

REVISTA

ABRV

Associação Brasileira de Pavimentação



PAVIMENTAÇÃO

Ano IV – Nº 15 – Out/Nov/Dez de 2009 – www.abpv.org.br – ISSN 1809-1865



Avaliação superficial de pavimentos asfálticos aeroportuários utilizando o método PCI

João Paulo Souza Silva
Márcio Muniz de Farias
Janaina Lima de Araújo

SELO COMEMORATIVO DO CINQUENTENÁRIO



50 ANOS



MAIS UM SONHO QUE SE TORNOU REALIDADE



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 Armando Morilha Junior; 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^o 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 Otacílio Alves de França Junior; Eng^o Paulo Roberto Belisário S. de Souza; Eng^o Paulo Romeu Assunção Gontijo; Eng^o Prepedigna 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: Gráfica e Editora Cruzado Ltda

Tiragem: 5.000 exemplares – **Periodicidade:** Trimestral



Nossa capa:

Pavimentos aeroportuários:
pista do Aeroporto
Internacional
de Brasília – Presidente
Juscelino Kubitschek.

Foto: Georgina Libório Azevedo

Sumário

- 2 Editorial
- 3 Seção de notas
- 5 Evento internacional comemora os 50 anos da ABPv
- ARTIGOS TÉCNICOS**
- 8 **Avaliação superficial de pavimentos asfálticos aeroportuários utilizando o método PCI**
João Paulo Souza Silva, Márcio Muniz de Farias e Janaina Lima de Araújo
- 17 **Acompanhamento de recuperação estrutural de pavimento urbano de concreto e análise dos materiais empregados**
Oziel Gomes da Silva
- 27 **Modelagem dinâmica de sistemas de gerência de pavimentos urbanos**
Simone Becker Lopes e José Leomar Fernandes Jr.
- 35 **Incidencia de la temperatura de compactación en el ahuellamiento de mezclas asfálticas densas**
Mgt. Ing. H. Gerardo BOTASSO, Sr. Oscar R. REBOLLO, Ing. Cecilia J. SOENGAS, Sr. Juan Pablo NIETO e Sr. Christian PIERMARIA
- 42 **Bacias de acumulação e dispersão – controle de erosão na MT-235**
Luiz Miguel de Miranda
- 50 **Novos paradigmas: vantagens competitivas em transportes**
Rone Antônio de Azevedo

Editorial

Nesta última edição de 2009, a Revista PAVIMENTAÇÃO se concentra nos eventos comemorativos dos 50 anos da ABPv, associação fundada em 15 de setembro de 1959.

O IV Seminário Internacional de Avaliação de Pavimentação e Projetos de Reforço (SINAPPRE), de 7 a 9 de outubro em Fortaleza, foi alvo dos festejos do cinquentenário da ABPv. Esta edição traz a cobertura deste grande evento.

Cinco artigos inéditos são apresentados: *Incidencia de la temperatura de compactación en el ahuellamiento de mezclas asfálticas densas*. Trata-se de um artigo internacional que ganha destaque nesta edição. Seus autores são argentinos oriundos da Universidad Tecnológica Nacional e Facultad Regional La Plata, de Buenos Aires: Geraldo Botasso, Oscar R. Rebollo, Cecília J. Soengas, Juan Pablo Nieto e Christian Piermaria.

O segundo artigo é de autoria de Márcio Muniz, João Paulo Souza Silva e Janaína Lima de Araújo, que versa sobre *Avaliação superficial de pavimentos asfálticos aeroportuários utilizando o Método PCI*.

O terceiro aborda a *Modelagem dinâmica de sistemas de gerência de pavimentos urbanos*, de autoria de Simone Becker Lopes e José Leomar Fernandes Jr.

Já o artigo de Oziel Gomes da Silva, da Prefeitura do Recife, aborda o *Acompanhamento de recuperação estrutural de pavimento urbano de concreto e análise dos materiais empregados*.

