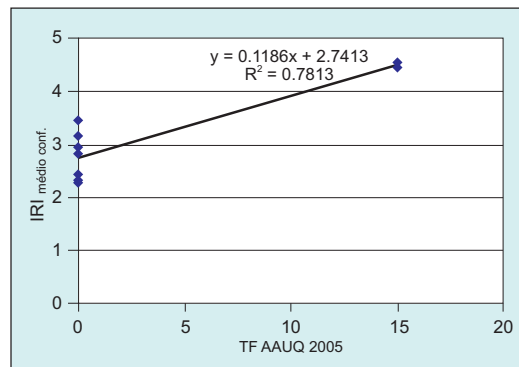


Figura 8 – Gráfico, equação e R^2 do modelo $IRI_{\text{médioconf}} \times TF$ nos 10 trechos da RMF com revestimento em AAUQ

Tabela 7 – Resultados da análise dos modelos de correlação entre os valores do $IRI_{\text{médioconf}}$ e dos defeitos/severidade em função do F nos 10 trechos da RMF com revestimento em AAUQ

Valores comparados	Modelo	F	F _{CRIT}	Resultado
$IRI_{\text{médioconf}} \times TF$ (10 trechos AAUQ)	$y = 0,1186x + 2,7413$ $R^2 = 0,7813$	28,58	5,12	Significante
$IRI_{\text{médioconf}} \times TB$ (10 trechos AAUQ)	–	0,02	5,12	Não é Significante
$IRI_{\text{médioconf}} \times REM$ (10 trechos AAUQ)	–	0,001	5,12	Não é Significante
$IRI_{\text{médioconf}} \times AF$ (10 trechos AAUQ)	–	0,000	5,12	Não é Significante
$IRI_{\text{médioconf}} \times DES$ (10 trechos AAUQ)	–	0,000	5,12	Não é Significante
$IRI_{\text{médioconf}} \times (TF + TB)$ (10 trechos AAUQ)	$y = 0,0952x + 2,3859$ $R^2 = 0,5534$	7,43	5,12	Significante

o número de pontos para análise estatística confiável ficou prejudicado. No entanto, a título de inferência inicial, somente é possível supor que haja correlação entre trincamento e IRI para os revestimentos de AAUQ, sem maiores pretensões.

5. CONCLUSÕES

Os levantamentos de importantes parâmetros, como a irregularidade longitudinal e os defeitos/severidade, possibilitam estabelecer critérios para definição das atividades de M&R dentro de um SGP. Nas análises das correlações entre o IRI e os defeitos/severidades medidos no levantamento visual contínuo (LVC), observou-se

que não houve correlação entre o IRI e a trinca de bloco (TB). Também foi constatado que são baixíssimos os valores dos coeficientes de determinação (R^2) nos modelos entre o IRI e o afundamento (AFUND) e o IRI e o desgaste (DES), não devendo estes modelos ser usados em previsões futuras, sugerindo-se o acompanhamento sistemático dos mesmos trechos e incorporação de outros segmentos como forma de ampliar a faixa de valores das variáveis citadas e assim poder melhorar estas previsões. Verificou-se, no entanto, que há uma boa correlação entre o IRI e a trinca de fadiga (TF) e entre o IRI e o remendo (REM), podendo estes modelos já serem usados nas questões gerenciais de previsão de crescimento da irregularidade destes trechos do estado do Ceará.

Referências bibliográficas

- AASHTO, 1990, "Guide for Design Management Systems". American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.
- AASHTO, 1993, "Guide for Design of Pavement Structures". American Association of the State Highway and transportation Officials, Washington DC.
- BENEVIDES, S.A. S. (2006), *Modelos de desempenho de pavimentos asfálticos para um sistema de gestão de rodovias estaduais do Ceará* – Tese de Doutorado em ciências em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- CAREY JR., W.N. e IRICK, P.E., 1960, "The Pavement Serviceability Performance Concept". In: *Highway Research Board* – Buletin 250, p.40-58.
- CIBERMÉTRICA, 2005, *Manual de Instalação e Operação do Perfilômetro Laser para Pavimentos*.
- DOMINGUES, F.A.A., 1993, "Avaliação de Pavimentos: Construção de índice de Defeitos". In: *27ª Reunião Anual de Pavimentação*, Teresina, Piauí.
- HAAS, R., HUDSON, W.R. & ZANIEWSKI, J., 1994, *Modern Pavement Management*, Malabar/Florida, Krieger Publishing Company.
- KSAIBATI, K., MCNAMARA, R. & ARMAGHANI, J., 1998, "A Comparison of Roughness Measurement from Laser and Ultrasonic Road Profilers". In: *Research Report FL/DOT/SMO/98-425*, STATE OF FLORIDA.
- KUO, S.S., HESHAM, S.M, LORRIE, L.H, et al., "Development Of Flexible Pavement Performance Prediction Model Based on Pavement Data". In: *Transportation Research Board, 82nd Annual Meeting Washington, DC*.
- MARCON, A.F., 1996, *Contribuição ao Desempenho de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina*, Tese de D.Sc., ITA, São José dos Campos, SP, Brasil.
- PATERSON, W.D.O., 1987, "Road Deterioration and Maintenance Effects Models for Planning and Management". The World Bank, Baltimore. The John Hopkins University Press.
- SAYERS, M. W., GILLESPIE, T. D. & PATERSON, D.O., 1986, "Guidelines for the Conduct and Calibration of Road Roughness Measurements". *World Bank Technical paper number 46*. Washington, DC.
- SHRP, 1993, "Distress Identification Manual for the Long Term Pavement Performance Project". *Strategic Highway Research Program*, National Academy of Sciences, Washington, DC.
- YSHIBA, J. K., 2003, "Modelos de Desempenho de Pavimentos: Estudo de Rodovias do Estado do Paraná". Tese de D.Sc., EESC, São Paulo.

Trincas de reflexão na restauração de pavimentos

Salomão Pinto

Professor IME/RJ

Ângelo Monteiro Pinto

Engenheiro DER/RJ

APRESENTAÇÃO

No início da década de 80, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), na liderança nacional da política de transportes, sensibilizado e conhecedor dos problemas decorrentes da reflexão de trincas em recapamentos de pavimentos e fundamentalmente no caso de revestimentos delgados trincados onde a solução de reabilitação muitas vezes indicava recapamentos também delgados, sabiamente publicou relatos de pesquisas patrocinadas pela American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) em colaboração com o Federal Highway Administration (EUA), no âmbito do Programa Nacional de Pesquisas Rodoviárias.

O Comitê de Pesquisas de Transportes – Transportation Research Board (TRB), do National Research Council –, foi convidado para coordenar o programa de investigação sobre trincas de reflexão em recapamentos, em razão da sua reconhecida competência e conhecimento das práticas de pesquisas nessa área, no qual especialistas são convidados para analisarem temas relevantes identificados pelos dirigentes dos Departamentos Rodoviários e de Transportes e pelas comissões integrantes da AASHTO. O Comitê tem canais de comunicação com instituições governamentais federais, estaduais, universidades, indústria e fundamentalmente com a Academia Nacional de Ciências, à qual está filiado e que conta com a equipe permanente de pesquisadores visando conduzir os resultados das investigações, de forma prática, aos dirigentes rodoviários.

Assim, o Programa de Cooperação Nacional de Pesquisas Rodoviárias (EUA) contribuiu de forma significativa

para propor solução à manutenção da pavimentação rodoviária, calcada em observações de desempenho de trechos construídos em várias regiões dos Estados Unidos da América. O relato do trabalho foi calcado basicamente em informações prestadas pelos Departamentos de Estradas, e um grupo de especialistas foi designado para orientar os pesquisadores na organização dos dados coletados e revisar o conteúdo final do relatório.

A síntese desse relato abrange várias práticas com recomendações específicas, com o objetivo de fornecer orientações sem, no entanto, resolver todos os problemas de reabilitação de pavimentos. É um compêndio das técnicas bem-sucedidas na solução de problemas específicos.

As trincas refletidas na superfície dos pavimentos podem diminuir a vida útil dos recapamentos asfálticos ou de concretos de cimento portland. Daí ser de interesse para projetistas, especialistas em materiais de pavimentação e engenheiros de manutenção.

Levando em conta que os assuntos abordados pelos pesquisadores estão intimamente ligados à restauração de pavimentos, achamos por bem transcrever alguns dos relatos dos pesquisadores americanos, considerando que a publicação do DNER encontra-se certamente esgotada e que uma publicação na Revista PAVIMENTAÇÃO, da ABPv, tem um alcance nacional e servirá de um guia¹ de informações fundamentais aos nossos colegas que se encontram nos rincões do nosso país, construindo um dos

¹ A versão brasileira foi traduzida pela Diretoria de Manutenção do DNER na década de 80.

mais importantes patrimônios do povo brasileiro – as nossas estradas de rodagem.

PESQUISADORES ENVOLVIDOS

A síntese do relatório foi concluída pelo Comitê de Pesquisas de Transporte sob a supervisão de Paul E. Irick, Diretor Assistente da Divisão de Atividades Técnicas Especiais. Os principais pesquisadores responsáveis pela condução do trabalho foram Thomas L. Copas e Herbert A. Pennock, Engenheiros de Projetos Especiais. Esta síntese foi editada por Nancy A. Ackerman.

Agradecimento especial deve ser prestado a George Sherman Fair Oaks, Califórnia, que foi o responsável pela coleta de dados e preparação do relatório.

Valiosa assistência na elaboração desta síntese foi proporcionada pelo Comitê Diretor constituído de: C. S. Hughes, Cientista de Pesquisas Sênior do Comitê de Pesquisas Rodoviárias e Transportes da Virgínia; Richard W. Kinchen, Engenheiro de Pesquisa e Análise de Dados do Departamento de Transportes e Desenvolvimento de Louisiana; Edwin C. Lokken, Engenheiro Rodoviário da Associação de Cimento Portland; Vaughn Marker, Engenheiro Chefe do Instituto do Asfalto; Donald R. Schwart, Engenheiro de Pesquisas Físicas do Departamento de Transportes de Illinois; e William A. Wood, Engenheiro Rodoviário da Administração Rodoviária Federal.

Adrian G. Clary, Engenheiro de Manutenção, e William G. Gunderman, Engenheiro de Materiais e Construção do Comitê de Pesquisas de Transportes, prestaram assistência à equipe do Projeto 20-5 do Programa e ao Comitê Diretor.

Informações com relação às práticas atuais foram fornecidas por várias agências rodoviárias e de transportes, sua cooperação e assistência foram de muita utilidade.

1. INTRODUÇÃO

Trincas de reflexão são fissuras no recapeamento de um pavimento que resultam por reflexão das trincas ou da configuração das juntas da camada subjacente. As trincas de reflexão podem causar a deterioração antecipada do recapeamento, onerando, por conseguinte, os custos de manutenção e reduzindo sua vida útil.

Em geral, supõe-se que as trincas de reflexão sejam causadas por movimentos horizontais e verticais do

pavimento que está sendo recapeado. Têm sido feitas muitas experiências de campo desde 1932; entretanto, apenas recentemente foram iniciados estudos teóricos sobre trincas de reflexão. O Programa Nacional Experimental e de Avaliação para reduzir trincas de reflexão em recapeamentos betuminosos (o projeto NEEP-10) foi um dos projetos mais abrangentes voltados para testar métodos destinados a reduzir a reflexão de trincas.

Os métodos que têm sido utilizados para minimizar as trincas de deflexão em recapeamentos de concreto asfáltico incluem:

- a) capas de maior espessura;
- b) modificações na viscosidade do asfalto;
- c) incorporação de aditivos na mistura betuminosa;
- d) tratamentos no pavimento existente antes de seu recapeamento; selagem, rejuvenescimento, escarificação a quente, obturação das trincas, quebra do pavimento, estabilização e reciclagem;
- e) camadas intermediárias para aliviar o nível de tensão: asfalto-látex, membrana têxtil, misturas com asfalto de baixa viscosidade, concreto asfáltico de graduação aberta e agregados. Os resultados de vários projetos usando estes métodos estão apresentados nesta síntese.

Recapeamentos de pavimentos de concreto de cimento, que são aderidos ou parcialmente aderidos ao pavimento existente, têm suas juntas coincidentes com as juntas antigas; desta forma não há problema com trincas de reflexão. Quando os recapeamentos de concreto de cimento são separados por uma camada intermediária, as trincas não se refletem.

Abordagens teóricas sobre trincas de reflexão, baseadas em princípios mecânicos de ruptura, forneceram métodos para calcular a tensão ou esforço máximo no novo revestimento de forma a indicar se ocorrerá ou não trincas de reflexão.

As conclusões desta investigação incluem:

- Métodos de recapeamento que retardaram o surgimento de trincas de reflexão em revestimentos de concreto asfáltico aplicados sobre antigos pavimentos de concreto asfáltico são: emprego de asfalto de baixa viscosidade (na camada de rolamento ou na camada intermediária), escarificação a quente e remistura da superfície antiga, camadas intermediárias de asfalto-

borracha, determinados têxteis (para trincas não induzidas termicamente) e recapeamentos com espessura superior a 10cm.

- Métodos de recapeamento que retardam a reflexão de trincas em revestimentos asfálticos sobre pavimento de concreto de cimento Portland consistem em camadas com espessura de 15cm nos casos quando o movimento vertical não é excessivo, e camadas para aliviar a tensão, tais como mantas têxteis pré-fabricadas e uma camada de base de pré-misturado a quente com espessura de cerca de 10cm.
- No caso de placas de concreto de cimento Portland aderidas ou parcialmente aderidas, as novas juntas devem ser alinhadas com as antigas juntas: placas não apoiadas diretamente sobre as existentes não precisam de alinhamento das juntas.
- Pesquisas adicionais e ensaios de campo se fazem necessários para confirmar as abordagens teóricas antes de sua incorporação em normas de projeto.

Na medida em que muitas rodovias interestaduais e de outra classe chegam ao fim de sua vida de projeto, a necessidade de técnicas confiáveis de reabilitação se tornam cada vez mais importantes. Procedimentos de reabilitação incluem métodos para prevenir que trincas presentes no pavimento existente – seja este de placas de concreto de cimento Portland (PCC) ou de concreto asfáltico (CBUQ) – surjam na nova camada de revestimento e iniciem um processo de deterioração de forma prematura. Tais trincas, conhecidas como trincas de reflexão, podem resultar em fissurações e desagregações e, dessa forma, permitir a entrada de água na estrutura do pavimento e no subleito.

Trincas de reflexão têm sido definidas como: fissuras em recapeamentos (CBUQ ou PCC) que resultam da reflexão das trincas ou da configuração das juntas da camada subjacente, podendo ser devidas ao meio ambiente ou ao tráfego (Ref. 1). Trincas de reflexão podem ser encontradas em camadas betuminosas revestidas de concreto de cimento Portland ou concreto asfáltico.

Em 1974, um painel sobre reabilitação de pavimentos, sob a coordenação do Conselho de Pesquisa de Transporte e patrocinado pela Associação Nacional de Rodovias (FHWA), foi realizado em San Francisco (Ref. 2). Na parte do painel tratando de trincas de reflexão, chega-

ram-se às seguintes conclusões no que diz respeito à importância dessas trincas (Ref. 3):

Problemas associados com o surgimento de trincas de reflexão em recapeamento de pavimentos existentes são considerações importantes na reabilitação de pavimentos e podem ter um papel significativo no grau de êxito obtido no processo de reabilitação. Isto é válido particularmente no caso de reabilitação com recapeamentos de concreto betuminoso que tem sido e continua sendo a forma predominantes de reabilitar pavimentos rodoviários. Trincas de reflexão podem originar a deterioração prematura de recapeamentos de concreto betuminoso, causando a necessidade de manutenção acelerada e reduzindo a vida útil do pavimento restaurado. Deteriorações na forma de desagregações e fissurações do revestimento ocorrem em trincas de reflexão no recapeamento de concreto betuminoso de pavimentos flexíveis. Além destes defeitos, trincas paralelas de reduzido espaçamento entre si, corrugações ou ondulações transversais, freqüentemente ocorrem, bem como trincas de reflexão em recapeamentos de concreto betuminoso sobre pavimentos rígidos. Outra preocupação é a penetração de água na abertura da trinca, que pode causar a perda de ligação entre a sobrecapa e o revestimento antigo e resultar no bombeamento e diminuição da capacidade de suporte do subleito. Várias soluções foram tentadas no decorrer dos anos, porém até o presente não há nenhum método comprovado que possa ser usado para se resguardar contra o surgimento de trincas de reflexão em recapeamentos de concreto betuminoso.

Trincas de reflexão em reforços de concreto de cimento Portland (PCC) representam consideração importante neste método de reabilitação, às vezes usado no campo rodoviário e, de forma mais generalizada, em aeroportos. Os trabalhos de pesquisas nesta área têm sido mais frutíferos e métodos desenvolvidos estão sendo usados com sucesso para controlar trincas de reflexão em recapeamentos de concreto de cimento Portland em pavimentos rígidos.

2. MECANISMO DAS TRINCAS DE REFLEXÃO

Os mecanismos básicos, geralmente assumidos como conduzindo à trinca de reflexão, são os movimentos verticais e horizontais do pavimento que está sendo recapeado. Movimentos verticais são movimentos diferenciais na trinca do pavimento subjacente e causado por cargas

em movimento; movimentos horizontais são devidos a expansões e retrações causadas por mudanças de temperatura ou de umidade. O movimento horizontal, de placas trincadas, sob recapeamento aderido por uma pintura de ligação provoca elevadas tensões de tração na superfície imediatamente superior à trinca. Quando um revestimento de concreto asfáltico fica mais rígido a temperaturas mais baixas, este apenas pode suportar pequenas tensões causadas pela temperatura baixa. Em acréscimo às mudanças de temperatura da placa subjacente, o movimento total da trinca é afetado pelo comprimento da placa, mudanças de umidade e, até certo ponto, pelas propriedades de rigidez do material subjacente.

A passagem do tráfego sobre uma trinca pode produzir um movimento vertical diferenciado. A magnitude de tal movimento depende de intertravamento do agregado na trinca, bem como do grau de empenamento desenvolvido na placa de PCC subjacente. Os resultados de um experimento na Virgínia (Ref. 4) indicaram que a magnitude das trincas de reflexão numa determinada rodovia com PCC dependia do vulto dos movimentos diferenciais conforme determinado por medidas de deflexão.

Até a década de 70, a maioria das pesquisas de campo sobre a redução de trincas de reflexão foi baseada em:

- a) aumento de espessura;
- b) camadas intermediárias;
- c) tratamento de placas existentes, ou
- d) reforço de superfícies de concreto betuminoso.

O primeiro estudo sistemático de campo para avaliar os fatores que afetam o recapeamento do pavimento rígido com concreto asfáltico foi relatado em 1955 por Crump e Boné (Ref. 5). Os resultados dos estudos de 25 trechos de teste, cada um com 305m de extensão, conduziram a duas conclusões significativas:

1. Registros sucessivos de vários trechos demonstraram um avanço progressivo das trincas de reflexão nos primeiros anos. Diferentes tipos de trincamentos se desenvolveram a taxas diferentes, mas todos os tipos aumentaram com o passar de cada ciclo climático. Por exemplo, ao chegar ao terceiro ano, muitos pavimentos tinham trincas em mais de 75% do comprimento da junta transversal. Uns poucos atingiram 95 a 100% em três a quatro anos. Levantamentos sucessivos indicaram um aumento progressivo na largura da trinca após cada ciclo

anual de temperatura, em lugar de um acréscimo no comprimento da trinca.