O quinto e último artigo, do Eng^o Luiz Miguel de Miranda, discorre sobre *Bacias de acumulação e dispersão – controle da erosão na MT-235*.

Ainda nesta edição inauguramos um novo espaço, com abordagem breve, porém pertinente, dos temas atuais que perpassam pelo setor de pavimentação. Trata-se da coluna assinada pelo Eng. Civil Rone Antônio de Azevedo. E seu assunto de estreia é *Novos paradigmas: vantagens competitivas em transportes*.

A Revista PAVIMENTAÇÃO, na palavra da Associação Brasileira de Pavimentação, aproveita o ensejo desta última edição para duas felicitações. A primeira é a dedicação de nosso abraço a todos os engenheiros e arquitetos pelo seu dia, comemorado em 11 de dezembro. A estes profissionais os nossos mais valiosos protestos de profunda estima.

Em seguida, queremos desejar a todos os nossos leitores votos de Boas Festas. Que o Natal seja mais uma oportunidade de reflexão de nossos valores e seu momento possa refletir no ano vindouro. E que 2010 seja marcado pela dedicação ao estudo e ao trabalho para que possamos fazer de nossa pátria uma terra de paz, ordem e grandeza.

Conselho Editorial

Seção de notas da Revista PAVIMENTAÇÃO

Diretor da ABPv ganha destaque em edição especial da revista *Veja Brasília 50 anos*



O Diretor Financeiro da ABPv, engenheiro Atahualpa Schmitz da Silva Prego, foi um dos perfis destacados na edição especial



da revista *Veja* que abordou o cinquentenário de Brasília.

A Revista trouxe um manual importante de informações sob a ótica de vários aspectos sobre a construção e existência da Capital do País. O engenheiro Atahualpa, hoje com 83 anos, foi um dos pioneiros nos canteiros de obras quando da construção, sendo destacado que foi ele o construtor da pista do Aeroporto de Brasília.

Homem de espírito incansável, está à frente da direção financeira da ABPv na gestão 2008-2010.

Festa de Aniversário da ABPv no Rio

A ABPv comemorou seu cinquentenário no dia 15 de setembro de 2009. A festa foi no auditório do Sindicato



Diretoria da ABPv

dos Engenheiros e Arquitetos do Estado do Rio de Janeiro (SEAERJ), na capital fluminense.

O evento reuniu vários sócios e homenageou os ex-presidentes e ex-diretores da Associação. Estiveram presentes também os parentes daqueles que foram homenageados *in memoriam*. A festa foi marcada pela emoção, e um vídeo institucional passou em revista a história da ABPv.



Acima Engª Laura Maria Goretti da Motta e Engº Jacques de Medina (sócio fundador). Acima à direita Engº Eduardo Alberto Ricci e Engº Saul Birman (sócio fundador). Ao lado Arqta. Georgina Libório Azevedo e Vera Garcia Restom (viúva do Engº Mario Kabalem Restom – sócio fundador)



Cursos da ABPv

No mês de setembro, foram realizados na sede da ABPv, no Rio de Janeiro, os seguintes cursos: Curso de Dimensionamento de Pavimentos, do dia 15 ao dia 17. Ministrado



pelos professores Eng^o Dalter Pacheco Godinho (ABCP) e Prof^a Laura Maria Goretti da Motta (COPPE-UFRJ), o curso apresentou os métodos de dimensionamento de pavimentos novos de concreto asfáltico, de concreto de cimento Portland e intertravados, tradicionais e mecânicos, discutiu as origens, vantagens e limitações de cada um deles.

Ainda em setembro, do dia 22 ao dia 24, o Curso de Qualidade de Materiais e Serviços de Pavimentação Asfáltica, ministrado pelo Eng^o Saul Birman. O curso teve



como objetivo contribuir para a melhoria de escolha e utilização de materiais empregados em serviços de pavimentação asfáltica, apresentando conceitos práticos e objetivos para garantia da qualidade dos serviços. No mês de outubro, foi realizado, entre os dias 27 e 29, o curso Drenagem de Rodovias: fundamentos e dimensionamento, ministrado pelo Eng^o Francisco José d'Almeida Diogo (IME).

.....

Evento sobre asfalto em Portugal

Entre os dias 22 e 27 de novembro de 2009, no Parque de Exposições em Lisboa, foi realizado o XV CILA – Congresso Ibero-Latino-Americano de Asfalto.

O evento teve como objetivos tratar dos temas de caráter técnico e científico, especialmente no que diz respeito às obras de pavimentação com misturas betuminosas; promover a realização de estudos de investigação entre administrações rodoviárias, centros de investigação, universidades, empresas e outras entidades com atividade no domínio das misturas betuminosas, para reforçar o desenvolvimento desta tecnologia nos países iberos e latino-americanos; trocar informação sobre experiências relativamente a novas técnicas de trabalho, equipamentos, especificações e outros domínios, com o intuito de não repetir erros, aproveitar a experiência e otimizar o investimento; e promover o desenvolvimento das relações pessoais a fim de fortalecer os vínculos de amizade entre os técnicos ibero e latino-americanos e de outros países do mundo.

.....

Premiação da revista "O Empreiteiro"

A LENC foi escolhida pela revista *O Empreiteiro* como a Empresa de Engenharia de Projetos e Gerenciamento do Ano. A premiação se deu no último dia 24 de novembro, às 19h, em solenidade realizada no MuBE, Museu Brasileiro de Escultura, na cidade de São Paulo. Participaram também do evento diversas outras empresas premiadas. A ABPv parabeniza a LENC, seus diretores e equipes técnicas e administrativas por mais essa merecida conquista.



Evento internacional comemora os 50 anos da ABPv

IV SINAPPRE reuniu, em Fortaleza, profissionais do Brasil e do mundo em torno dos temas atuais de pavimentação

A capital cearense, Fortaleza, foi palco do IV Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projetos de Reforço – SINAPPRE, entre os dias 7 e 9 de outubro. O evento foi parte das comemorações dos 50 anos da ABPv.

A cidade, que conta hoje com mais de 2,5 milhões de habitantes, além de suas belezas naturais, o que lhe rendeu o título de *Loira Desposada do Sol*, pelos versos do poeta Paula Nery, é também o lugar de onde começa a BR-116, a rodovia mais importante do País.

E foi neste cenário que durante a manhã e tarde do dia 7 de outubro deu-se o início dos trabalhos e das primeiras palestras. À noite houve a solenidade oficial de abertura com a fala das autoridades presentes, seguida de um

coquetel ao som da Banda do Pirata, um grupo típico de forró pé de serra.

O primeiro dia ainda foi marcado por homenagens com entrega do Prêmio Mário Kabalem Restom aos profissionais que desempenham relevantes trabalhos na área de pavimentação. Foi concedido aos engenheiros Douglas Fadul Villibor, Júlio Xavier Rangel, Cristiano Costa Moreira, Dultevir Guerreiro Vilar de Melo e Jorge Barbosa Soares, que foi o coordenador do evento.

No mesmo ensejo, formam homenageados com o pin comemorativo dos 50 anos da ABPv alguns dos ex-diretores da Associação, onde terão destaque na edição especial da Revista PAVIMENTAÇÃO – 50 Anos da ABPv.

O segundo dia transcorreu com a continuidade da apresentação dos trabalhos e as demais palestras programadas. Os participantes tiveram a oportunidade de visitar o Simulador de Grande Porte da Rede ASFALTO N/NE. À noite, todos se confraternizaram num grande jantar, no Buffet La Maison.

O IV SINAPPRE teve na fala das autoridades presentes, além do aspecto técnico dos temas envolvidos, a abordagem da importância da ABPv nos seus cinquenta anos de trajetória de atuação e influência do setor de pavimentação no Brasil.

O Diretor-Presidente da Associação, Eng. Eduardo Alberto Ricci, destacou que grandes acontecimentos foram se sucedendo na ABPv, como a realização, em 1960, do primeiro curso de pavimentação, bem como a publicação do primeiro manual para o setor. Em seguida vieram as Reuniões Anuais de Pavimentação (RAPv), que foi um marco no País, pois configurou o início da transferência de tecnologia tão almejada pelos fundadores da ABPv.