2. Recapeamentos executados no outono geralmente não trincam até o seu segundo inverno. Recapeamentos executados na primavera ou verão quase sempre começam a trincar durante o primeiro inverno. Após, aproximadamente, dois anos o trincamento foi mais ou menos igual nos dois tipos.

As primeiras tentativas para reduzir trincas de reflexão foi o uso de um reforço de tela metálica no recapeamento asfáltico. A ineficácia deste tratamento foi revisto em 1968 por Kanarowski (Ref. 6) que sumariou as experiências de 20 entidades no uso de reforço com tela metálica em recapeamentos asfálticos sobre pavimentos de concreto. O autor julgou que o desempenho variou de fraco a excelente. Concluiu que o método de colocar o reforço de tela soldada foi um fator importante no desempenho do material. Literatura recente não relata o uso de reforço de tela em recapeamentos em concreto asfáltico.

Um método que consiste na quebra de velhos pavimentos de concreto em blocos pequenos, usando rolos pesados de pneus de 50 ou mais toneladas, foi empregado para reduzir o efeito de dilatação e retração das placas de concreto. Kanarowski (Ref. 6), ao resumir as experiências com este método, indicou que todos os cinco estados que apresentaram relatos, aparentemente, tiveram sucesso em retardar as trincas de reflexão usando rolos pesados para quebrar e assentar o pavimento de concreto de cimento Portland. Os resultados variaram de bom a excelente para recapeamentos com cinco a 10 anos de idade.

Nomogramas foram construídos para determinar o número estrutural (SN) do pavimento. Esses nomogramas usam valores finais de PS1 de 2,0 e 2,5, cargas equivalentes ao eixo de 8,2 toneladas (80kN) ao longo do período de projeto e CBR do subleito. A espessura requerida para o recapeamento pode, então, ser determinada. A espessura (H_f) do primeiro recapeamento é determinada pela equação:

$$H_f = \frac{SN - 0,26 H_c}{0,40}$$

onde:

H_c = espessura do pavimento de concreto de cimento Portland (pol.)

SN = número estrutural

Para o segundo recapeamento, a espessura (H_s) é determinada pela equação:

$$H_s = \frac{SN - (0,25 H_f + 0,17 H_c)}{0,40}$$

As limitações constantes de projeto são uma espessura mínima de 75mm para rodovias interestaduais e 64 e 38mm para rodovias com menores volumes de tráfego ou de importância menor. A razão para este mínimo é a necessidade de um determinado grau de suavidade, sendo que Illinois (EUA) alega ser preciso executar o concreto asfáltico em duas camadas para conseguir a qualidade de conforto correspondente.

3. FATORES QUE AFETAM OS RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS DE CAMPO

Variabilidade de desempenho do subleito da rodovia dentro dos limites experimentais foi uma das conclusões mais importantes das experiências do Projeto NEEP-10.

O clima é um fator significativo. Variações de clima afetam muito o desempenho das camadas intermediárias com material têxtil executadas sobre pavimentos de concreto asfáltico. Por exemplo, maior sucesso é relatado nos climas mais amenos da Califórnia, Flórida e Texas. Além da diferença geográfica, pode haver grandes variações de clima em um único local. A incidência de temperaturas máximas e mínimas, chuvas e neve pode variar muito de ano em ano, afetando de forma radical o desempenho de uma rodovia ou segmentos de teste.

Experimentos, tais como a série de testes NEEP, deveriam ser executados com algum tipo de uniformidade na preparação da rodovia original, por exemplo, enchimento das trincas ou, no caso de pavimentos rígidos, a estabilização das placas para reduzir os movimentos verticais nas juntas. Algumas providências são necessárias para conseguir esta uniformidade. Por exemplo, medidas de deflexão nas juntas das placas de concreto podem ajudar a determinar a transferência de cargas nas juntas, e medidas de deflexão nos pavimentos de concreto asfáltico podem delinear as áreas fracas de sua estrutura e contribuir para determinar se as condições do pavimento são uniformes. Contudo, em áreas onde a água se infiltra em trincas e juntas, ou percola junto ou através do pavimento, podem ocorrer grandes alterações nas deflexões medidas

por ocasião do inventário. Um levantamento deflectométrico efetuado em tempo seco pode ser representativo ou não das deflexões da rodovia no tempo de chuvas.

Práticas construtivas também podem afetar os resultados das experiências de campo. Por ocasião da introdução de um novo produto ou processo, é necessário um certo período de tempo, para que os empreiteiros e engenheiros possam obter conhecimentos suficientes de sua aplicação e, assim, garantir a produção de um pavimento uniforme cujo desempenho pode ser comparado àquele de pavimentos executados com outros produtos ou processos. Por exemplo, vários tipos de pintura de ligação têm sido testados na colocação de mantas têxteis; inicialmente usou-se emulsão asfáltica, porém, mais tarde, descobriu-se que o CAP fornece a forma melhor de fixar o têxtil no local. Outros problemas construtivos podem ocorrer na execução do próprio recapeamento. Uma vez que os asfaltos de baixa viscosidade refletem as trincas em ritmo mais lento do que asfaltos mais duros, o superaquecimento de um CBUQ pode endurecer o asfalto rapidamente e, assim, acelerar a reflexão das trincas.

Embora a compactação não tenha sido citada como uma variável nos Projetos NEEP-10, em um projeto executado no Vale de Yosemite (Ref. 7), que demonstrou um desempenho superior de uma camada intermediária de material têxtil, descobriu-se que a densidade da capa de concreto asfáltico sobre o têxtil era 48kg/m³ maior que aquela do segmento de controle. Embora os resultados possam de fato representar o desempenho verdadeiro do têxtil, as conclusões são mascaradas pela diferença na densidade da capa asfáltica. Para que as comparações entre os testes de campo sejam significativas, é essencial providenciar testes adequados antes do recapeamento e assegurar que as práticas construtivas sejam tão uniformes quanto possível, para todos os segmentos de teste.

4. RECAPEAMENTOS EM CONCRETO ASFÁLTICO

Espessuras da Camada

Com base em dados provenientes de vários testes de campo, a espessura do recapeamento requerida para retardar o surgimento de trincas de reflexão é uma variável que depende de diversos fatores:

a) tipo de pavimento a ser revestido: Concreto Asfáltico-CBUQ ou Placas de Concreto de Cimento – PCC;

b) tipo de problema: trincas tipo couro de Jacaré, trincas em bloco, trincas transversais por efeito de temperatura, trincas longitudinais ou de juntas;

c) clima;

d) número e peso das cargas por eixo.

Experiências com revestimentos de concreto asfáltico sobre pavimentos rígidos na Virgínia (Ref. 4) demonstram os efeitos de movimentos diferenciais em juntas ou trincas. Este movimento diferencial é influenciado pelo nível de entrosamento dos agregados nas juntas ou pela presença de ferros de transferências de carga de uma placa para a outra. Também cargas mais pesadas por eixo causam maiores deflexões diferenciais que cargas mais leves. Os resultados do movimento diferencial decorrente de cargas pesadas podem ser vistos em pavimentos de PCC com faixas de tráfego múltiplas onde falhas causadas por bombeamento são maiores nas faixas para caminhões do que nas faixas utilizadas predominantemente por carros de passeio e caminhões leves. Pode-se concluir que quanto mais espesso for o recapeamento, maior será a capacidade de transferência de carga sobre a trinca e mais longa a vida antes que a trinca seja refletida na superfície. Um exemplo do efeito de caminhões é o projeto de revestimento experimental executado sobre o pavimento rígido (PCC) da Rodovia 101 no Condado de San Luis Obispo, Califórnia – uma região de clima ameno. Um recapeamento de 91mm de concreto asfáltico e uma camada porosa de atrito de 18mm foram aplicadas sobre um pavimento rígido selado. Das quatro faixas de tráfego da rodovia, aquelas destinadas a caminhões apresentaram a reflexão de aproximadamente 25% das trincas transversais. As faixas internas com predominância do tráfego de automóveis e caminhões leves não apresentaram trincas transversais.

Um projeto experimental (Ref. 8) na Rodovia Interestadual 15, próximo a Riverside na Califórnia, incluía um recapeamento de 25mm e outros com 107mm de espessura, ambos construídos sobre um pavimento de concreto asfáltico em setembro de 1972. Nesta área com um clima de inverno ameno, a falha básica consistia em trincas tipo couro de Jacaré; aproximadamente dois anos após a construção, o segmento com recapeamento de 25mm apresentou 98% de trincas de reflexão tipo couro de Jacaré. O segmento recapeado com 107mm de espessura não apresentou quaisquer trincas refletidas após

seis anos. O tráfego médio diário era de 13.500 veículos com 10% de tráfego de caminhão.

Com base nos experimentos realizados, parece que o CBUQ com no mínimo de 100mm de espessura é necessário para retardar a reflexão de trincas tipo couro de Jacaré. Uma espessura mínima de 75mm é desejável sobre trincas em bloco. Caso uma base tratada com cimento esteja envolvida, as poucas evidências disponíveis indicam a necessidade de um recapeamento de 100mm de espessura para retardar as trincas de reflexão, por pelo menos seis anos. O volume de tráfego, o clima, as deflexões dos pavimentos flexíveis, a deflexão diferencial nas juntas em pavimentos rígidos e a qualidade do recapeamento são, todos, fatores que afetam a vida útil de um projeto específico.

Viscosidade do Asfalto

Um fator significativo no retardamento das trincas de reflexão é a viscosidade do ligante no momento em que ele é aplicado. A suscetibilidade à temperatura do asfalto, a quantidade usada, o clima reinante e a capacidade do revestimento para resistir a esforços são fatores que afetam a velocidade de progressão das trincas através do recapeamento de concreto asfáltico.

Em 1972, o Departamento de Transportes do Arizona (Projeto NEEP-10) construiu uma série de 18 seções de teste em um pavimento de CBUQ bastante trincado na Rodovia Interestadual 40, próximo a Winslow. Os testes foram conduzidos em uma área com elevação de 1.500m, com uma variação de temperatura entre -18 a 39°C e uma pluviometria inferior a 200mm. O tráfego médio diário era de 10.000 veículos. Dentre as conclusões relatadas estão os seguintes (Ref. 9)

As propriedades básicas do asfalto influenciaram mais na redução das trincas de reflexão do que qualquer outra propriedade. Observou-se que a viscosidade de 4,0 megapoise a 77° F (penetração equivalente próxima de 45, viscosidade absoluta de 3.000 poises a 140° F) foi crítica para o início de trincas, ou seja, quanto mais tempo um asfalto possa manter uma viscosidade abaixo de 4,0 megapoise, menor será a probabilidade de ocorrer trincas de reflexão. A formação e intensidade física real de uma trinca disparam a temperaturas baixas. Da mesma forma, quando o asfalto atinge o nível de 4,0 megapoise, ele torna-se altamente suscetível a trincas. Sendo este o caso de uma consideração importante e de que os projetos

utilizem asfalto de mais baixa viscosidade possível, compatível com os requisitos de resistência, e o utilizem de forma a retardar seu envelhecimento ao máximo possível.

Evidências adicionais concernentes ao efeito de viscosidade do asfalto no retardamento de formação de trincas podem ser encontradas em estudos conduzidos no Canadá (Ref. 10, Ref. 11), Oklahoma (Ref. 12) e Pennsylvania (Ref. 13). Estes estudos relataram uma redução de trincas térmicas transversais, utilizando asfalto de viscosidade mais baixa em climas frios. Um trabalho realizado em Saskatchewan no Canadá (Ref. 14) indica a possibilidade de asfaltos oxidados para melhorar as características de viscosidade-temperatura, que permitirão a utilização de certos tipos de asfalto mais duros em climas frios, ao mesmo tempo em que se atende aos requisitos de viscosidade no clima frio.

Hignell et al. (Ref. 15) relataram em 1972 um trabalho com amianto e concluíram que as propriedades a baixa temperatura de todos os tipos de misturas são basicamente uma função do tipo de asfalto utilizado; e que em temperaturas médias e altas, a modificação das fibras de amianto pode melhorar significativamente as propriedades de rigidez da mistura.

Embora estudos mais recentes tratem principalmente de trincas em revestimentos de concreto asfáltico decorrentes de tempo frio, as tensões horizontais devidas à temperatura são próximas àquelas que se desenvolvem em recapeamentos de pavimentos existentes. Somados aos resultados colhidos no Arizona (Ref. 16), as conclusões destes estudos reforçam as considerações acerca da viscosidade do asfalto usado no CBUQ para o recapeamento como um fator principal no retardamento de trincas de reflexão.

Efeito de Aditivos

Em uma tentativa para melhorar o desempenho do concreto asfáltico, foram incorporados aditivos para modificar as características do asfalto ou da mistura de asfalto e agregado. Um destes aditivos é o enxofre. Testes de laboratório (Ref. 17) com misturas de asfalto e enxofre demonstraram que as relações viscosidade-temperatura do asfalto são modificadas, de modo que um asfalto mole contendo enxofre terá aproximadamente a mesma rigidez da mistura a temperaturas abaixo de 32° F (0°C) e maior rigidez a 100° F (38°C) em comparação com o mesmo asfalto sem enxofre. Conforme demonstrado nos

experimentos do Arizona (Ref. 9, Ref. 18), a viscosidade do ligante constitui um importante fator no desempenho do recapeamento. Entretanto, asfaltos mais moles tendem a ser menos estáveis em elevadas temperaturas de verão e possuem um maior potencial para formação de sulcos do que asfaltos mais rígidos. É possível que a utilização de enxofre forneça uma mistura com rigidez suficiente para temperaturas de verão, bem como rigidez para tempo frio, a fim de resistir às trincas de reflexão no inverno.

Em baixas temperaturas, as propriedades de todos os tipos de misturas são primordialmente uma função do tipo de asfalto utilizado; mas, em temperaturas de serviço médias e altas, a incorporação de fibras de amianto pode melhorar significativamente as propriedades da mistura, em comparação com as "condições padronizadas" e uma modificação do teor de filler mineral.

Uma implicação fundamental deste resultado é a de que onde um asfalto mais mole for utilizado em casos de trincas resultantes de baixa temperatura, a incorporação de fibras de amianto pode ser útil. Tal modificação pode não alterar consideravelmente a rigidez em baixas temperaturas, mas aumentará a rigidez em temperaturas de serviço médias e altas, possivelmente evitando a violação dos requisitos relativos à fadiga e deformação permanente.

Uma forma de melhorar as propriedades do asfalto foi proposta pela Chem-Crete Corporation de Menlo Park na Califórnia (Ref. 19). Este processo consiste na adição de uma pequena quantidade de metal, que provoca uma polimerização do asfalto e modifica a química de alguns dos grupos de carbono encontrados no asfalto. O processo está sendo no momento testado na prática, mas nenhum dado conclusivo foi relatado.

Testes de laboratório (Ref. 20) têm demonstrado que a suscetibilidade do asfalto à temperatura pode também ser melhorada quando carvão de pedra é utilizado como filler no concreto asfáltico. Entretanto, experiências de campo são necessárias para determinar se as evidências de laboratório podem ser transformadas em desempenho prático no campo.

5. PAVIMENTOS EXISTENTES

Capas Selantes em Pavimentos

Capas selantes com pedrisco têm sido amplamente utilizadas como procedimento de manutenção para pavimentos de concreto asfáltico que estejam apresentando

algum problema sob a forma de trincas. Este procedimento tem sido bem-sucedido no retardamento da formação de trincas adicionais quando a capa selante é aplicada no estágio inicial da deterioração do pavimento. Entretanto, existe um alto risco de perda de agregado na execução de capas selantes em rodovias com grandes volumes de caminhões pesados, e há pouca comprovação documental de que as capas selantes com pedrisco evitem ou retardem trincas de reflexão.

Uma lama asfáltica apresenta um desempenho similar à capa selante, tendo como função principal retardar o desgaste da superfície e impedir a entrada de água no pavimento. Trincas sob uma lama asfáltica virão logo à superfície, mas geralmente tornam-se mais estreitas. Entretanto, os efeitos do tráfego e do clima vão eventualmente abrir as trincas até sua largura original.

Capas selantes de graduação aberta (camadas porosas de atrito) aplicadas na superfície de um pavimento parecem retardar as trincas de reflexão, ou pode ser que a textura rugosa tenda a encobrir ou minimizar as trincas por um certo período de tempo. Quando o asfalto endurece, as trincas ficam visíveis e ocorre a desagregação da mistura ao longo da trinca.

Uma aplicação superficial importante para retardar trincas de reflexão é o tratamento superficial com asfalto modificado conhecido como SAM (Membrana de Absorção de Tensões – Stress Absorbing Membrane). Desenvolvido no Arizona por MacDonald (Ref. 21, Ref. 22) e relatado pela primeira vez em 1966, esse tratamento tem sido assunto de muitas pesquisas e experiências de campo.

Dois tipos de asfalto-modificado estão sendo comercializados para utilização no processo SAM, Over-Flex, o produto da Companhia Sahuaro de Petróleo e Asfalto (Sahuaro Petroleum and Asphalt Company) de Phoenix, Arizona, consiste de borracha de pneus em combinação com asfalto (Ref. 23). Um solvente é adicionado para auxiliar o processo de mistura e melhorar as características de espalhamento. A mistura é feita no campo, e a borracha e o solvente são adicionados ao asfalto, a cerca de 204°C e aplicados na pista de rolamento utilizando caminhões distribuidores modificados para este fim específico.

A mistura de asfalto-borracha consiste de 75 a 80% de asfalto misturado com 20 a 25% de borracha em grãos e 1 a 5% de solvente. A mistura é geralmente espalhada no pavimento com uma taxa de 2,0 – 3,2 l/m² para 15 a

22kg/m² de agregado, dependendo da dimensão do agregado e da superfície da rodovia.

Como material de cobertura, pedra britada lavada ou cascalho geralmente preaquecidos (150°C) e frequentemente pré-revestidas (0,30 – 0,80% de asfalto), sendo aplicados em quantidades suficientes para formar uma estrutura de agregado para transmitir as cargas para o pavimento existente (Ref. 24). A espessura da membrana varia de 9 a 19mm.

O processo SAM parece possuir potencial para aumentar a vida útil de um pavimento flexível. Projetos estão sendo aplicados em muitos estados, cidades e países, e informações confiáveis acerca de expectativa de vida das camadas tipo SAM deverão estar disponíveis para diferentes condições climáticas dentro de poucos anos. Os custos de aplicação do SAM variam muito de lugar para lugar nos Estados Unidos, dependendo da distância de transporte do material betuminoso.

Obturação de Trincas

Existem poucas experiências relatando o efeito da obturação de trincas sobre a reflexão das mesmas. Para quase todos os processos de recapeamento, seja ele a aplicação de uma camada de concreto asfáltico ou a utilização de camadas de asfalto-polímero, produtos têxteis ou misturas de graduação aberta, recomenda-se que as trincas de largura maior do que 5mm sejam preenchidas antes do recapeamento: evidências experimentais de um efeito benéfico foram relatadas por Monismith e Coetzee (Ref. 25), utilizando a análise por elementos finitos bidimensionais com e sem a obturação de trincas.