Ricci abordou ainda a colaboração desapegada dos membros da Associação e seus colaboradores nos momentos difíceis pelos quais a entidade passou. Porém, hoje a ABPv mostra seu caráter primoroso de quem sobreviveu a todos os desafios de seu tempo e continua à frente vislumbrando o futuro que, construído com bases sólidas, há de ser promissor. *“Assim como o País, nossas instituições devem trabalhar para não caírem no esquecimento, para que não se regulem a um plano inferior em detrimento de outros, e manter uma continuidade na manutenção e construção de novas estradas. É nosso dever como Associação, e todos nós cidadãos, que o País deva seguir os desígnios do povo, ou seja, uma vida melhor para todos, o que só será possível com o seu desenvolvimento como nação. É nosso desejo que a ABPv tenha uma longa vida e seja mais uma participante do crescimento do Brasil”*, destacou Ricci.

O coordenador do evento, Eng. Jorge Soares, também trouxe em sua fala a oportunidade ímpar de um evento dessa magnitude e sua realização na cidade de Fortaleza: *“É uma honra para nós do Ceará receber o IV SINAPPRE. A cada 10 anos a Reunião Anual de Pavimentação da ABPv possui uma amplitude internacional,*





de modo a celebrar mais uma década da Associação. Isso ocorreu em 1979 e 1989 no Rio de Janeiro; em 1999 em Belém; e agora 2009 em Fortaleza.”

Soares apontou para as diversas mudanças nas décadas que se sucederam após os anos 1960. Especificamente sobre a década de 1990, lembrou que em 1999 nasceu o indivíduo de número 6 bilhões do planeta Terra. Estava ainda no início o programa de concessões rodoviárias. O setor ferroviário encontrava-se estancado. Houve a criação da CIDE (Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico) em 2001, como mecanismo para recuperar e ampliar a malha rodoviária. Na academia, foi a época da criação dos fundos setoriais de financiamento de pesquisa, desenvolvimento e inovação no País, operados principalmente pela FINEP. A presença da Petrobras nestes fundos e o desenvolvimento do CENPES em nível nacional transformaram para sempre a pesquisa acadêmica na área de pavimentação no País.

Há cinco décadas a ABPv é uma estrada que serve a um grande número de usuários. A manutenção desta estrada vem sendo a prioridade de alguns abnegados. A UFC e o Estado do Ceará ficam orgulhosos de contribuir para que a nossa Associação siga nos possibilitando chegar a destinos capazes de nos transformar e transformar o Brasil.

Recebemos todos de braços abertos. Que o IV SINAPPRE seja uma oportunidade para avaliação da estrada até aqui e para o planejamento de novos caminhos. Vamos juntos projetar e executar novas camadas de uma construção que é coletiva. Uma construção de técnica, de conhecimento e, também, de sonhos.

Soares a todos emocionou no final de seu discurso: “Neste momento comemoramos um sonho que começou há 50 anos no Rio de Janeiro. Era também um sonho sediarmos novamente uma Copa do Mundo: 2014 está aí! Era um sonho recebermos uma Olimpíada no Brasil: 2016 está aí! Era um sonho o Ceará, o Nordeste serem capazes de lotar um auditório com as maiores autoridades internacionais e nacionais da pavimentação: vocês estão aqui!” O congresso foi um sucesso. Aproximadamente 600 inscritos, 25 trabalhos, três painéis, 14 palestras, uma visita e 52 pôsteres apresentados.

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.

Avaliação superficial de pavimentos asfálticos aeroportuários utilizando o método PCI

João Paulo Souza Silva, MSc.

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil

Márcio Muniz de Farias, PhD.

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil

Janaina Lima de Araújo, MSc.