Testes de campo fornecem informações conflitantes a cerca do desempenho da obturação de trincas. Wyoming Highway Department desenvolveu um projeto experimental de recapeamentos com concreto asfáltico em 1971 (Ref. 26). Parte do experimento destinava-se a determinar a eficiência de um selante de trincas, consistindo de 90% de emulsão CRS-2 e 10% de látex de borracha. Concluiu-se que o selante de trincas aplicado diretamente sob um recapeamento de concreto asfáltico não reduzia significativamente a reflexão de trincas. Quando o selante era aplicado sob uma camada intermediária, ocorria um mínimo de trincas no revestimento. Em janeiro de 1977, o Departamento de Rodovias da Nova Scotia (Ref. 27) relatou os resultados de experimentos de campo sobre o

preenchimento por pressão de trincas com mais de 3mm de largura usando um veda-juntas de cola à base de borracha (Colas Rubberized Crack Filler). O propósito principal do procedimento que foi instituído em 1974 era o de reduzir a reflexão de trincas em pavimentos cobertos com uma capa selante. Uma notável redução de trincas por reflexão foi observada.

O objetivo de preencher trincas sob um recapeamento é restringir a entrada de água superficial na base do pavimento e no subleito. Um subleito e base com umidade reduzida confere uma maior capacidade de cargas, menor deflexão de superfície e, conseqüentemente, menor potencial para reflexão de trincas.

Estabilização de Placas de PCC por Subselagem

A necessidade da estabilização de placas de PCC, por subselagem antes da execução de um recapeamento, já foi mencionada anteriormente. Este processo é necessário para minimizar o movimento diferencial da placa em uma trinca ou junta, visto que mesmo um leve movimento diferencial pode causar trincas de reflexão em um recapeamento asfáltico (Ref. 4). Embora o processo de subselagem proporcione uma camada mais estável para o recapeamento, às vezes são usados procedimentos alternativos: quebra das placas ou aumento da espessura do recapeamento para amortecer movimentos verticais diferenciais, uma vez que a subselagem é lenta, laboriosa e dispendiosa.

Em 1981, Del Val (Ref. 28) recomendou um traço de uma parte de cimento Portland e três partes de material pozolânico (cinza volante) para uma lama de subselagem. Concluiu-se que as partículas de cinza volante e sua forma predominante esférica facilitaram mais o bombeamento da lama para preencher vazios do que o bombeamento de misturas de cimento Portland e outros materiais minerais. Experiências de campo estão em andamento utilizando este material. Caso o material obtenha sucesso no preenchimento de vazios sob juntas e trincas de placas, ele poderá auxiliar na minimização da quantidade e severidade de trincas de reflexão, tanto em recapeamento de CBUQ como de PCC.

Estabilização de Placas de Concreto de Cimento por Fragmentação

Diversos experimentos têm sido efetuados nos quais velhos pavimentos de concreto são quebrados em seg-

mentos menores antes de serem recapeados. A utilização de um rolo pneumático de 50 toneladas para quebrar o pavimento e colocá-lo em contato com a base subjacente foi relatado por Kipp e Preus em Minnesota, em 1950 (Ref. 29), por Veez (Ref. 30), em 1961, e por Korfhage, em 1970 (Ref. 31). Um martelo hidráulico ou pneumático pode também ser utilizado. Kanarowski (Ref. 6) relatou que, de cinco estados que utilizavam pesados rolos para quebrar e assentar o pavimento PCC, todos obtiveram sucesso aparente no retardamento de trincas de reflexão.

Em 1970, Lyon (Ref. 32) relatou um estudo com 10 anos de duração na Louisiana envolvendo a quebra e assentamento de placas com um rolo pneumático. Ele comparou os resultados do estudo com a quebra de pavimentos por martelo pneumático e por martelete e rolo. Concluiu que a combinação de martelete e rolo era a mais eficaz.

Em 1980, Noonam e McCullagh (33) relataram que o processo de quebra de pavimentos rígidos, aliado à serra de juntas no recapeamento asfáltico coincidente com as juntas do antigo pavimento rígido, era geralmente bem-sucedido na redução das trincas de reflexão.

Reciclagem do Pavimento

O processo de reciclagem envolve a escarificação de uma camada ou camadas de um pavimento, adicionando asfalto, agente rejuvenescedor, ou agregado na medida necessária, e depois a remistura, espalhamento e recompactação. Quando o pavimento inteiro é reciclado, a possibilidade de trincas de reflexão nos materiais reciclados é eliminada (Ref. 34). Se uma camada superficial adicional for colocada sobre o pavimento reciclado, a seção estrutural mais espessa resultante deverá ter um desempenho melhor do que o pavimento original.

Uma vantagem deste método é a de que o aumento de greide vertical é mínimo. No caso de rodovias de pista dupla onde as faixas internas e acostamentos estiverem em condições satisfatórias e apenas as faixas externas precisarem de reabilitação, podem ser obtidas economias consideráveis em materiais de recapeamento. Uma espessura mínima de revestimento pode ser aplicada sobre o pavimento. Nas cidades ou áreas metropolitanas onde é desejável a manutenção dos meios-fios e sistema de drenagem, o processo de reciclagem é vantajoso porque

reduz o potencial de trincas de reflexão sem a utilização de um recapeamento espesso.

Pode-se concluir que o processo de reciclagem elimina as trincas existentes e, portanto, sua reflexão através do recapeamento. Evidências dos benefícios foram fornecidas em um teste de cinco anos em Ontário no Canadá (Ref. 32), que comparou a utilização de uma camada de 100mm de concreto asfáltico sobre um pavimento betuminoso: com a utilização de camadas intermediárias granulares e com a escarificação de superfícies antigas para funcionar como base, com e sem adição de asfalto. A escarificação da superfície existente para utilização como base foi indicada como a alternativa mais viável do ponto de vista de minimização de trincas de reflexão e de análise econômica. O desempenho de quatro anos do concreto asfáltico escarificado enriquecido foi igualmente eficaz para a redução de trincas de reflexão, porém, mais econômico.

6. CAMADAS INTERMEDIÁRIAS DE ALÍVIO DE TENSÕES

Durante a década de 1970, camadas intermediárias para aliviar tensões foram amplamente utilizadas em experimentos projetados para reduzir ou evitar trincas de reflexão. Os experimentos envolveram recapeamento tanto de pavimentos betuminosos quanto de PCC. Para os pavimentos betuminosos, foram feitas tentativas para evitar ou diminuir a reflexão de trincas de fadiga tipo couro de jacaré ou trincas transversais e longitudinais. Para os pavimentos rígidos, o objetivo era o de evitar ou diminuir a reflexão de trincas das juntas transversais, bem como trincas estruturais desenvolvidas em função do tráfego.

O principal objetivo da experimentação com camadas intermediárias era o de minimizar a espessura da sobrecapa necessária para reabilitar a pista de rolamento pelo retardamento ou eliminação de trincas de reflexão para a vida do projeto. Isto é economicamente importante para todas as rodovias, mas de significação especial para rodovias de faixas múltiplas onde as faixas externas para o tráfego pesado podem requerer uma reabilitação, embora as faixas internas ainda apresentem condições estruturais e de conforto adequadas. O recapeamento deve cobrir todas as faixas, e, em muitos casos, materiais adicionais são requeridos para os acostamentos. Portanto, o pro-

jeito mais econômico será o recapeamento de menor espessura compatível com a vida útil requerida nas faixas para caminhões.

Embora experiências de laboratório e análises teóricas tenham determinado que camadas intermediárias podem reduzir as altas tensões desenvolvidas em uma trinca, ainda não foi desenvolvido um método comprovado de projeto que utilize camadas intermediárias redutoras de tensões ao máximo de vantagem.

Em vários projetos, muitos métodos de camadas intermediárias têm sido testados para determinar sua eficácia no retardamento de trincas de reflexão:

- Camada com asfalto modificado sob um recapeamento de concreto asfáltico;
- Faixa de Membrana Têxtil pré-fabricadas;
- Manta de Têxtil sob concreto asfáltico;
- Camada de concreto asfáltico utilizando asfalto de baixa viscosidade aplicada sob uma camada de CBUQ convencional;
- Camada intermediária de pré-misturado a quente de graduação aberta;
- Camada de cascalho ou pedra britada.

Camadas Intermediárias de Asfalto Modificado

O Departamento de Transportes do Arizona tem conduzido extensas pesquisas de campo sobre a utilização de asfalto modificado, tanto como capa selante (processo de construção já citado e denominado SAM) como camada intermediária (processo de construção denominado como SAMI) sob um revestimento de CBUQ. As propriedades químicas e físicas, os métodos de testes, as técnicas de construção e o desempenho da camada de asfalto modificado em pavimentos de CBUQ e PCC já foram descritos em diversos relatórios. A maioria dos testes foi aplicada em pavimentos de concreto asfáltico.

Os dois tipos de asfalto borracha descritos nas análises acerca de capas selantes têm sido utilizados para proporcionar camadas intermediárias sob revestimento de CBUQ. O Arizona foi líder neste estudo e na utilização da construção SAMI para a redução de trincas de reflexão. O objetivo do processo SAMI e a importância de uma prática de construção adequada estão descritos a seguir (Ref. 35).

O procedimento da aplicação do SAMI é similar ao utilizado na aplicação do SAM. Entretanto, no projeto do

sistema SAMI, é importante ter em mente que o SAMI deve proporcionar atenuação de tensão na direção horizontal e ser capaz de transferir as cargas verticais, de modo que deflexões excessivas não ocorram no recapeamento. A incorporação de agregado na membrana de asfalto borracha a quente in situ, tem como função principal, também, proteger a membrana do tráfego da própria obra. Em geral, o agregado pode ser de qualquer material adequado de tamanho único, variando de brita a cascalho ou areia grossa.

A taxa de asfalto modificado aplicada é geralmente de ordem de 2,0 a 3 l/m². A taxa de aplicação do agregado é mantida ao mínimo 15 a 22 kg /m² com agregado apenas suficiente para proporcionar uma superfície trabalhável. Isto visa assegurar que o SAMI resultante possa exibir basicamente as propriedades desejadas do material asfalto borracha com a mínima interferência das partículas do agregado. O SAMI construído dessa forma terá uma espessura de 9 a 13mm.

O projeto experimental NEEP-10 no Arizona consistia de 18 seções: duas seções foram construídas em 1972 utilizando um SAMI coberto com um revestimento de CBUQ. A construção SAMI foi classificada como um dos cinco tratamentos que reduziam significativamente as trincas de reflexão em pavimentos de concreto asfáltico antigos e relatado como sendo o tratamento de melhor nota (Ref. 9).

Um segundo tipo de asfalto modificado elaborado a partir de uma mistura de borracha em pó recuperada com o resíduo moído, com elevado conteúdo de borracha natural, tem sido utilizado em projetos de construção SAMI que foram relatados como demonstrando desempenho promissor (Ref. 36).

Em março de 1981, Mascunara (Ref. 37) relatou estudos realizados em Illinois sobre trincas de reflexão em recapeamentos asfálticos de pavimentos flexíveis e rígidos. Os estudos incluíam o uso de uma camada intermediária de asfalto borracha. Baseado nos resultados, o asfalto borracha foi recomendado para utilização sobre bases flexíveis e sobre juntas longitudinais, tais como aquelas no eixo ou entre faixas, e juntas transversais sobre bases rígidas.

Gonsalves (Ref. 38) relatou o emprego bem-sucedido da construção SAMI sobre concreto asfáltico e PCC em 29 projetos do Arizona. Outros estados mencionados

como tendo experiência em construção SAMI são: Califórnia, Connecticut, Montana, Nova Hampshire, Novo México, Oklahoma, Texas, Utah, Vermont e Washington (Ref. 35). Brown (Ref. 39) relatou que a Divisão de Demonstração de Projetos do FHWA tinha participado na construção e avaliação de 23 projetos de camadas intermediárias com asfalto borracha em 20 Estados.

Camadas Intermediárias de CBUQ com Asfalto de Baixa Viscosidade

Já em 1982, o Estado de Nevada utilizava camadas redutoras de tensão sobre pavimentos de concreto asfáltico desgastados (J. C. HODGE, memorando interno, Departamento de Rodovias de Nevada, out. 1975). Asfaltos foram utilizados como ligantes para uma camada de regularização de 25 a 38mm de espessura. O SC-3.000 requeria um período de tempo maior para que os voláteis evaporassem da mistura antes de ser revestido: caso contrário, os voláteis tendiam a amolecer o revestimento particularmente quando a camada de regularização era misturada em uma usina móvel à baixa temperatura. O asfalto AR-100 foi utilizado com sucesso na camada de regularização, mas nem sempre se encontrava disponível.

Em diversos projetos no Estado de Nevada, foi estudado o desempenho de recapeamentos com e sem a camada intermediária flexível; ficou concluído que a camada intermediária proporcionava o aumento da vida útil do recapeamento. Aproximadamente, 400km de rodovias têm sido construídas utilizando o sistema de camadas intermediárias. Uma expectativa de vida útil de oito a nove anos, com algumas trincas de reflexão de menor porte (na maioria, transversais) são previstas. O comportamento da camada intermediária, que utiliza um betume de relativamente baixa viscosidade, é equiparável ao da seção de recapeamento asfáltico com 200-300 de penetração no projeto NEEP-10 em Minnetonka, Arizona, que foi julgado como um dos melhores em desempenho. Sendo assim, a experiência no Estado de Nevada confirma a conclusão relatada pelo Arizona, de que a viscosidade do betume é um fator significativo no retardamento das trincas de reflexão.

Em 1971, o Departamento de Rodovias de Wyoming construiu um projeto experimental na Rodovia I-80 entre Cheyenne e Laramie em uma altitude de 2.600m para

avaliar as vantagens da selagem de trincas e a utilização de uma camada intermediária flexível de asfalto (Ref. 26). Utilizou uma camada intermediária flexível de CBUQ com espessura de 50mm. Trincas de 3mm ou mais de largura foram seladas com duas aplicações de emulsão CRS-2, contendo 10% de látex de borracha. As conclusões relatadas afirmam que a selagem de trincas, por si só, não reduzia as trincas de reflexão. A combinação da camada intermediária flexível de 50mm e a selagem das trincas produziam menos trincas e eram o meio mais eficaz para redução de trincas, em comparação com o padrão normal (segmento de controle) e com a seção com uma polegada 25mm de regularização. A seção de 25mm foi razoavelmente eficaz em diminuir a reflexão de trincas. Os dados indicam que as trincas de reflexão decorreram de trincas térmicas transversais. Não foi verificada nenhuma trinca de reflexão resultante de trincas tipo couro de jacaré.

Camadas Intermediárias de Cascalho ou Pedra Britada

Diversas agências têm utilizado uma camada com agregado de base sobre PCC para reduzir as trincas de reflexão. Os resultados têm sido variáveis, situando-se de precários a muito bons e excelentes. O método requer a aplicação de vários centímetros de brita e espessura suficiente de concreto asfáltico para suportar o tráfego projetado. A camada de agregado isola o PCC antigo e reduz as tensões horizontais no recapeamento, assim como as tensões desenvolvidas pelos movimentos verticais das placas de base. Embora este método tenha obtido sucesso em muitas circunstâncias em rodovias rurais, a elevação do greide pode totalizar 300mm ou mais, o que provavelmente seria intolerável na maioria das rodovias urbanas.

Forsyth e Munday (Ref. 40) relataram que, em um estudo sobre projetos de camadas intermediárias na Califórnia com 100mm de espessura, algumas trincas de reflexão se desenvolvem, enquanto que camadas de 150mm ou mais não o faziam. É importante que a camada intermediária seja bem drenada para obter um desempenho bem-sucedido, porque a água livre na camada intermediária em rampas pode gerar pressões contra o recapeamento, levando a falhas precoces. Além disso, a camada de amortecimento não elimina trincas térmicas

no recapeamento que podem ser causadas por condições climáticas e características da mistura.

7. RECAPEAMENTOS EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

Alguns projetos de recapeamento de concreto sobre pavimentos antigos de concreto são eficazes no controle de trincas de reflexão. Três projetos para recapeamentos de concreto estão baseados na interação de aderência entre o concreto antigo e o novo: aderente, parcialmente aderente e não aderente. Recapeamentos aderentes são usualmente bastante finos e geralmente não reforçados. Seções não aderentes e parcialmente aderentes são mais espessas e projetadas para se comportar de forma independente do pavimento antigo.

Onde o novo concreto for aderente ao antigo pavimento, não se espera conseguir um controle sobre a reflexão de trincas. Com este projeto, a nova camada fina de concreto torna-se parte monolítica do pavimento ao qual foi aplicada. Quaisquer trincas na camada antiga que não tenham sido imobilizadas (por enchimento com epóxi etc.) aparecerão na camada de superfície. Se a aderência permanece eficiente, as trincas são usualmente estreitas e podem ser facilmente conservadas. Juntas em recapeamentos aderentes devem ser localizadas diretamente sobre as juntas do pavimento antigo e, também, alinhadas de acordo com o tipo de junta.

Com um recapeamento parcialmente aderente (também denominado direto), a nova capa é projetada com maior espessura, e nenhuma tentativa é efetuada, seja para aumentar ou diminuir a aderência. Onde existem trincas na camada inferior, uma junta colocada acima da trinca irá controlar freqüentemente a formação de trincas. Uma manta de têxtil ou membrana, colocada sobre a área de trinca na antiga camada, ajuda a romper a aderência sobre a trinca e torna mais provável que a trinca na nova camada se forme imediatamente, abaixo da junta formada em sua superfície. As juntas, em recapeamentos parcialmente aderentes, deverão ser colocadas de forma a combinar o máximo possível com as juntas do pavimento antigo.

Um meio mais eficaz de eliminação de trincas de reflexão é o projeto de recapeamento não aderente (também denominado recapeamento separado). A placa nova

e a antiga são separadas por uma camada intermediária não aderente. A espessura da nova placa é projetada para ser completamente independente do pavimento existente. A camada antiaderente também permite a utilização de um projeto de juntas e espaçamento diferente da configuração utilizada na placa antiga. Não há necessidade de se alinhar as juntas, e as trincas não são refletidas através da camada de recapeamento.

Recapeamentos parcialmente aderentes e não aderentes são mais espessos e se comportam mais como placas independentes; portanto, eles podem ser projetados como pavimentos de concreto de espessura normal para atender às exigências do tráfego. As sobrecapas podem ser: (a) concretos simples com ou sem juntas com ferros de transferência; (b) reforçado, convencionalmente, com juntas de malha e ferros de transferência; (c) concreto reforçado continuamente – CRC; (d) concreto protendido; ou (e) concreto reforçado com fibras. A espessura mínima é normalmente 125mm para projetos simples e com juntas de transferência e de 150mm para CRC. A maior parte dos projetos de recapeamento protendido e reforçados com fibras nos EUA tem sido destinada a pistas de decolagem e de taxiamento de aeroportos.

Um levantamento da condição dos projetos em serviço, realizado em 1975, no caso de recapeamento CRC (Ref. 41) e, em 1977, para recapeamentos simples e com juntas de malhas e ferros de transferência, foi publicado pela Associação de Cimento Portland (Portland Cement Association). Informações adicionais a respeito de projetos de recapeamento de concreto e das condições sob as quais cada projeto deverá ser utilizado podem ser encontradas em uma publicação de 1981 da Associação de Cimento Portland (Ref. 42). Mais informações acerca de recapeamento de concreto serão apresentadas em uma futura Síntese de Práticas Rodoviárias do Programa de Cooperação Nacional de Pesquisas Rodoviárias – NCHRP, intitulada “Recapeamento com Concreto de Cimento Portland” e programada para ser publicada no final de 1982.

8. ABORDAGEM TEÓRICA

Diversos pesquisadores têm estudado trincas de reflexão, utilizando princípios mecânicos de formação das trincas, incluindo considerações acerca do crescimento

das trincas (Ref. 43, 44). Majidzadeh e Suckarieh (Ref. 45) desenvolveram uma metodologia de projeto baseada na suposição de que as trincas nos recapeamentos de concreto asfáltico sobre pavimento PCC têm início na superfície de uma sobrecapa e progridem inferiormente. Esta suposição baseia-se nos movimentos horizontais e no empenamento das placas de PCC, causados pela ocorrência de mudanças de temperatura, após a colocação do recapeamento. Uma análise de elementos finitos bidimensional para estimar os esforços resultantes dos movimentos horizontais das juntas e nomogramas foram desenvolvidos para determinar os esforços de tensão no recapeamento. As soluções de Westergaard para as diferenças de temperaturas entre o topo e a base da placa foram utilizadas para determinar os vários ângulos do seu empenamento. Preparou-se um nomograma para determinar a tensão máxima no recapeamento, levando em consideração a espessura do pavimento, a largura das juntas, o comprimento da placa e as características do recapeamento.

Treybig et al. (Ref. 1) desenvolveram um processo analítico para determinar a reflexão das trincas em recapeamentos asfálticos de pavimentos rígidos PCC, sem aplicar princípios mecânicos da formação de trincas. O trincamento causado pelo movimento horizontal do pavimento PCC original, devido a mudanças de temperatura, é considerado, assim, como o trincamento causado por deflexões diferenciais, resultantes da passagem de cargas sobre uma trinca no pavimento PCC. Os movimentos horizontais são determinados por medições de campo para definir espaçamento das juntas e o movimento da trinca ou da junta associada a uma mudança específica de temperatura. A partir destes dados, a força do atrito entre o PCC e os materiais subjacentes é determinada. A relação esforço-deslocamento é modificada quando se adiciona um recapeamento. Levam-se também em consideração os efeitos da incorporação de um dispositivo para quebrar a aderência na trinca. A tensão horizontal pode ser computada para várias temperaturas e comparada a tensão admissível para determinar se as trincas de reflexão irão ocorrer.

Os efeitos dos movimentos verticais diferenciais nas trincas são determinados por medições das deflexões em cada lado da trinca, resultantes da ação de uma carga em um dos lados. A partir desta informação o esforço de

cisalhamento no recapeamento pode ser determinado e comparado a um valor limite.

Monismith e Coerzee (Ref. 25) utilizaram um procedimento de elementos finitos bidimensional, para examinar a distribuição de tensões nas proximidades de uma trinca com e sem uma camada intermediária de asfalto borracha (SAMI). Foi construída uma série de modelos em escala natural de recapeamentos asfálticos sobre uma placa de concreto de cimento trincada e apoiada em uma fundação de molas Winkler com e sem uma construção do tipo SAMI entre as superfícies de concreto asfáltico e PCC. As conclusões, de uma maneira geral, confirmaram o estudo analítico. Os resultados da análise são apresentados na Figura a seguir. A grande redução da tensão, resultante da utilização da camada intermediária, é evidente, assim como a redução da tensão devido ao aumento da espessura sem a camada intermediária, que explica o retardamento de ocorrência de trincas de reflexão com a utilização de recapeamentos mais espessos.

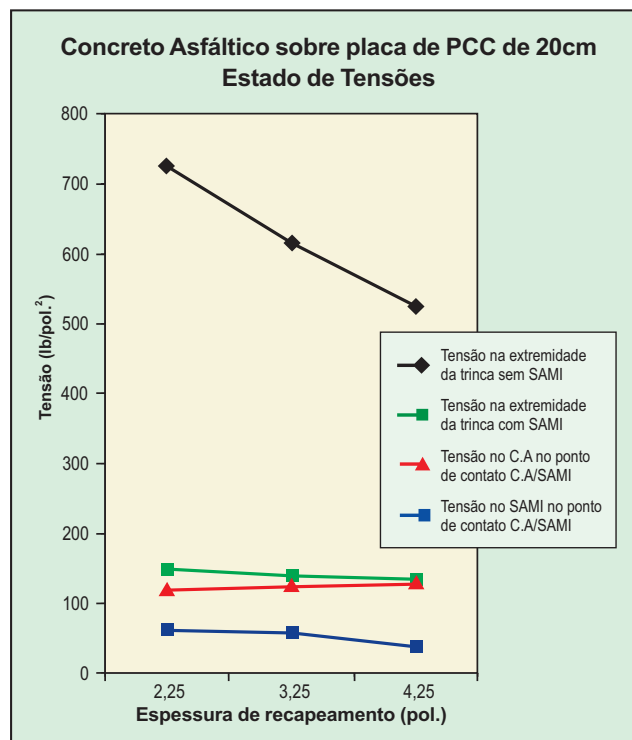
9. ALGUMAS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1 – Técnicas de capacidade comprovada para retardar trincas de reflexão em recapeamentos de CBUQ sobre velhos pavimentos de concreto asfáltico, em circunstâncias específicas, incluem:

- Asfalto de baixa viscosidade, utilizado em concretos asfálticos como revestimento ou como camada intermediária.
- Reciclagem a quente do revestimento existente e recobrimento com uma nova camada betuminosa.
- Camada intermediária de asfalto borracha, processo de construção SAMI.
- Camadas espessas, as quais são menos prováveis de refletir trincas durante um certo período de tempo, do que camadas com espessuras de 50mm ou menos.

2 – Técnicas de capacidade comprovada para retardar trincas de reflexão de recapeamentos com CBUQ sobre antigos pavimentos PCC em circunstâncias específicas incluem:

- Recapeamentos espessos de concreto asfáltico de



150mm são mais eficazes do que camadas esbeltas de 50 ou 100mm, onde o movimento vertical não é excessivo.

- Mantas de membrana têxtil pré-fabricadas.

3 – Recapeamentos de PCC sobre pavimento de concreto asfáltico ou PCC, os quais são normalmente construídos para reforçar o pavimento existente, podem também servir para controlar trincas de reflexão. Para reduzir as trincas a um mínimo, recomendam-se as seguintes práticas:

- Para camadas de PCC aderentes ou parcialmente aderentes, as novas juntas deverão ser colocadas diretamente sobre as antigas.
- O alinhamento das juntas não é requerido para camadas não aderentes.

4 – Considerações teóricas sobre sistemas projetados para retardar trincas de reflexão têm sido desenvolvidas; entretanto, são necessárias pesquisas adicionais e testes de campo para transformar ou verificar estas considerações como sistemas práticos de projeto.

Bibliografia

1. TREYBIG, H. J., B. F. McCullough, P. Smith, and H. Von Quintus. "Overlay Design and Reflection Cracking Analysis for Rigid Pavements." Vol.1. "Development of New Design Criteria" No. FHWA-RD 77-66. Vol.2. "Design Procedures." No. FHWA RD 77-67. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C. (Aug. 1977)

2. SHERMAN, G. B., "Reflection Cracking." *Pavement Rehabilitation: Proceedings of a Workshop*. No. FHWA-RD-74-60. Federal Highway Administration, U. S. Department of Transportation, Washington, D.C. (June 1974) pp. 151 -157.
3. SCHWARTZ, D. R., and C. S. HUGHES. "Reflection Cracking – Group Report." *Pavement Rehabilitation: Proceedings of a Workshop*. No. FHWA-RD-74-60. Federal Highway Administration, U. S. Department of Transportation. Washington, D.C. (June 1974) pp. 221 -223.
4. MCGHI, K. H., "Efforts to Reduce Reflection Cracking of Bituminous Concrete Overlays of Portland Cement Concrete Pavements." Virginia Highway and Transportation Research Council (Nov. 1975).
5. CRUMP, L. W., and A. J. Boné, "Condition Surveys of Bituminous Resurfacings Over Concrete Pavements."
6. KANAROWSKI, S. M., "Study of Reflection Cracking in Asphaltic Concrete Overlay pavements." Phase 1. Technical Report No. AFWL-TR-71-142. Construction Engineering Research Laboratory, U.S. Army Engineers (Mar. 1968)
7. "Reducing Reflection Cracking in Bituminous Overlays – Status of Synthetic Fabrics." Federal Highway Administration Memorandum HHO-31 (March 9, 1978).
8. SKOG, J. B., J. A. Matthews, G. W. Mann, and D. V. Roberts, "Statewide Flexible Pavement Performance and Deflection Study." No. FHWA-CA-TL-78-28. Transportation Laboratory, California Department of Transportation (Dec. 1978).
9. WAY, G., "Prevention of Reflection Cracking: Minnetonka-East-1979 Addendum" No. 1979 G.W. I. Arizona Department of Transportation (Aug. 1979)
10. HAAS, R. C. G., et al, "Low Temperature Pavement Cracking in Canada – The Problem and its Treatment." Canadian Good Roads Assn, Proc. (1970) pp. 69 – 96.
11. MCLEOD, N. W. "A Four Year Survey of Low Temperature Transverse Pavement Cracking on Three Ontario Test Roads." Association of Asphalt Paving Technologists, Proc. Vol. 41 (1972).
12. NOUNELDIN, M. S. and P.G. Manke, "Applications of the Stiffness Concept to Transverse Pavement Cracking in Oklahoma." Association of Asphalt Paving Technologists.
13. KANDHAL, P.S., "Low Temperature Shrinkage Cracking of Pavements in Pennsylvania." Association of Asphalt Paving Technologists. Proc. Vol. 47 (1978).
14. CLARK, M. F., and R. W. Culley. "Evaluation of Air Blown Asphalts Thermal Cracking of Asphalt Pavements." Association of Asphalt Paving Technologists, Proc. Vol. 45 (1976) pp. 530 – 551.
15. HIGNELL, E. T., J.J. Hajek, and R. C. Haas, "Modification of Temperature Susceptibilities of Asphalt Paving Mixtures." Association of Asphalt Paving Technologists, Proc. Vol. 41 (1972) pp. 524 – 561.
16. Way G., "Prevention of Reflection Cracking in Arizona: Minnetonka- East (A Case Study)". Arizona Department of Transportation (May 1976).
17. KENNEPOHI, G. J. and L. Miller, "Sulphur-Asphalt Binder Technology for Pavements." *New Uses of Sulfur- II*, D. J. Bourn, Editor, American Chemical Society. Advances in Chemistry Series, No. 165 (1978)
18. WAY, G. B., "Prevention of Reflective Cracking in Arizona." Association of Asphalt Paving technologists, Proc. Vol. 49 (1980).
19. KENNEDY, T. W., L. O. Cummings, and T. D. White, "Changing Asphalt Through New Chemistry." Association of Asphalt Paving Technologists, Proc. Vol. 50 (1981).
20. ROSTLER, F. S., R. M. White, and E. M. Dannenberg, Association of Asphalt Paving technologists, Proc. Vol. 46 (1977) pp. 376-410
21. MCDONALD, C. H., "A New Patching Material for Pavement Failures." *Highway Research Record* 146 (1966) pp.1 – 16.
22. MCDONALD, C. H., "An Elastomer Solution for Alligator, Pattern of Fatigue Cracking in Asphalt Pavements." *International Symposium on the Use of Rubber in Asphalt Pavements*. Utah State Department of Highways (May 1971).
23. "Stress-Absorbing Membrane (SAM): Guideline Specifications." Sahuaro Petroleum and Asphalt Co., Phoenix, Arizona.
24. Texas Department of Highways and Public Transportation. "A Survey of Reflective Crack Retardation by Fabric Materials in Texas." Report No. 606-2 (Aug. 1977)
25. MONISMITH, C. L., and N. F. Coetsee, "Reflection Cracking – Analyses, Laboratory Studies and Design Considerations." Presented at the Annual Meeting of the Association of Asphalt Paving Technologists, Louisville, Kentucky (Feb. 1980)
26. Wyoming Highway Department, "Soft Asphalt Cushion and Rubberized Crack Filler for Minimizing Reflective Cracking." No. I-80-5(43)323, Happy Jack – East (1975)
27. BENOIT, P., "Crack Scaling Program." Nova Scotia Department of Highways (Jan. 1977)
28. DEL VAL, J. "Pressure Grouting of Concrete Pavements." *Transportation Research Record* 800 (1981) pp. 8-40.
29. KIPP, O. L., and C.K. Preus, "Minnesota Practices on Salvaging Old Pavement by Resurfacing." *HRB Proc*. Vol. 30 (1950) pp. 260-273.
30. VEEZ, P.G., "Effect of Pavement Breaker Rolling on Crack Reflectance in Bituminous Overlays." *HRB Bulletin* 290 (1961) pp. 39-50.
31. KORFHAGE, G. R "Effect of Pavement Breaker, Rolling on Crack Reflectance of Bituminous Overlays." *Highway Research Record* 327 (1970) pp. 50 – 63..
32. LYON J. W., "Heavy Pneumatic Rolling Prior to Overlaying: A 10 Year Project Report." *Highway Research Record* 327 (1970) pp. 45 – 49.

33. NOONAN, J. E., and F. R. McCULLAGH, "Reduction Of Reflection Cracking in Bituminous Overlays on Rigid Pavements." Interim Report. FHWA/NY/RR-80/80. New York Department of Transportation (1980)
34. Transportation Research Board, "Recycling Materials for Highways" NCHRP Synthesis of Highway Practice 54 (1978) 53 pp.
35. VELLERGA, B.A. G.R. Morisa, J. E. Huffman, and B. J. Huff, "Applicability of Asphalt-Rubber Membranes in Reducing Reflection Cracking." Association of Asphalt Paving Technologists, Proc. Vol. 49 (1980).
36. HUFF, B. J., and B. A. Vallerga, "Characteristics and Performance of Asphalt-Rubber Material Containing a Blend of Reclaim and Crumb Rubber". Transportation Research Record 821 (1981) pp. 29-37.
37. MASCUNARA, I. "Na Evaluation of Engineering Fabric in Pavement Rehabilitation (XXXX-21)." Physical Research Report No. 88. Bureau of Materials and Physical Research, Illinois Department of Transportation (Marc. 1981)
38. GONSALVES, G. F. D. "Evaluation of Road Surfaces Utilizing Asphalt Rubber." No. 1979 G.G.3. Arizona Department of Transportation (Nov. 1979).
39. BROWN, D. J, "Involvement of the FHWA's Demonstration Projects Division in the Development of Asphalt-Rubber, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C. (Oct. 1981) pp. 155-171,
40. FORSYTH, R.A., and H. A. Munday, Jr., " The Effectiveness of Flexible Base Cushion Courses Over Old Pavements." California Division of Highways Laboratory (Jan. 1966).
41. DYKES, J. W., " The Use of Fabric Interlayers to Retard Reflective Cracking." Association of Asphalt Paving Technologists, Proc. Vol. 49 (1980)
42. "Guide to Concrete Resurfacing Designs and Selection Criteria." Publication EB087.01P. Portland Cement Association (1981).
43. LUTHER, M. S. K. Mahdzaeh, and C. Chang, "Mechanistic Investigation of Reflection Cracking of Asphalt Overlays." Transportation Research Record 572 (1976) pp. 111-122.
44. GERMANN, F. P., and R. L. Lytton, " Methodology for Predicting the Reflection Cracking Life of Asphalt Concrete Overlays." Research Report 207-5. Texas Transportation Institute (Mar. 1979) 147 pp.
45. MAJIDZADEH, K. and G. Suckarieh. The Study of Pavement Overlay Design." Final Report. Ohio State University, Columbia (1977).

.....

Cartas dos leitores

A Seção de Cartas destina-se a colher opiniões dos leitores sobre as matérias veiculadas na Revista, bem como críticas, elogios e manifestações de assuntos inerentes ao objeto da publicação. A Coordenação da Revista reserva-se, no entanto, o direito de publicar o conteúdo das cartas no todo ou em parte, bem como fazer uma seleção das mesmas devido às limitações de espaço.

e-mail: redacao@revistapavimentacao.org.br



Muito oportuna a reportagem de capa da edição anterior (dezembro/2007) sobre o transporte de cargas perigosas no País. De fato precisamos de políticas públicas que permitam um transporte seguro de modo a preservar a vida dos agentes envolvidos, das populações e do meio ambiente.

Eng^a Ingrid Machado Bernatti – Lorena, SP

É preciso qualificar no mais alto padrão as pessoas que conduzem veículos transportadores de produtos perigosos. Além das questões relativas à segurança e ao meio ambiente, os motoristas devem estar aptos a prestarem um primeiro atendimento emergencial na eventualidade de ocorrência de um acidente. Parabéns à Revista pela excelente matéria.

Arq^{ta} Fernanda Souza – Rio de Janeiro, RJ

Fatos Históricos da edição de dezembro me instigou a um belo passeio pelo história da Escola de Engenharia da UFF, em Niterói. É muito bom ver o passado sendo refletido no presente, confirmando os valores da experiência. Obrigado Sr. Atahualpa Schmitz!

Wilson Carlos S. Silva Filho – Niterói, RJ

A importância da inspeção e manutenção preventiva em obras-de-arte especiais no Brasil

Margarida Nascimento

Ministra dos Transportes no Governo Itamar Franco
Engenheira do CENTRAN

1. Introdução

Este trabalho foi desenvolvido para ilustrar a necessidade de implantação de um modelo que contemple a realização da manutenção preventiva nas obras-de-arte especiais no Brasil, com o objetivo principal de garantir um dos maiores objetivos de uma entidade responsável pela manutenção de uma via rodoviária ou ferroviária que é a segurança dos usuários e a preservação do patrimônio público.

Inicialmente, são apresentadas algumas informações sobre o desenvolvimento dos estudos para definição dos modelos de cálculo a serem utilizados no projeto de pontes rodoviárias, considerando os diversos valores de trem-tipo da norma brasileira desde 1943, e conclusões de estudos realizados por engenheiros especialistas no assunto, mediante o desenvolvimento de suas teses de mestrado e doutorado sobre a necessidade de compatibilização das normas brasileiras de cálculo de pontes.

Posteriormente, apresenta-se uma pesquisa realizada na produção de automotivos cujos dados só foram possíveis agregar a partir de 1957. A pesquisa ilustra que a evolução da indústria automotiva não tem influência na geração de normas específicas para certos tipos de veículos e obras-de-arte especiais. Esta evolução ratifica os estudos realizados em dissertações.

Por último, o trabalho ilustra a importância da implantação de uma metodologia para inspeção e monitoramento das obras de arte especiais no Brasil, de forma a obtermos o total de estruturas existentes, sua tipologia, características geométricas e estado de conservação, informações que, inseridas em um sistema de gerencia-

mento já existente, possibilite segurança na definição de critérios que permitam identificar os serviços prioritários e, conseqüentemente, uma melhor distribuição de recursos.

Assim, ao final deste trabalho que possui uma abordagem gerencial, seu objetivo principal será a indicação das ações que garantam a execução dessa manutenção, sempre em conformidade com as premissas técnicas que envolvem o assunto.

2. As normas brasileiras para definição do trem-tipo de pontes rodoviárias

As considerações iniciais sobre carga móvel em pontes rodoviárias ocorreram em 1943 e agrupavam três classes: I, II e III, definidas em função da localização das estradas, dimensões dos vãos e posicionamento da carga.

Entre 1960 e 1984, essas considerações foram definidas pela norma NB6/60, em função das Classes de rodovias tipo: I, II e III, e Classe das Pontes, 36, 24 e 12, para cada classe de rodovia. Nessa norma foram definidas características para os veículos, como: quantidade de eixos, peso total do veículo, pesos das rodas dianteiras, traseiras, intermediárias e outros.

Já no período de 1984 a 2004, segundo a norma NBR7188/84, as classes foram definidas como 45, 30 e 12, e os veículos tipos com 450 KN, 300 KN e 120 KN de peso total, respectivamente, sendo que a utilização das diferentes classes de pontes ficou a critério dos órgãos com jurisdição sobre as mesmas.

As normas brasileiras tiveram forte influência européia, principalmente das normas alemãs antigas, pois não

Tabela 1 – Trechos do PNV¹

**RELATÓRIO DE EXTENSÕES DO SISTEMA RODOVIÁRIO NACIONAL
REDE DO PNV – JURISDIÇÃO FEDERAL**

MT – DNIT / DPP / GEPLAN / COORDENAÇÃO DE PLANEJAMENTO
SISTEMA DE TRECHOS UNITÁRIOS DO P. N. V.

VERSÃO 2007
EMITIDO EM 05/08/2007

	Planejada	Rede não pavimentada					Rede pavimentada				
		Leito natural	Em obras implant.	Implant.	Em obras paviment.	Subtotal	Pista simples	Em obras duplic.	Pista dupla	Subtotal	Total
NORTE											
Rondônia	64,5	0,0	0,0	462,0	0,0	462,0	1.346,1	0,0	0,0	1.346,1	1.872,6
Acre	400,1	82,8	0,0	374,6	29,5	486,9	682,8	0,0	11,6	694,4	1.581,4
Amazonas	3.678,0	0,0	45,0	1.713,7	288,4	2.047,1	426,2	0,0	2,8	429,0	6.154,1
Roraima	289,2	55,1	0,0	549,6	35,0	639,7	940,6	0,0	0,0	940,6	1.869,5
Pará	2.310,0	109,0	0,0	1.653,2	1.321,9	3.084,1	1.557,7	0,0	72,4	1.630,1	7.024,2
Amapá	193,4	0,0	0,0	690,2	63,8	754,0	248,2	0,0	0,0	248,2	1.195,6
Tocantins	361,1	269,4	56,6	194,7	362,4	883,1	1.305,4	0,0	37,4	1.342,8	2.587,0
Subtotal	7.296,3	516,3	101,6	5.638,0	2.101,0	8.356,9	6.507,0	0,0	124,2	6.631,2	22.284,4
NORDESTE											
Maranhão	503,8	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0	3.226,4	0,0	28,4	3.254,8	3.858,6
Piauí	779,1	54,3	0,0	134,5	0,0	188,8	2.333,0	0,0	25,5	2.358,5	3.326,4
Ceará	385,9	41,0	80,9	150,5	76,4	348,8	2.116,3	12,3	23,9	2.152,5	2.887,2
Rio Grande do Norte	129,5	38,8	14,7	99,6	0,0	153,1	1.353,9	0,0	43,4	1.397,3	1.679,9
Paraíba	26,0	24,2	0,0	27,1	13,9	65,2	1.124,6	0,0	105,2	1.229,8	1.321,0
Pernambuco	136,6	10,6	0,0	95,4	0,0	106,0	2.278,7	18,2	187,2	2.484,1	2.726,7
Alagoas	71,9	29,4	0,0	47,6	10,0	87,0	707,6	8,8	18,1	734,5	893,4
Sergipe	93,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	296,9	13,9	8,0	318,8	411,8
Bahia	3.176,5	329,1	109,0	353,3	44,7	836,1	4.601,3	0,0	106,7	4.708,0	8.720,6
Subtotal	5.302,3	527,4	204,6	1.008,0	145,0	1.885,0	18.038,7	53,2	546,4	18.638,3	25.825,6
SUDESTE											
Minas Gerais	2.521,7	361,2	0,0	485,3	365,7	1.212,2	9.390,4	99,8	682,5	10.182,7	13.916,6
Espírito Santo	335,5	25,3	0,0	0,0	113,5	138,8	940,8	0,0	42,6	983,4	1.457,7
Rio de Janeiro	264,0	9,3	0,0	11,6	0,0	20,9	1.114,2	0,0	470,1	1.584,3	1.869,2
São Paulo	916,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	451,0	16,2	656,8	1.124,0	2.040,8
Subtotal	4.038,0	395,8	0,0	496,9	479,2	1.371,9	11.896,4	116,0	1.862,0	13.874,4	19.284,3
SUL											
Paraná	1.104,3	4,8	0,0	0,0	151,6	156,4	2.633,5	43,2	580,4	3.257,1	4.517,8
Santa Catarina	315,2	29,7	0,0	54,1	57,7	141,5	1.905,6	0,0	224,0	2.129,6	2.586,3
Rio Grande do Sul	799,2	0,0	0,0	123,0	258,9	381,9	5.125,6	0,0	224,2	5.349,8	6.530,9
Subtotal	2.218,7	34,5	0,0	177,1	468,2	679,8	9.664,7	43,2	1.028,6	10.736,5	13.635,0
CENTRO-OESTE											
Mato Grosso	848,7	0,0	0,0	367,9	494,9	862,8	3.300,9	0,0	52,9	3.353,8	5.065,3
Mato Grosso do Sul	327,0	41,0	0,0	0,6	356,0	397,6	3.334,2	0,0	23,2	3.357,4	4.082,0
Goias	662,8	81,0	0,0	46,0	271,6	398,6	2.754,1	158,3	280,6	3.193,0	4.254,4
Distrito Federal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	114,8	0,0	125,3	240,1	240,1
Subtotal	1.838,5	122,0	0,0	414,5	1.122,5	1.659,0	9.504,0	158,3	482,0	10.144,3	13.641,8
BRASIL	43.834,4	1.596,0	306,2	7.734,5	4.315,9	13.952,6	55.610,8	370,7	4.043,2	60.024,7	94.671,1

¹ Tabela cedida pelo DNIT – Eng^o Jony Lopes

dispomos até hoje de estudos estatísticos que possam refletir, com a precisão mais adequada, as cargas móveis que possuam efeitos similares aos produzidos pelas cargas reais.

O Brasil não dispõe de um sistema para coleta dos dados reais de tráfego nas rodovias nem dos dados que ilustrem o peso real que circula nas rodovias brasileiras, pois a implantação de um procedimento dessa natureza deve possuir características de continuidade. De posse desses dados coletados em períodos pré-determinados, seria possível obter os dados de cargas móveis que se aproximassem das cargas realmente existentes.

Os dados de tráfego disponibilizados pelo DNIT no sítio: www.dnit.gov.br foram obtidos em medições realizadas entre dezembro de 1999 e outubro de 2002 em 15 postos de pesagem em vários pontos do país. A partir deles foi possível obter distribuições de frequência dos veículos por classe, do peso bruto e das cargas por eixo. Para este trabalho foi considerada a malha rodoviária do Estado de Minas Gerais cuja extensão encontra-se disponibilizada na Tabela 1 da página anterior que ilustra o PNV – Plano Nacional de Viação em vigência no mês de julho de 2007.

3. Definições importantes sobre manutenção rodoviária

De forma a fornecer um maior entendimento sobre as idéias a serem expostas ao final deste trabalho, vale apresentar algumas definições sobre termos usualmente empregados em serviços de monitoramento e manutenção rodoviária.

MANUTENÇÃO: termo utilizado para manter a estrutura em um estado satisfatório de condições operacionais, dentro de gastos esperados, usualmente baseados em intervenções regulares e esperadas.

MANUTENÇÃO ESTRUTURAL: é a combinação de todas as ações de caráter técnico e/ou administrativo, que tenham por fim garantir ou restabelecer, para uma determinada estrutura, as condições necessárias para que esta desempenhe satisfatoriamente as funções para as quais foi concebida.²

MANUTENÇÃO PREVENTIVA: é aquela executada em intervalos de tempo predefinidos e baseada em dois critérios: os preestabelecidos em projetos e as informa-

ções obtidas através de verificações feitas em períodos aleatórios ou definidos.

MANUTENÇÃO CORRETIVA: é aquela executada a partir de um evento inesperado, quando não foi colocado em prática nenhum critério de acompanhamento da rodovia, e é o resultado de uma inspeção executada após a identificação de um problema.

De forma a mantermos uma rodovia em seu estado adequado de utilização, os trabalhos de manutenção em seus elementos constituintes devem ser desenvolvidos por metodologias que forneçam respostas padronizadas e quase instantâneas, o que evitará qualquer situação inesperada.

A tabela adiante apresentada ilustra a extensão total da malha de pontes e viadutos inseridos no PNV constante da tabela anterior. A tabela ilustra que o Estado de Minas Gerais possui a maior malha rodoviária do país, 13.916,60km

Tabela 2 – Extensão das Pontes no PNV

Estado	Extensão da Malha (km)	Comp. total das pontes (km)
Minas Gerais	13.916,60	35,40
Bahia	8.720,60	21,50
Pará e Amapá	8.219,80	6,10
Amazonas	6.154,10	1,80
Rio Grande do Sul	5.349,80	31,50
Mato Grosso	5.065,30	6,70
Paraná	4.517,80	10,70
Goiás e DF	4.494,50	11,90
Mato Grosso do Sul	4.082,00	9,10
Maranhão	3.586,60	4,80
Acre e Rondônia	3.454,00	2,80
Piauí	3.326,40	6,90
Ceará	2.887,20	10,70
Pernambuco	2.726,70	17,90
Tocantins	2.587,00	2,90
Santa Catarina	2.129,60	23,90
São Paulo	2.040,80	15,90
Roraima	1.869,50	5,10
Rio de Janeiro	1.869,20	12,30
Rio Grande do Norte	1.679,90	2,60
Espírito Santo	1.457,70	6,30
Paraíba	1.321,00	2,70
Alagoas	893,40	4,30
Sergipe	411,80	2,90
TOTAL	92.761,30	256,70

² British Standards 3811/84.

em extensão e também a maior extensão em pontes por km, totalizando 35,40% do total da malha viária desse estado de grande importância para o escoamento de produtos que são transportados para os principais portos do país, a saber: Santos, Tubarão e Sepetiba.

Qualquer colapso de estruturas verificado na extensão dessa malha irá prejudicar sobremaneira o abastecimento de várias regiões do país. No mapa do Brasil, verifica-se que o Estado de Minas Gerais encontra-se praticamente no centro do país, possuindo grande importância na que diz respeito a essa questão.

O Estado de Minas também possui a maior quantidade de pontes conforme tabela adiante.

Tabela 3 – Quantidade de Pontes por Estado

Estado	Nº de Pontes	Estado	Nº de Pontes
Minas Gerais	598	Maranhão	112
Bahia	403	Mato Grosso do Sul	103
Santa Catarina	374	Alagoas	102
Rio Grande do Sul	336	Espírito Santo	86
Pernambuco	330	Pará e Amapá	72
Ceará	247	Roraima	59
São Paulo	239	Paraíba	58
Rio de Janeiro	214	Sergipe	51
Goiás e DF	201	Tocantins	49
Paraná	155	Rio Grande do Norte	38
Mato Grosso	130	Amazonas	32
Piauí	119	Acre e Rondônia	29
TOTAL	4.137		

Dados cedidos pelo Engº Eduardo Calheiros – DNIT

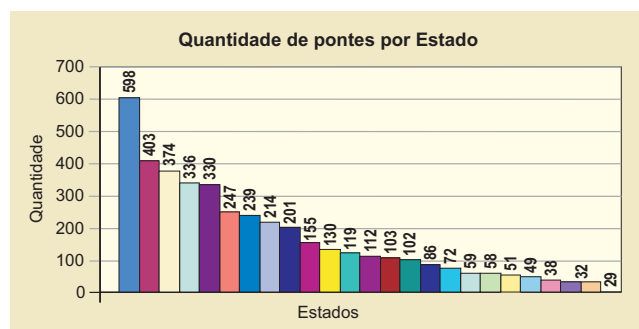


Gráfico 1 – Quantidade de Pontes por Estado

Os dados apresentados que estão inseridos nas tabelas e gráficos foram cedidos pelo DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA TERRESTRE neste mês de julho de 2007 e foram levantados ao longo dos

anos, desde a construção dessas estruturas, sem, contudo, estarem totalmente inseridos em um sistema que contenha o cadastro total das obras-de-arte especiais do Brasil.

Em 15 de dezembro de 1967, os Estados Unidos se deparou com um grande desastre que ocorreu com o colapso da ponte denominada “Silver Bridge”, no Estado de Ohio. Naquela ocasião, 46 pessoas morreram, e o governo americano resolveu criar um extenso programa de levantamento de todas as pontes do país, culminando na criação de um Cadastro Nacional que deve ser alimentado anualmente por todos os estados através de seus “DOTs”. Esta determinação deve ser cumprida sob pena de que esses departamentos não recebam os recursos necessários à realização das manutenções preventivas e/ou corretivas.

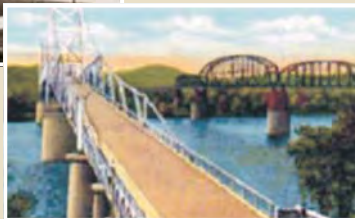
Esta decisão culminou na criação de um sistema de monitoramento e gerenciamento de pontes denominado “PONTIS”, que vem sendo constantemente abastecido com os dados coletados nos diversos estados e atualizado em suas características de arquitetura de software, o que permitiu ao longo de todos esses anos criar um critério para priorização dos serviços a serem realizados e a distribuição de recursos para os serviços aos estados americanos. Este critério foi elaborado a partir da observação da evolução e correção das patologias identificadas nas inspeções executadas mediante um modelo matemático inserido no sistema de cadastramento e monitoramento.

Com aplicação desta medida, muitos problemas foram eliminados na malha rodoviária americana, evitando outros desastres em tempo hábil, devido ao conhecimento do estado de conservação dessas estruturas.

Abaixo, insere-se transcrição da fonte referenciada na foto da página seguinte que comenta a situação da estrutura submetida à constante excesso de peso devido ao tráfego.

On December 15, 1967, the Silver Bridge collapsed while it was choked with rush hour traffic, resulting in the deaths of 46 people. Investigation of the wreckage pointed to the cause of the collapse being the failure of a single eye-bar in a suspension chain, due to a small defect only 0.1 inches (2.54 mm) deep. It was also noted that the bridge was carrying much heavier loads than it was originally designed for and was poorly maintained

O texto em negrito ilustra que a ponte, construída em 1928, que entrou em colapso em 1967, 39 anos após a



Fotos da ponte denominada “Silver Bridge”, localizada no Estado de Ohio. A foto à direita é de 19 de maio de 1928, e a foto à esquerda é de 15 de dezembro de 1967.

Fotos da internet, do sítio: <http://www.rootsweb.com/~wvmason/pointpleasant/silver.html>



“Silver Bridge”: estrutura em colapso.

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Silver_Bridge

sua construção, estava submetida a cargas superiores àquelas originalmente previstas em projetos e sem manutenção adequada, ou “pobremente mantida – em palavras bem similares ao texto em inglês”.

A situação apresentada ilustra com precisão a necessidade de que qualquer estrutura esteja sempre em observação e em processo de constante “rejuvenescimento”, observação à qual agregamos a necessidade de verificar sempre suas premissas de cálculo e a utilização a que se encontra submetida em termos de tráfego e carga.

Conforme já comentado anteriormente, em pesquisa realizada na produção de automotivos, ilustrada com gráficos adiante apresentados, verificou-se que parece não existir uma integração entre a produção da indústria automotiva e as normas que norteiam as premissas de cálculo, nem um acompanhamento da influ-

ência da melhoria das características dos veículos e suas cargas com ações de manutenção, recuperação, adequação de capacidade que motive a modificação das normas vigentes.

A indústria automobilística no Brasil obteve um crescimento de 22,6% das vendas de automóveis no primeiro quadrimestre de 2007 em relação ao mesmo período do ano anterior. Neste período do primeiro semestre de 2007, a indústria alcançou a marca de 50 milhões de automóveis produzidos no Brasil. A estimativa de produção para todo o ano de 2007 é de 2,8 milhões de automóveis, 5,8% maior que 2006.

Segundo dados coletados na Anfavea – Associação de Fabricantes de Veículos Automotores se o veículo possui placa, o Denatran, Departamento Nacional de Trânsito, o considera como parte da frota brasileira, circulando ou não. Em janeiro de 2006, eram 42,3 milhões de veículos, segundo os registros desse órgão, divididos por automóvel, bonde, caminhão, caminhão-trator, caminhonete, camioneta, chassi plataforma, ciclomotor, microônibus, motocicleta, motoneta, ônibus, outros, quadriciclo, reboque, semi-reboque, *sidecar*, trator de esteira, trator de rodas, triciclo e utilitários. O certo é que automóveis, comerciais leves, ônibus, caminhões, para usar a nomenclatura da Anfavea, respondem por mais de 80% da frota nacional. Esses números começaram a ser delineados em meados do século anterior. Isto ocorreu em 1956, quando o presidente Juscelino Kubitschek criou o Geia, Grupo Executivo da Indústria Automobilística, com o objetivo de estimular a fabricação local e não somente a montagem de veículos no País.

Na pesquisa feita no sítio da Anfavea, ratifica-se o crescimento dessa indústria que se utiliza de toda a malha rodoviária brasileira, ressaltando nesse caso suas obras-de-arte especiais.

Nos dados coletados, observa-se que o crescimento foi progressivo desde 1956, quando esses números passaram a ser controlados pela Anfavea, e a modificação das premissas de cálculo adotadas para o cálculo de pontes e viadutos atende em parte às estruturas das pontes e a esses veículos.

Pesquisa realizada também em estudos desenvolvidos em teses de mestrado e doutorado, nas quais os pesquisadores definem tipos especiais de estruturas, aplicando

a elas o modelo do tráfego disponibilizado pelos órgãos responsáveis, chegou-se a conclusão que:

as solicitações do tráfego real podem ser maiores que as obtidas com o carregamento Classe 36 da NB6 (1960). Por outro lado, verifica-se que o carregamento da Classe 45 da NBR 7188:1982 tende a ser exageradamente conservador para algumas faixas de comprimento de vão. Essas observações estão contidas na tese de doutorado apresentada pelo Eng^o Carlos Eduardo Rossigali, que considerou em seu estudo pontes em grelha com duas longarinas, com vãos entre 10m e 40m, sujeitas à passagem de veículos isolados.³

A dissertação de mestrado do engenheiro ressalta a necessidade de modernização das normas brasileiras de cargas móveis, considerando-se várias medidas, sendo que uma de grande importância considera a necessidade da execução de calibrações periódicas dos modelos de carga em utilização para considerar eventuais mudanças no padrão do tráfego rodoviário. Este tema de pesquisa, segundo o engenheiro, já está em desenvolvimento no Laboratório de Estruturas da COPPE/UFRJ.

Para desenvolvimento deste trabalho também foi exaustivamente estudada a tese do Eng^o Lorenzo Augusto Ruschi e Luchi, apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, cujo título é “Reavaliação do Trem-tipo à luz das cargas reais nas rodovias brasileiras”.

O objetivo do trabalho foi apresentar um modelo para verificação do trem-tipo de projeto de pontes e viadutos da norma brasileira a partir do tráfego real nas estradas. O engenheiro realizou sua pesquisa somente para o trem-tipo de 45t, apresentando uma comparação da carga móvel da norma brasileira com o EUROCODE e com as normas da AASHTO. Foi feita uma comparação com o estado da arte no Brasil e no mundo, em pesquisas com cargas móveis em pontes. O estudo realizado forneceu resultados para estado limite último

³ Carlos Eduardo Rossigali, M. Sc., COPPE/UFRJ. Orientadores: Michele Schubert Pfeil, Professora Associada, POLI-COPPE/UFRJ, e Ronaldo Carvalho Battista, Professor Titular, COPPE/UFRJ.

compatíveis com o EUROCODE, porém maiores que os das normas da AASHTO.

É imperioso ressaltar a importância que vem sendo dada ao assunto a algum tempo no exterior, onde a preocupação com a calibração dos modelos de cargas móveis é importante devido à constante evolução das características dos veículos, tal como se observa no Brasil.

O engenheiro chama atenção para a necessidade de padronização dos caminhões em utilização e sobre a dificuldade de determinar as diversas distribuições dos eixos dos veículos em seus diversos tipos. Esta conclusão é muito importante, pois a realização de uma análise do tráfego nas obras-de-arte especiais fica prejudicada devido à diversidade de veículos com diferentes configurações e cargas por eixo, bem como de uma legislação que oriente a prática adequada para a questão.

No que diz respeito aos veículos com trem-tipo para 45t, a opinião do engenheiro é coincidente com os resultados apontados pelo Eng^o Carlos Eduardo.

Adiante serão mostradas algumas tabelas que ilustram a evolução dos veículos de carga que trafegam nas rodovias do Brasil conforme dados fornecidos pela Anfavea e disponíveis no sítio: www.anfavea.org.br.

3. Os veículos que trafegam nas rodovias Produção de 1957 a 2006

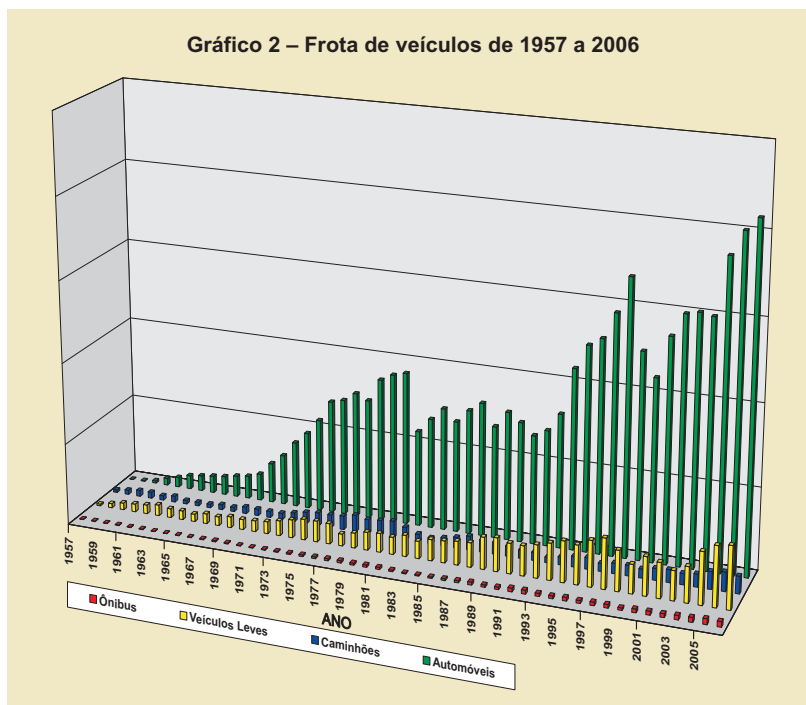


Tabela 4 – Produção de veículos – 1957 a 2006

ANO	Ônibus	Veículos Leves	Caminhões	Automóveis	TOTAL
1957	2.246	10.871	16.259	1.166	30.542
1958	3.674	26.480	26.998	3.831	60.983
1959	3.003	41.959	36.657	14.495	96.114
1960	3.877	48.735	37.810	42.619	133.041
1961	3.602	54.886	26.891	60.205	145.584
1962	3.496	67.648	36.174	83.876	191.194
1963	2.474	55.397	21.556	94.764	174.191
1964	2.704	54.503	21.790	104.710	183.707
1965	3.131	46.456	21.828	113.772	185.187
1966	3.955	60.735	31.098	128.821	224.609
1967	4.665	54.421	27.141	139.260	225.487
1968	7.044	66.984	40.642	165.045	279.715
1969	5.679	63.073	40.569	244.379	353.700
1970	4.058	66.728	38.388	306.915	416.089
1971	4.393	73.840	38.868	399.863	516.964
1972	5.230	92.329	53.557	471.055	622.171
1973	6.362	110.810	69.202	564.002	750.376
1974	8.262	126.935	79.413	691.310	905.920
1975	10.126	128.895	78.688	712.526	930.235
1976	12.059	125.370	83.891	765.291	986.611
1977	13.828	73.637	101.368	732.360	921.193
1978	14.340	92.235	86.269	871.170	1.064.014
1979	12.832	110.065	93.051	912.018	1.127.966
1980	14.465	115.540	102.017	933.152	1.165.174
1981	13.393	105.264	76.350	585.834	780.841
1982	9.820	130.163	46.698	672.589	859.270
1983	6.206	106.390	35.487	748.371	896.454
1984	7.340	129.429	48.497	679.386	864.652
1985	8.385	134.411	64.769	759.141	966.706
1986	11.218	145.418	84.544	815.152	1.056.332
1987	13.639	148.847	74.205	683.380	920.071
1988	18.427	196.108	71.810	782.411	1.068.756
1989	14.553	205.008	62.699	730.992	1.013.252
1990	15.031	184.754	51.597	663.084	914.466
1991	23.012	182.609	49.295	705.303	960.219
1992	24.286	201.591	32.025	815.959	1.073.861
1993	18.894	224.387	47.876	1.100.278	1.391.435
1994	17.435	251.044	64.137	1.248.773	1.581.389
1995	21.647	239.399	70.495	1.297.467	1.629.008
1996	17.343	279.697	48.712	1.458.576	1.804.328
1997	21.556	306.545	63.744	1.677.858	2.069.703
1998	21.458	247.044	63.773	1.254.016	1.586.291
1999	14.934	176.994	55.277	1.109.509	1.356.714
2000	22.672	235.161	71.686	1.361.721	1.691.240
2001	23.163	214.936	77.431	1.501.586	1.817.116
2002	22.826	179.861	68.558	1.520.285	1.791.530
2003	26.990	216.702	78.960	1.505.139	1.827.791
2004	28.758	318.351	107.338	1.862.780	2.317.227
2005	35.387	365.636	118.000	2.011.817	2.530.840
2006	33.809	379.221	106.001	2.092.003	2.611.034
TOTAIS	647.687	7.273.502	2.950.089	38.200.015	49.071.293

Tabela 5 – Licenciamento de veículos nacionais nos anos de 2006 e 2007

UNIDADES	2007			2006		Variações Percentuais			PBT	CMT	PBTC
	JULHO A	JUNHO B	JAN-JUL C	JULHO D	JAN-JUL E	A/B	A/D	C/E			
Total	196.652	179.176	1.172.564	153.833	964.694	9,8	27,8	21,5			
Veículos leves	185.815	169.329	1.108.536	146.273	913.547	9,7	27	21,3			
Automóveis	161.801	147.922	965.130	127.574	791.037	9,4	26,8	22			
Comerciais leves	24.014	21.407	143.406	18.699	122.510	12,2	28,4	17,1			
Caminhões	8.490	7.741	51.210	5.856	39.773	9,7	45	28,8			
Semileves	451	427	3.060	312	2.692	5,6	44,6	13,7	> 3,5 t < 6 t		
Leves	1.981	1.809	12.499	1.418	10.573	9,5	39,7	18,2	≥ 6 t < 10 t		
Médios	948	928	6.192	770	4.976	2,2	23,1	24,4	≥ 10 t < 15 t		
Semipesados	2.624	2.179	14.850	1.703	10.872	20,4	54,1	36,6	≥ 15 t	≤ 45 t	< 40 t
Pesados	2.486	2.398	14.609	1.653	10.660	3,7	50,4	37	≥ 15 t	> 45 t	≥ 40 t
Ônibus	2.347	2.106	12.818	1.704	11.374	11,4	37,7	12,7			

Mil Unidades	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
2005	101,6	109,9	142,9	130,6	135,3	140,9	132,1	144,1	136,6	130,2	149,9	172,3	1.626,50
2006	126	122,2	149,6	123,1	152,7	137,2	153,8	164,6	146,2	160,2	166	183,7	1.785,40
2007	134,8	133,5	174,2	161,9	192,3	179,2	196,7						1.172,60

Fonte: Anfavea / PBT: Peso Bruto Total / CMT: Capacidade Máxima de Tração / PBTC: Peso Bruto Total Combinado

Tabela 6 – Licenciamento de caminhões nos anos de 2006 e 2007

UNIDADES	2007			2006		Variações Percentuais			PBT	CMT	PBTC
	JULHO A	JUNHO B	JAN-JUL C	JULHO D	JAN-JUL E	A/B	A/D	C/E			
Total	196.652	179.176	1.172.564	153.833	964.694	9,8	27,8	21,5			
Caminhões	8.490	7.741	51.210	5.856	39.773	9,7	45	28,8			
Semileves	451	427	3.060	312	2.692	5,6	44,6	13,7	> 3,5 t < 6 t		
Leves	1.981	1.809	12.499	1.418	10.573	9,5	39,7	18,2	≥ 6 t < 10 t		
Médios	948	928	6.192	770	4.976	2,2	23,1	24,4	≥ 10 t < 15 t		
Semipesados	2.624	2.179	14.850	1.703	10.872	20,4	54,1	36,6	≥ 15 t	≤ 45 t	< 40 t
Pesados	2.486	2.398	14.609	1.653	10.660	3,7	50,4	37	≥ 15 t	> 45 t	≥ 40 t

Mil Unidades	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
2005	101,6	109,9	142,9	130,6	135,3	140,9	132,1	144,1	136,6	130,2	149,9	172,3	1.626,50
2006	126	122,2	149,6	123,1	152,7	137,2	153,8	164,6	146,2	160,2	166	183,7	1.785,40
2007	134,8	133,5	174,2	161,9	192,3	179,2	196,7						1.172,60

Fonte: Anfavea / PBT: Peso Bruto Total / CMT: Capacidade Máxima de Tração / PBTC: Peso Bruto Total Combinado

4 – Distribuição do trem-tipo no Brasil

Cargas em pontes e viadutos

No projeto de obras-de-arte especiais, o engenheiro deverá considerar todas as cargas atuantes na estrutura e que podem ser assim consideradas: carga permanente ou acidental, cargas distribuídas ou concentradas e as cargas que trazem deformação à estrutura, que podem ser devido à temperatura, fluência ou retração.

As cargas móveis são provenientes da ação dos veículos. Considerando o tráfego que pode ser muito variado nas pontes, a composição dos caminhões, volume médio de veículos por dia, as cargas máximas permitidas e as cargas distribuídas nos eixos, exibe-se um cenário que requer constante monitoramento com o levantamento dos dados que interferem no comportamento da infraestrutura rodoviária do país.

Nos anos que se passaram, principalmente após 1957, com o grande incremento ocorrido na indústria automotiva conforme tabelas e gráficos mostrados nos parágrafos anteriores, foi necessária a ampliação da malha rodoviária nacional, e, nessa ocasião, várias obras-de-arte especiais tiveram seus projetos baseados na antiga norma NB-6 que estava em vigor na época e que considerava três tipos de classes de ponte conforme a tabela 7.

Nos últimos anos, diversos tipos de composições de veículos de carga e ônibus são utilizados conforme já ilustrados nos parágrafos anteriores. Soma-se a essa situação o crescimento acentuado de tráfego de Combinação de veículos de carga (CVCs), que não é contemplada com uma nomenclatura padronizada. Esses tipos de combinações possuem nomes populares, como truck, carreta, bitrenzinho, bitrenzão, rodotrem, treminhão,

tritrem e outros, nos regulamentos do Contran – Conselho Nacional de Trânsito.

A malha rodoviária brasileira apresenta a sua grande maioria de obras-de-arte especiais projetadas no período de 1960 a 1970, sendo que essa quantidade apresenta o trem-tipo para carga móvel no valor de 36t conforme pode ser observado na tabela e gráficos adiante apresentados.

De forma a ilustrar esta situação, está sendo apresentado também gráficos de outros estados, ilustrando o quanto a situação das obras de arte especiais se distancia do valor de projeto.

Tabela 8 – Trem-tipo das obras-de-arte especiais no Brasil

Trem-tipo	Quant.
Trem-tipo 24t	662
Trem-tipo 36t	1611
Trem-tipo 45t	287
Desconhecido	1.613

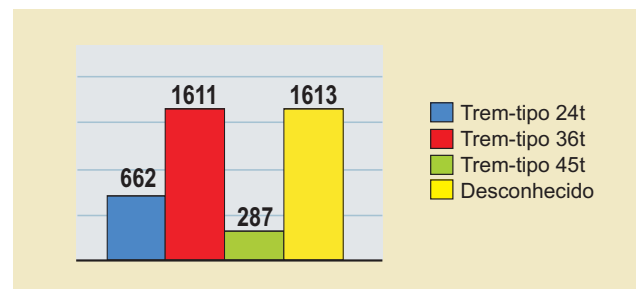


Gráfico 3 – Trem-tipo nas obras-de-arte especiais no Brasil

Os quantitativos de trem-tipo para obras-de-arte especiais no Brasil foram obtidos mediante cessão de tabelas específicas oriundas do SGO – Sistema de Gerenciamento de Obras-de-Arte Especiais desenvolvido em

Tabela 7 – Norma NB-6/60 (ABNT, 1960)

Classe da Ponte	Veículo		Carga uniformemente distribuída			Classe da Rodovia
	Tipo	Peso total (t)	p (kg/m ²)	p' (kg/m ²)	Disposição da carga	
36	36	36	500	300	– Carga p à frente e atrás do veículo – Carga p' no restante da pista e passeios	Classe I
24	24	24	400	300		Classe II
12	12	12	300	300		Classe III

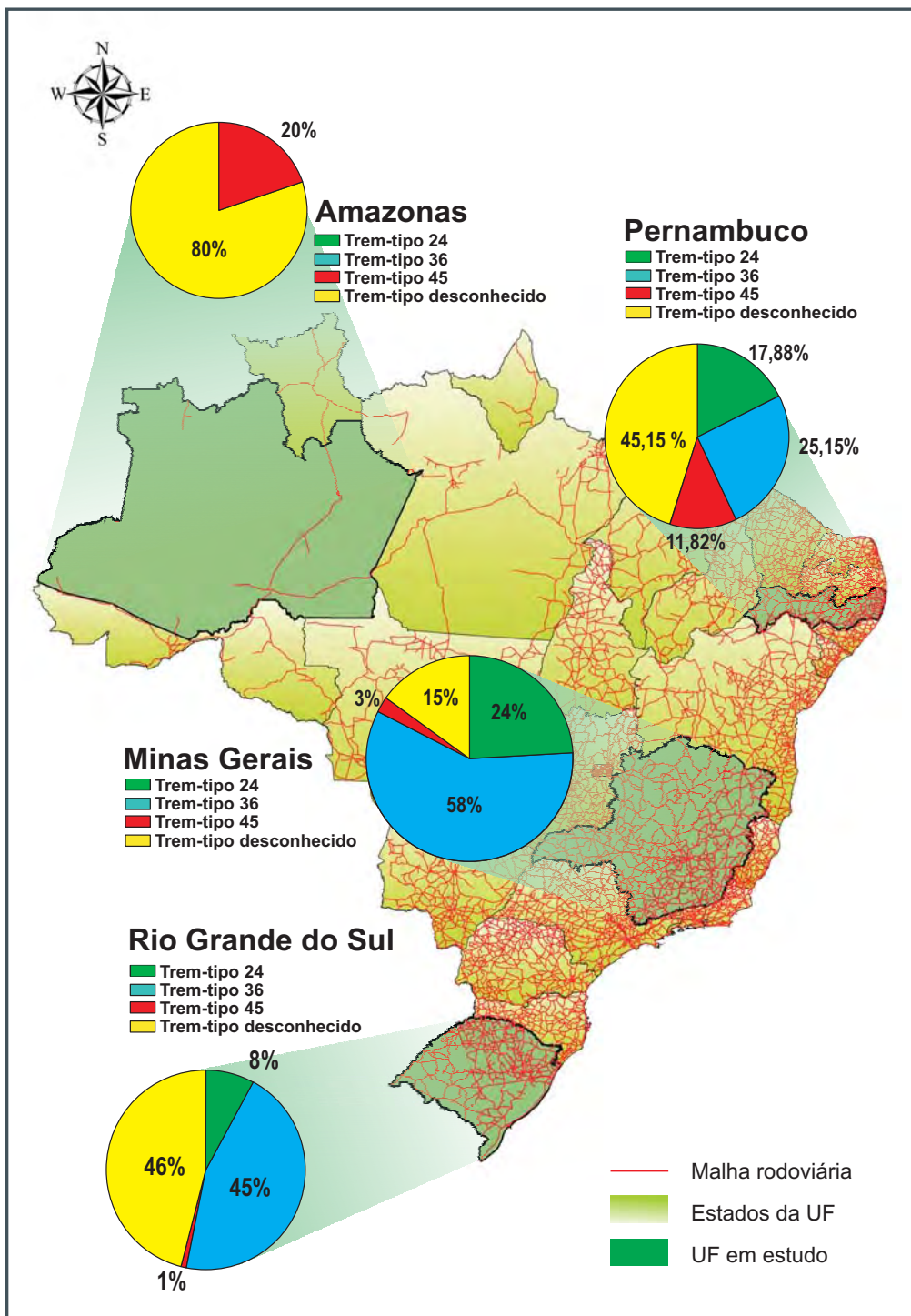


Figura 2 – Brasil – Trem-tipo em alguns estados específicos.

1994 pelo IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias em cujo cadastro estão inseridos os resultados de vistorias executadas em aproximadamente 2.000 estruturas. Também foram inseridos nesse cadastro os valores de trem-tipo obtidos por consulta dos projetos existentes no DNIT.⁴

Como pode ser observado, do total de obras-de-arte, considerado neste trabalho que é de 4.137, valor citado na tabela 3, apenas 199 estruturas atendem ao trem-tipo estipulado pela norma brasileira vigente, o que corresponde a 7% do total conhecido.

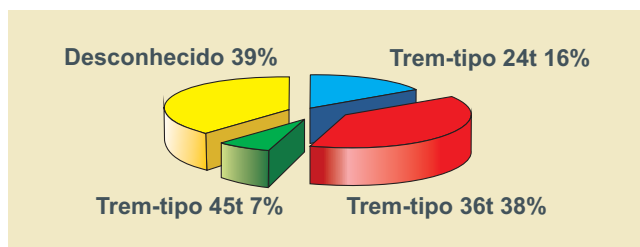


Figura 3 – % de Trem-tipo para OAEs

As quantidades que se encontram fora da norma brasileira podem ainda estar atendendo às condições previstas na atual norma, conforme indicado nos trabalhos de dissertação desenvolvidos que indicam os casos mais desfavoráveis para determinadas características das estruturas e sua extensão.

Entretanto, também citado nessas dissertações, a preocupação com a análise da segurança nas cargas consideradas no projeto das obras-de-arte especiais produziu poucos trabalhos até o presente momento e encontra-se ainda em estágio inicial. A maior parte dos trabalhos foi desenvolvido para a área de pavimentos, o que possibilitou a geração de inúmeros critérios para avaliação e melhoria do desempenho dos pavimentos, inclusive buscando-se o uso de novas tecnologias.

Neste cenário, em que observamos uma crescente melhoria dos veículos que se utilizam das rodovias brasileiras, função das necessidades de movimentação de pessoas, produtos e bens produzidos para distribuição em todo o território nacional, verificamos o importante papel dessas estruturas que servem para possibilitar o alcance de regiões que têm como obstáculo os acidentes geográficos

como, por exemplo, um rio. É de grande importância o desenvolvimento de mecanismos que possibilitem a execução dos trabalhos afetos à manutenção e conservação das obras-de-arte especiais no Brasil mediante a continuidade de uso do SGO – Sistema de Gerenciamento de Obras-de-Arte Especiais que foi desenvolvido inicialmente pelo IPR.

Somente após o levantamento e cadastramento de todas as estruturas neste sistema, será possível o conhecimento da real situação das obras, sua tipologia, características geométricas e patologias que possam ter se instalado em seus elementos constituintes ao longo do tempo de uso.

Atualmente, é impossível o desenvolvimento de estudos que possam indicar os defeitos que surgem com a passagem de cargas não previstas em projeto, como foi indicado em uma das dissertações comentadas neste trabalho, pois não dispomos de nenhum dado e informações sobre o estado da arte atual das pontes, viadutos, passarelas e túneis em nosso território.

A palavra continuidade deve fazer parte do dia-dia dos órgãos e empresas que hoje possuem sob sua responsabilidade alguns trechos da malha rodoviária. Somente com o uso continuado desse sistema poderemos obter informações preciosas sobre as estruturas que vão desde o desempenho do projeto inicialmente proposto, a utilização da estrutura, o comportamento dos materiais utilizados e também as práticas utilizadas para manutenção e prolongamento da vida útil dessas estruturas.

De grande importância torna-se também o desenvolvimento de um estudo e revisão de toda a regulamentação que rege os tipos de veículos que trafegam nas rodovias brasileiras, de forma que se alcance uma padronização a ser observada por todos os setores produtivos, o que seria extremamente benéfico para o meio técnico. Essa padronização dos veículos, além de nivelar os profissionais da área de engenharia ligados à patologia das estruturas, poderia apoiar novos estudos para adaptação das normas vigentes e regulamentações em nosso país.

Ainda vale ressaltar a necessidade de continuidade em outras ações ligadas à operação das rodovias, com o objetivo de implantação também de procedimentos para pesagem de veículos e contagem de tráfego. Esta última ação é primordial para que possamos identificar

⁴ Os valores foram cedidos pelo Eng^o Eduardo Calheiros, Coordenador da Divisão de Projetos e Estruturas do DNIT.

as principais rotas de deslocamento de bens, produtos e pessoas em nosso país, em momentos distintos ao longo de cada ano, observando-se a sazonalidade que o tráfego de veículos nos vários períodos em cada ano, produção e escoamento de safras, férias, feriados e outras situações que ocorrem na malha rodoviária.

Além do exposto, os benefícios serão consideráveis se também forem identificados os pontos da malha denominados "pontos negros", nos quais ocorrem acidentes em função do traçado da via e outras características.

O estudo das cargas móveis e sua influência na durabilidade das obras-de-arte especiais serão de grande importância para o aprimoramento das ações a cargo dos órgãos responsáveis pela malha viária, bem como das concessionárias de rodovias, hoje representantes do Poder Executivo nessas atividades que ainda irão ser implantadas devido ao extenso programa de concessões de rodovias em andamento e os futuros programas.

Em consulta a vários artigos disponibilizados na internet, ressalta-se trabalho desenvolvido pelo Eng^o Neuto Gonçalves dos Reis:⁵

A limitação a 24m do comprimento mínimo das CVCs de nove eixos e das CVCs de oito eixos a 22m, tal como adotado pelo regulamento do DER de São Paulo, baseia-se no estudo "Análise das Conseqüências do Tráfego de CVCs sobre o Comportamento Estrutural de Obras-de-Arte da Rede Viária do DER-SP", realizado pelo Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos da USP.

De acordo com este estudo, rodotrens de nove eixos e 74t e 20m de comprimento são incompatíveis com pontes classes 36, 30 e 24 com qualquer tipo de estrutura. Em relação às pontes de classe 45, só existe compatibilidade para vãos inferiores a 25m desde que não usem lajes contínuas.

Quando se eleva o comprimento da CVC de nove eixos para 25m, tanto rodotrens quanto bitrens

passam a ser compatíveis com as pontes classes 36 e 45 para qualquer tipo de estrutura, porém incompatíveis com as pontes classe 30 ou 24, também para qualquer tipo de estrutura.

Para se ter uma idéia da resistência das obras-de-arte, convém lembrar que a antiga NB-6, aprovada em 1960 e que vigorou até 1984, especificava as classes 36, 24 e 12. Já a NBR 7.188, aprovada em 1984 e em vigor até hoje, prevê as classes 45 (que substituiu a 36), 30 (que substituiu a 24) e 12 (que permaneceu).

A limitação do comprimento mínimo das CVCs, assim como a proibição do seu tráfego sobre pontes classes 12, 24 e 30, portanto são tecnicamente recomendáveis.

Por longos anos, no entanto, a política oficial do DNER,⁵ lastreada pela Resolução no 68/98 do Contran, foi a de autorizar e até estimular o tráfego diuturno de CVCs de 19,80m, em detrimento dos mais compridos, que só obtinham licença para tráfego diurno. É necessário, portanto, ressaltar o direito adquirido das CVCs que estão em circulação.

Como descrito nos parágrafos anteriores, é necessária especial atenção as estruturas, as normas e regulamentações que orientam essa prática, também em relação a essas novas composições aliado ao incremento que será observado na produção automotiva nos próximos anos.

Tanto a revisão das normas como a implantação dos procedimentos contínuos dessas estruturas poderão evitar que venham a ocorrer acidentes nas estruturas pertencentes à malha rodoviária federal.

Até o presente momento, a preocupação reside no estado da condição e manutenção dos pavimentos que se deterioram em progressão considerável. Entretanto, não se concebe o estudo de práticas adequadas para manutenção até mesmo dos pavimentos sem a consideração de que o que se trafega nas rodovias evolui independentemente do que se utiliza para construí-las.

Segundo distribuição percentual contida no livro *Patologia e Terapia do Concreto Armado*,⁷ as causas de colapso em estruturas de concreto armado, obtidas em pesquisa realizada por Jean Blevot a partir da análise de documentos de 2.979 sinistros nos arquivos do "Bureau

⁵ Neuto Gonçalves dos Reis é mestre em Engenharia de Transportes pela EESC da USP e assessor técnico da NTC. Texto atualizado em 20 de março de 2003.

⁶ Atualmente denominado DNIT devido à Lei 10.233.

⁷ Manuel Fernandez Cánovas, pag. 8.

Tabela 9 – Tipos de erros – danos – %

Tipos de erros – Danos	%
Concepção geral	3,5
Hipóteses de cálculo, materiais e ausência de estudos	8,5
Disposições defeituosas em certos elementos ou na transmissão de esforços	2,5
Falhas resultantes de deformações excessivas	19,7
Falhas resultantes dos efeitos de variações dimensionais:	
– Terraços, balcões, cornijas e elementos externos de um edifício	26,5
– Elementos de concreto armado sob sótãos insuficientemente isolados	5,0
– União de pavimentos e elementos estruturais	10,0
– Erros que afetam abóbadas de tijolo ou de concreto	2,2
Defeitos de execução desdobrados em:	16,5
– Cimbramento	2,0
– Concretagem	4,0
– Armação	7,0
– Descimbramento	0,5
– Causas múltiplas (concreto e aço defeituosos)	1,5
– Falsas manobras	1,5
Fenômenos do tipo químico e de gelo desdobrados em:	4,0
– Decomposição do concreto e corrosão das armaduras	1,5
– Efeitos do gelo	2,5
Causas diversas	1,6
EXCESSO DE PESO	????????
TRÁFEGO EXCESSIVO NÃO PREVISTO	????????

preventiva em obras-de-arte especiais, de suma importância para nosso país:

- Criação de um acervo sobre as obras-de-arte especiais;
- Desenvolvimento de estudos para verificação do desempenho dos projetos inicialmente elaborados;
- Aperfeiçoamento de normas e regulamentações em utilização;
- Aferição dos serviços executados para recuperação e manutenção das estruturas, metodologias e produtos utilizados;
- Incremento da indústria de produtos atinentes à manutenção de estruturas, destacando-se o caso das juntas de dilatação em pontes e viadutos, que podem ser consideradas como as maiores causadoras de diversas patologias que são observadas nas obras;
- Acesso rápido às informações sobre a malha rodoviária, com objetivo de evitar problemas decorrentes do estado de conservação;

- Segurança na tomada de decisões, em função do controle contínuo das condições de funcionamento;
- Padronizar o formato de acesso às informações referentes aos elementos constituintes das obras-de-arte especiais e da rodovia;
- Utilização de tecnologias avançadas como georreferenciamento para garantia do cadastro adequado da via e seus constituintes; e
- Criação de um histórico que permita consulta para aprimoramento das técnicas usualmente empregadas.

É fundamental que se atente para a necessidade de reciclagem dos profissionais envolvidos e que este procedimento também faça parte de um planejamento que permita a implementação de um programa com características perenes em seu emprego.

A autora agradece o apoio recebido pelo DNIT em especial dos Engenheiros Eduardo Calheiros e Chequer Jabour Chequer no fornecimento de dados.

Securitas e Socotex (empresas de seguros), coletados no período de 1948 a 1974”.

Os valores da tabela acima foram obtidos sobre construções francesas, e, conforme citado no livro, esses valores podem servir de sinalizadores para mostrar os fatores que influem na causa das patologias que ocorrem nas estruturas.

Considerando a abordagem deste trabalho, se inserirmos nesta tabela outras possíveis causas, incluindo o excesso de peso, tráfego excessivo, frequência de passagem das cargas segundo seus tipos, só poderíamos completar uma nova tabela referente ao nosso país se possuíssemos pesquisas que revelassem esses percentuais.

5. Conclusões

Os itens relacionados a seguir constituem-se em benefícios a serem obtidos com o desenvolvimento de novos estudos para calibração das normas e compatibilização com o desenvolvimento da indústria automotiva e as futuras aplicações que poderão subsidiar um processo de manutenção

6. Bibliografia

- ABNT, 1960, NB6 – *Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- ABNT, 1982, NBR 7188 – *Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- ABNT, 1984, NBR9452 – *Vistoria de Pontes e Viadutos em Concreto Armado*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, *Manual for Condition Evaluation of Bridges*, Second Edition, Washington, DC, 2000.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, *Bridge Design Specifications*, Washington DC, 2005.
- ANFAVEA, Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores, www.anfavea.com.br, 06/07/2007.
- IPR, Publicação 709 – Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias.
- LORENZO AUGUSTO RUSCHI E LUCHI, *Reavaliação do Trem-tipo a luz das cargas reais nas rodovias brasileiras*, Tese para obtenção do título de Doutor à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2006.
- NATIONAL HIGHWAY INSTITUTE – & WILBUR SMITH ASSOCIATES – Bridge Maintenance Training Course, Washington, DC.
- PERLINGEIRO, M. S. P. L., FERREIRA, V. T., CARVALHO, E. M. L. et al., 2002, *Influência da interação pavimento-veículo-estrutura na resposta dinâmica de pontes*. Brasília, DF, maio/2002.
- RESOLUÇÃO Nº 104, CONTRAN – *Dispõe sobre tolerância máxima de peso bruto de veículos*. Em vigor, alterada pela Resolução nº 114/00.
- RESOLUÇÃO Nº 201, CONTRAN – *Regulamenta o dispositivo de acoplamento mecânico para reboque (engate) utilizado em veículos com PBT de até 3.500kg e dá outras providências*. Em vigor a partir de 31/07/2006 Art. 6 alterado pela Resolução Contran nº 234.
- RESOLUÇÃO Nº 211, CONTRAN – *Requisitos necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga (CVC)*, a que se referem os arts. 97, 99 e 314 do Código de Trânsito Brasileiro. Em vigor a partir de 22/11/2006, produzindo efeito a partir de 01/01/2007.
- RESOLUÇÃO Nº 68, CONTRAN – *Requisitos de segurança necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga (CVC)*. Revogada pela Resolução nº 211.
- WIDMER, J, A. *Compatibilidade de tráfego de bitrens de 25m com a infra-estrutura viária brasileira*. www.ntc.org.br – trabalhos publicados.

A Revista PAVIMENTAÇÃO disponibiliza este espaço para publicidade de resumos de dissertações de mestrado e teses de doutorado concluídas ou em andamento que abordem temas referentes à pavimentação. Os resumos devem ser enviados para: redacao@abpv.org.br e redacao@revistapavimentacao.org.br.

Alunos que defenderam Dissertação no PETRAN/UFC

Área de Infra-estrutura de Transportes – com seus respectivos orientadores, títulos e datas

Autor: Felipe Araújo Colares de Freitas
Orientador: Prof. Jorge Barbosa Soares
Título: Modelagem da Formação e Propagação de Trincas em Misturas Betuminosas Através do Método dos Elementos Finitos
Data da defesa: 09/DEZ/2002

Autor: José Alysso Benício Correia
Orientador: Prof. Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Título: Um Modelo de Análise de Defeitos em Estradas Não Pavimentadas de Suporte à Concepção de um Sistema de Gerência de Pavimentos
Data da defesa: 10/JAN/2003

Autor: Tercia Valfridia Lima Nunes
Orientador: Prof. Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Título: Método de Previsão de Defeitos em Estradas Vicinais de Terra com Base no Uso das Redes Neurais Artificiais: Trecho de Aquiraz – Ceará
Data da defesa: 04/SET/2003

Autor: Roberto Xavier de Lima
Orientador: Prof. Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Título: Logística da Distribuição de Materiais em Pavimentação Rodoviária: Uma Modelagem em Programação Matemática
Data da defesa: 05/SET/2003

Autor: Flávio Eduardo Batista Moreira
Orientador: Prof. Ernesto Ferreira Nobre Júnior

Título: Um Modelo de Avaliação da Evolução Geométrica das Patologias em Vias Não Pavimentadas: Aplicação ao Caso do Município de Aquiraz
Data da defesa: 05/SET/2003

Autor: Thiago Grangeiro Loureiro
Orientador: Prof. Jorge Barbosa Soares
Título: Estudo da Evolução do Dano por Fadiga em Misturas Asfálticas
Data da defesa: 22/SET/2003

Autor: Andre Theophilo Lima
Orientador: Prof. Jorge Barbosa Soares
Título: Caracterização Mecânica de Misturas Asfálticas Recicladas a Quente
Data da defesa: 23/SET/2003

Autor: Kamilla Lima Vasconcelos
Orientador: Jorge Barbosa Soares
Título: Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas a Quente Dosadas pelas Metodologias Marshall e Superpave com Diferentes Granulometrias
Data da defesa: 21/DEZ/2004

Autor: Jorge Henrique Magalhães Pinheiro
Orientador: Jorge Barbosa Soares
Título: Incorporação de Borracha Moída de Pneu em Misturas Asfálticas de Diferentes Granulometrias (Processo Úmido e Seco)
Data da defesa: 21/DEZ/2004

Autor: Flávio Vasconcelos de Souza
Orientador: Jorge Barbosa Soares
Título: Modelo Multi-Escala para Análise Estrutural de Compósitos Viscoelásticos Suscetíveis ao Dano
Data da defesa: 25/FEV/2005

Autor: Bartolomeu Pessoa Cabral
Orientador: Lucas Tadeu Barroso de Melo
Título: Verificação da Anisotropia em Solos do Subleito da Região Metropolitana de Fortaleza Pertencentes à Formação Barreiras
Data da defesa: 27/JUN/2005

Autor: Heberto Souto Moreira
Orientador: Jorge Barbosa Soares
Título: Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas a Frio com Diferentes Teores de Agregado Fresado Incorporado e Diferentes Modos de Compactação
Data da defesa: 26/SET/2005

Autor: Joacy Demétrio de Souza Jr.
Orientador: Suelly Helena de Araújo Barroso
Título: Efeito da Energia de Compactação em Algumas Propriedades dos Solos do Ceará Utilizados em Pavimentação
Data da defesa: 30/NOV/2005

Autor: Ricardo Venescau de Oliveira Almeida
Orientador: Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Título: Concepção de Modelos de Avaliação de Condições de Rolamento e indicação de Priorização de Vias como Etapas de um Sistema de Gerência de Vias não Pavimentadas
Data da defesa: 28/JUN/2006

Autor: Marcos Lima Leandro Sucupira
Orientador: Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Título: Aplicação e Adaptação da Metodologia PAVER para Pavimentos Urbanos do Campus do Pici na Cidade de Fortaleza.
Data da defesa: 14/JUL/2006

Autor: Francisco Evangelista Júnior
Orientador: Jorge Barbosa Soares
Título: Análise Quase-Estática e Dinâmica de Pavimentos Asfálticos
Data da defesa: 07/AGO/2006

Autor: Fábio Roberto Garcia Nunes
Orientador: Jorge Barbosa Soares

Título: Caracterização Mecânica de Misturas Asfálticas Confeccionadas com Agregados Sintéticos de Argila Calcinada quanto à Deformação Permanente
Data da defesa: 16/OUT/2006

Autor: Antonio Nobre Rabelo
Orientador: Suelly Helena de Araújo Barroso
Título: Contribuição ao Estudo da Imprimação Betuminosa das Bases Rodoviárias do Estado do Ceará
Data da defesa: 18/DEZ/2006

Autor: Luiz Antonio Ferreira de Santana
Orientador: Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Título: Proposição de Composição de Custos Unitários e Orçamentos de Serviços em Vias Não Pavimentadas
Data da defesa: 20/DEZ/2006

Autor: Marcelo Silva Medeiros Júnior
Orientador: Jorge Barbosa Soares
Título: Caracterização Mecânica de Misturas Asfálticas por meio de Módulo Dinâmico
Data da defesa: 21/DEZ/2006

Autor: Aline Colares do Vale
Orientador: Prof. Jorge Barbosa Soares
Título: Estudo Laboratorial da Viabilidade do uso de Fibras de Coco em Misturas Asfálticas do Tipo SMA
Data da defesa: 28/AGO/2007

Autor: Ivan José Ary Júnior
Orientador: Prof. Jorge Barbosa Soares
Título: Pavimento Intertravado como Ferramenta de Moderação do Tráfego nos Centros Comerciais de Travessias Urbanas – Estudo de Caso Guaiúba, CE
Data da defesa: 09/NOV/2007

Autor: Francisco Rafael Ribeiro da Silva
Orientador: Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Título: Concepção de Método Simplificado de Levantamento e Análise de Defeitos em Vias Não-Pavimentadas
Data da defesa: 28/NOV/2007

Autor: Clonilo Moreira Sindeaux de Oliveira Filho
Orientador: Prof. Jorge Barbosa Soares
Título: Estudo do Efeito de Diferentes Granulometrias no Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas Densas Descontínuas Tipo Stone Matrix Asphalt (SMA)
Data da defesa: 10/DEZ/2007

BR-010 Belém-Brasília

Uma Rodovia Federal Radial do Brasil

Atahualpa Schmitz da Silva Prego



FOTO: GEORGINA LIBRÃO AZEVEDO

Dentro da abordagem sobre a evolução da tecnologia dos pavimentos no Brasil, nesta edição de PAVIMENTAÇÃO,

abordado alguns processos que se desencadearam na construção da Rodovia Belém-Brasília.

A cargo da Rodobras, a rodovia foi dividida em 13 trechos, perfazendo 1.250km de extensão. A Rodobras recebeu do DNER todos os projetos finais de engenharia, prontos e desenvolvidos por nove empresas consultoras. Os trabalhos de projeto foram elaborados em pouco mais de um ano, entre 1971 e 1973.

Os subtrechos, para supervisão, foram destinados a cada uma das empresas consultoras, como era

critério do Banco Mundial nas obras do DNER. Neste caso específico, os representantes do BIRD resolveram agrupar mais de um trecho para uma ou duas consultoras, obedecendo ao critério de selecionar equipes de consultores com maior experiência na execução de obras, conclusão a que chegaram pelo estudo e exame dos projetos apresentados, uns mais exequíveis que outros.

Grande parte dos projetistas optou pela solução do solo melhorado com cimento, um menor número pela estabilização granulométrica sem e com mistura, e um outro consultor apresentou a solução de decompor, por peneiramento os solos granulares para base, e agrupá-los em pilhas, duas ou em três, resultantes do peneiramento. A remistura por porcentagens calculadas de cada pilha obtinha uma granulo-

metria perfeitamente enquadrada na faixa granulométrica especificada para base. Assim enquadrado, o *interlocking* das partículas seria perfeito, gerando, conseqüentemente, melhores características físico-mecânicas e de suporte. As verificações de laboratório reforçaram a concepção.

As ocorrências não enquadradas nas especificações para base seriam desta maneira, isto é, com o remisturamento, aproveitadas e, dentre elas, escolhidas as que oferecessem menor distância de transporte. Haveria uma compensação de custos entre peneiramento e remistura, cotejado com custo transporte.

As estabilizações químicas com cimento Portland ocasionaram transtornos e prejuízos, notadamente decorrentes da alta sulfatação das ocorrências de laterita, boa parte delas localizada na floresta densa, cobertas por algumas centenas de anos, de quedas de folhas, galhos e detritos vegetais, transformados em matéria orgânica sulfatada.

Estes pavimentos concluídos com cimento, imprimados, ao receberem tráfego em situações forçadas por fortes chuvas, que inviabilizaram os caminhos de serviço, duraram em média quatro dias, ao fim dos quais estavam inteiramente liquefeitos e ligeiramente acinzentados, exalando cheiro de matéria orgânica. O pessoal de campo chamava o insucesso de "mingau cinza", devido à coloração acinzentada que havia tomado o solo.

Levados ao microscópio eletrônico, estes solos melhorados com cimento mostravam que uma parte deles, em até 20 minutos de tempo de mistura, reagia com cimento e a outra parte não, distinguidos e visí-

veis que ficaram, separados, só o solo ou só o cimento, devido à presença de sulfatos no solo. Então, aquelas misturas de usina de solos teriam que, uma vez espalhadas na pista, sofrer pelo período de 20 minutos, ou até de 30 minutos, uma forte misturação (grade destorroadora pesada e pulvimisturadora), para homogeneizá-la perfeitamente, agitando o quanto mais possível a massa de solo, acrescidos os 3% de



cimento nela incorporados, de maneira a ensejar a reação química de todo o solo, com todo o cimento. Esta operação na pista encareceria o produto final e demandaria em maior prazo de execução.

Assim mesmo, com este processo oneroso, ter-se-ia dúvidas quanto à qualidade do produto final oferecido ao tráfego. Nesta mesma ocasião, foi detectada a má qualidade das misturas produzidas pelas usinas de solo em ambientes com umidade higroscópica do ar maior ou igual a 80%.

Numa outra usina, a mistura produzida não proporcionava reprodutibilidade de resultados, posto que,

devido às chuvas e elevada umidade relativa do ar (acima de 80%) na região amazônica, as partes mais umedecidas do solo que recebiam cimento, na caixa da usina misturadora, fixavam-no, por adsorção, em maiores volumes nestas áreas úmidas. Esta maior adsorção não era rompida pelas palhetas do misturador, mesmo revertendo a pá de algumas delas. O cimento era segregado pela umidade diferenciada do solo.

Não era de se esperar melhores e bem distribuídos valores de cimento, nas determinações de laboratório em amostras da mistura espalhada na pista. Num determinado ponto, digamos no eixo, a porcentagem era nula, noutra, duas estacas adiante, e à direita, obtinha-se 5%. Raros eram os pontos de amostragem que forneciam os 3% de cimento especificados. A correção era obtida pela passagem de pulvimisturadora e de grade de disco destorroadora pesada, cada equipamento sendo usado três vezes por faixa. Com esta solução, os valores percentuais ficaram grupados no entorno dos 3%, encarecendo o produto final.

A mistura de solo com o cimento, para melhorá-la, era inadequada e, produzida em grandes volumes pela usina instalada, forçava a concentração de uma frota com mais de 12 caminhões, em constantes movimentos, da usina para pista e vice-versa. O custo alto não condizia com o resultado qualitativo conseguido.

A solução encontrada no subtrecho do Pará foi a de raspar todo o material de base (o “mingau cinza”) de agregado laterítico, com 3% de cimento em peso, para os bordos da pista.

O “mingau cinza”, como chamavam o solo retirado, deu lugar à superfície compactada da laterita (estabilização granulométrica) da sub-base, a qual resistiu ao tráfego durante uma semana, até que a base fosse recomposta com o mesmo agregado laterítico utilizado na sub-base, já testado e aprovado

sob tráfego. Em outra situação, em Goiás, na mesma rodovia, vizinha ao subtrecho da má mistura de usina (usina nova), o cimento foi espalhado manualmente: 1 saco por m na largura de 7,20m de base, de 15cm de espessura após compactada. Houve o experimento de uma pequena carroça com dois eixos, cada um com uma roda nos extremos, roda de madeira com a face da circunferência corrugada; um dos eixos possuía palhetas que giravam empurrando o cimento por uma fresta regulável com 1,00m de largura, logo acima e rente à pista. Internamente, o desenho da caixa afunilava-a segundo uma aresta de extensão idêntica ao do eixo com palhetas. A carroça posicionada no bordo da pista, tendo o solo com umidade ótima incorporada, e rolada por duas passadas de rolo de pneu, era empurrada transversalmente. Pela regulagem da comporta de fundo, o cimento se distribuía, totalmente, em 7,20m. Os sacos eram arrumados alternadamente em cada bordo da pista e do lado externo de cada faixa de 7,20 por 1,00m de largura. Dois homens se encarregavam desta distribuição precisa do cimento.

A incorporação do cimento ao solo foi obtida pela movimentação da grade destorroadora pesada (com acréscimo de quatro sacos de areia pesando 30kg cada) e o “pulvimixer”. Somente nas passadas finais era efetuada a aspersão da água bombeada do caminhão-pipa. Nestes casos não ultrapassava de oito o número de caminhões basculantes envolvidos na operação de carga, transporte e descarga. A motoniveladora e a grade encarregavam-se do espalhamento e uniformização da umidade natural, sem uso de caminhão-pipa, dada à elevada umidade higroscópica do ar.

A ligeira rolagem dos rolos de pneu destinava-se a garantir, na superfície acomodada, o tráfego da pequena carroça com cimento, acima referida, neste método construtivo, barato e eficaz, se constatou, em qualquer ponto da base, os 3% de cimento em peso.

Minuta das Normas Básicas para submissão de artigos e contribuições técnicas

1. A Revista PAVIMENTAÇÃO é uma publicação técnica e científica de divulgação da ABPv. As contribuições para a revista devem ser de caráter exclusivamente técnico e estão abertas aos sócios e aos profissionais da Engenharia Rodoviária, Ferroviária e Aeroportuária nacional e internacional.
2. A Revista pode também apresentar eventualmente matérias especiais redigidas pelo seu corpo técnico editorial e pela diretoria da ABPv como forma de divulgação de opiniões ou comentários considerados relevantes como “voz” da ABPv.
3. Os artigos e contribuições como nota técnica, inéditos, podem ser enviados em qualquer época do ano para serem publicados em uma das quatro edições anuais ou até no ano seguinte dependendo do número de matérias selecionadas.
4. Os trabalhos, sejam científicos, sejam técnicos ou de outra natureza encaminhados para eventual publicação, serão submetidos a avaliação de três profissionais que compõem o Comitê Técnico-Científico da Revista, escolhidos de acordo com o perfil do material a ser julgado. Aos avaliadores não será dado a conhecer os autores do artigo ou trabalho antes da avaliação e também é vedada a divulgação para os autores da identidade dos avaliadores.
5. Os avaliadores recebem da ABPv um questionário indicativo dos itens a serem avaliados em cada contribuição para Revista PAVIMENTAÇÃO, podendo sugerir três opções de encaminhamento:
 - (I) O trabalho é aceito para publicação;
 - (II) O trabalho não é aceito para publicação e será então devolvido aos autores;
 - (III) O trabalho poderá vir a ser aceito caso os autores concordem em fazer algumas modificações sugeridas por um ou mais avaliadores.
6. Cabe à Diretoria da ABPv julgar os casos omissos e autorizar a publicação de contribuições de caráter não técnico, eventualmente, em função dos assuntos abordados e da disponibilidade de espaço.
7. O resultado da avaliação de qualquer material encaminhado à Revista PAVIMENTAÇÃO será levado ao conhecimento dos autores dos mesmos informando o destino que será dado à sua contribuição, que pode ser: publicação imediata no próximo número a ser lançado, publicação em número subsequente devido ao excesso de contribuições ou não publicação.
8. O autor ou autores das contribuições aceitas para publicação devem concordar com a reprodução de seu material sem nenhum direito a qualquer custo de direitos autorais, já que a ABPv é uma entidade sem fins lucrativos e a Revista PAVIMENTAÇÃO destina-se preferencialmente aos sócios e não será utilizada para venda com fins lucrativos.
9. As contribuições para a Revista PAVIMENTAÇÃO devem ser encaminhadas de preferência por meio digital, podendo estar em formato PDF somente na fase de julgamento pelo Comitê. Os originais deverão ser produzidos em programa Microsoft Word. As figuras deverão ser fornecidas em separado, com resolução mínima de 300dpi. Caso a foto seja digital, a resolução deverá ser de no mínimo de 3.2 mega pixels. Não sendo as fotos do(s) autor(es), este(s) será(ão) responsável(eis) por declarar os créditos das mesmas e obter a autorização para publicação. Nos gráficos, evitar utilizar cores e dar preferência a símbolos que possam distinguir claramente as informações relevantes da figura.
10. As contribuições podem ser de no mínimo duas e de no máximo 15 páginas em formato A4, editoradas em fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço simples. Número maior de páginas poderá ser aceito em casos excepcionais a critério da Editoria da Revista.
11. Os textos deverão ser escritos em português, em linguagem adequada e correta, sendo de responsabilidade do(s) autor(res) a revisão ortográfica. As referências bibliográficas devem seguir o padrão ABNT, tipo por citação de sobrenome e ano (ex. MATHEUS, 1994) e preferencialmente os artigos devem apresentar um resumo de 200 a 300 palavras e indicar de três a cinco palavras-chaves. Artigos em outros idiomas podem eventualmente ser aceitos a critério da Editoria da revista.
12. Estas especificações podem ser eventualmente revistas a critério da Editoria da Revista e da Diretoria da ABPv a qualquer tempo, cabendo aos artigos e contribuições já submetidos se adequarem seguindo as regras existentes à época da submissão do seu material.

Basic Guidelines for submitting articles and technical contributions

1. PAVIMENTAÇÃO Journal is a technical-scientific publication by ABPv. All contributions to the Periodical must be exclusively technical and must be open to partners and professionals of the Road, Railroad and Airport Engineering, both national and international.
2. The Journal may eventually also present special contents, written by your editorial technical staff and by the board of directors of ABPv, as a way of publishing opinions or comments that are considered relevant as the “voice” of ABPv.
3. All articles and contributions such as unpublished technical notes may be sent all year long so that they can be published in one of the four annual editions or in the following year, depending on the number of selected contents.
4. All papers, whether scientific, technical or any other issue forwarded to eventual publication will be evaluated by three professionals who are members of the Technical-Scientific Committee of the Journal, and will be chosen according to the profile of the content to be evaluated. Those who evaluate the papers will not be able to know either authors or papers before the evaluation, and authors will not be allowed to know the identity of those who will be chosen to evaluate their papers.
5. The experts who evaluate papers receive from ABPv a questionnaire that indicate the items to be evaluated in each contribution/paper sent to PAVIMENTAÇÃO Journal, and they may suggest three options in order to forward them:
 - (I) The paper is accepted and sent to publication;
 - (II) The paper is not accepted to publication and will be sent back to the author;
 - (III) The paper might be accepted, if the author agrees with making some changes which may be suggested by one or more experts.
6. It is up to the Board of Directors to judge all negligent cases and allow the publication of papers and contributions that are not all technical, eventually, due to approached subjects and space availability.
7. The evaluation result of any contents sent to PAVIMENTAÇÃO Journal will be informed to the authors and they will also be informed of what will happen to their contribution, which could be: immediate publication in the next edition; publication in the following editions, due to excessive papers; no publication at all.
8. Author or authors of the accepted contributions must agree with publicizing their contents with no copyrights, since ABPv is a non-profitable entity and PAVIMENTAÇÃO Journal is preferably destined to its partners and it won't be used to make profits.
9. All contributions to PAVIMENTAÇÃO Journal must be preferably sent over the internet, and they may be written in PDF format, only while the Committee evaluates the papers. All the original papers must be produced in Microsoft Word. All figures must be on separated sheets, and at least 300dpi resolution. If it's a digital figure, then the resolution must be that of at least 3.2 mega pixels. If those figures do not belong to the author, they will be responsible for both credits and references and authorization for publicizing them. On graphics, authors must not use colors and must use symbols which can clearly distinguish all relevant information of the figure.
10. Contributions must be of at least 2 pages and 15, at most, in A4 format, Times New Roman, size 12, single spacing. A bigger number of pages might be accepted in extraordinary cases, depending on the Journal's Editor.
11. Foreign papers should be sent in their native language, and it is up to the author to translate it into Portuguese. Writing and language must be appropriated and correct, and authors are responsible for proofreading and bibliographic references. Articles must also present an abstract of about 200-300 words and indicate up to 5 keywords.
12. These specifications might eventually be reviewed, at any-time, by the Journal's Editor and by the Board of Directors of ABPv, being necessary for all sent articles to have followed the existing rules at the time they were submitted.

Normas básicas para la admisión de artículos y contribuciones técnicas

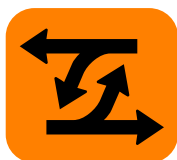
1. La Revista PAVIMENTAÇÃO es una publicación técnica y científica de divulgación de la ABPv. Las contribuciones para la revista deben ser de carácter exclusivamente técnico y están abiertas a los socios y profesionales de Ingeniería de Carreteras, Ferroviaria y Aeroportuaria nacional e internacional.
2. La Revista también puede presentar eventualmente notas especiales redactadas por su cuerpo técnico editorial y por la dirección de ABPv como forma de divulgación de opiniones o comentarios considerados relevantes como “voz” de la ABPv.
3. Los artículos y contribuciones como nota técnica, inéditos, pueden ser enviados en cualquier época del año para que sean publicados en una de las cuatro ediciones anuales o incluso en el año siguiente dependiendo del número de notas seleccionadas.
4. Los trabajos, sean científicos, sean técnicos o de otra naturaleza enviados para una eventual publicación, serán sometidos a la evaluación de tres profesionales que componen el Comité Técnico Científico de la Revista, elegidos de acuerdo con el perfil del material a ser examinado. A los evaluadores no les será dado a conocer los autores del artículo o trabajo antes de la evaluación y también será vedada la divulgación de los evaluadores para los autores.
5. Los evaluadores reciben de la ABPv un cuestionario indicativo de los ítems a ser examinados en cada contribución para la Revista PAVIMENTAÇÃO, pudiendo sugerir tres opciones de encaminamiento:
 - (I) El trabajo es aceptado para publicación;
 - (II) El trabajo no es aceptado para publicación y entonces será devuelto a los autores;
 - (III) El trabajo podrá ser aceptado caso los autores concuerden en hacer algunas modificaciones sugeridas por uno o más evaluadores.
6. Cabe a la Dirección de la ABPv dictaminar los casos omisos y autorizar la publicación de contribuciones de carácter no técnico, eventualmente, en función de los asuntos abordados y de la disponibilidad de espacio.
7. El resultado de la evaluación de cualquier material encaminado a la Revista PAVIMENTAÇÃO será llevado al conocimiento de los autores de los mismos informando el destino que se le dará a su contribución que puede ser: publicación inmediata en el próximo número a ser lanzado, publicación en número subsiguiente debido al exceso de contribuciones o la no publicación.
8. El autor de las contribuciones aceptadas para publicación debe concordar con la reproducción de su material sin ningún derecho a cualquier costo de derechos de autor ya que la ABPv es una entidad sin fines de lucro y la Revista PAVIMENTAÇÃO se destina preferentemente a los socios y no será utilizada para la venta con fines de lucro.
9. Las contribuciones para la Revista PAVIMENTAÇÃO deben ser dirigidas preferentemente a través de medio digital, pudiendo estar en formato PDF solamente en la fase de examen del Comité. Los originales deberán ser producidos en programa Microsoft Word. Las figuras deberán entregarse por separado, con resolución mínima de 300dpi. Caso la foto sea digital, la resolución deberá ser como mínimo de 3.2 mega pixels. No siendo las fotos de el(los) autor(es), este(estos) será(n) responsable(s) por declarar los créditos de las mismas y obtener la autorización para la publicación. En los gráficos, evitar utilizar colores y dar preferencia a símbolos que puedan diferenciar claramente las informaciones relevantes de la figura.
10. Las contribuciones pueden ser como mínimo 2 y como máximo 15 páginas en formato A4, editadas en fuente Times New Roman, tamaño 12, espacio simple. Número mayor de páginas podrá ser aceptado en casos excepcionales según criterios de la Editora de la Revista.
11. Los artículos extranjeros deberán ser enviados en el idioma original, quedando facultativo al autor encaminar la debida traducción para el idioma portugués. El lenguaje debe ser adecuado y correcto, siendo responsabilidad de el(los) autor(res) la revisión ortográfica y las referencias bibliográficas. Los artículos también deberán presentar resumen de 200 a 300 palabras e indicar de 3 a 5 palabras claves.
12. Estas especificaciones pueden ser eventualmente revisadas según criterio de la Editorial de la Revista y la Dirección de la ABPv a cualquier tiempo, cabiendo a los artículos y contribuciones ya sometidos adecuarse siguiendo las reglas existentes a la época de la admisión de su material.

39ª RAPV



13º ENACOR

OS CAMINHOS DA INTEGRAÇÃO



REUNIÃO ANUAL
DE PAVIMENTAÇÃO



ENCONTRO NACIONAL DE
CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

Temário:

1. Pavimentação

- a. Materiais: asfálticos, concreto, solos, britas etc.
- b. Métodos de Dimensionamento:
 - pavimentos asfálticos
 - pavimento de concreto
 - pavimento ferroviário
 - pavimento aeroportuário
- c. Processos Construtivos
- d. Mecânica dos Pavimentos

2. Manutenção

- a. Conservação
- b. Reabilitação
- c. Restauração
- d. Melhoramento de Pavimentos

3. Planejamento, Gestão Rodoviária e Gerência de Pavimentos

4. Operação e Segurança Viária

5. Meio Ambiente

6. Drenagem

Patrocínio Oficial



DE 16 A 19 DE SETEMBRO DE 2008
CENTRO DE CONVENÇÕES DE PERNAMBUCO
RECIFE / OLINDA



GOVERNO JUSCELINO KUBITSCHEK

À esquerda: Almirante Ernani do Amaral Peixoto e Engº Rozendo de Souza

À direita: Engº Edmundo Regis Bittencourt e Engº Carlos Pires de Sá

Ao centro abaixo: Engº Amaro Ferreira da Silva