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil

RESUMO

O estabelecimento das necessidades atuais de manutenção de uma determinada via pressupõe a identificação das medidas de conservação ou restauração de menor custo para colocar o pavimento em condições funcionais adequadas ou aceitáveis durante um período de tempo mínimo especificado. Para tanto, é preciso elaborar o diagnóstico do pavimento, ou seja, identificar defeitos e esclarecer os mecanismos pelos quais a sua deterioração vem se processando ao longo do tempo. Os problemas funcionais de uma pista afetam diretamente o usuário da via, seja ela rodoviária ou aeroportuária, na forma de conforto ao rolamento, custos operacionais dos veículos, tempo de viagem e segurança. Entretanto, não existem normas brasileiras que regulamentem a avaliação de superfícies asfálticas aeroportuárias, o que exige aplicação de metodologias internacionais, como o método PCI (Pavement Condition Index).

Neste trabalho, foi realizado um levantamento de defeitos superficiais na pista principal do Aeroporto Internacional de Brasília/DF, utilizando o método PCI, onde foram identificados os tipos, densidade e níveis de severidade dos defeitos de superfície e sugeridas medidas corretivas. Uma avaliação global, tomando-se a média de amostras ao longo de toda a extensão da pista de 3.200m, leva a uma classificação de condição superficial “muito boa”. Entretanto, uma avaliação setorizada, dividindo-se a pista em terços, mostra que o trecho inicial correspondente à cabeceira 11 L, responsável por 85% dos pousos e decolagens, estaria numa condição “média”, requerendo reparos imediatos para evitar maiores custos futuros.

PALAVRAS-CHAVE

Pavimentação; aeroportos; avaliação funcional de pavimentos; método PCI.

AVALIAÇÃO DE DEFEITOS FUNCIONAIS

O levantamento de defeitos funcionais consiste no registro da extensão, frequência e severidade apresentados pelos defeitos de superfície existentes. Comumente é realizado visualmente, embora já existam equipamentos automatizados que efetuam as leituras por meio de sensores. Para sua completa caracterização, Macedo (2005) sugere que os defeitos superficiais sejam descritos quanto aos seguintes parâmetros:

- Tipo de Defeito: dentre trincas, desgaste, exsudação de asfalto ou de água, afundamento localizado, agregado polido, remendos e panelas;

- Grau de severidade: retrata o grau com que aquele defeito afeta a estrutura do pavimento ou compromete seu desempenho. É usual, em diversas metodologias, avaliá-la por meio de três níveis de gravidade: baixa, média e elevada;

- Frequência: é a distribuição da ocorrência do defeito ao longo de um segmento ou trecho da via, sendo expressa pela relação percentual entre o número de seções onde ocorre o defeito e o número total de seções existentes dentro do segmento;

- Extensão: área ocupada pelo defeito.

O levantamento de defeitos de superfície tem a finalidade de avaliar as medidas de conservação necessárias, de modo a evitar uma deterioração acelerada no futuro, ou para determinação das medidas de restauração requeridas para se melhorar a condição do pavimento. A Tabela 1 apresenta como vários defeitos presentes numa pista aeroportuária afetam quatro características

básicas de seu desempenho: conforto, resistência à derrapagem, integridade estrutural e drenagem superficial.

O MÉTODO PCI

No Brasil, geralmente a avaliação de defeitos funcionais de um pavimento flexível rodoviário é determinado utilizando o método conhecido por Índice de Gravidade Global (IGG), regulamentado de acordo com o procedimento DNIT 006/2003-PRO. Para sua determinação, são realizadas medidas de afundamentos em trilhas de roda e levantamentos visuais da superfície do pavimento, efetuados com o propósito de se identificar e quantificar os defeitos existentes na superfície do pavimento. Existem ainda os métodos conhecidos por Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis (ICPF), Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e Índice do Estado de Superfície do Pavimento, preconizados por normas do DNIT.

Silva (2008) relata que, em se tratando de pavimentos aeroportuários, o Brasil ainda é incipiente no que diz respeito a metodologias de avaliação, uma vez que o tráfego e solicitações das aeronaves são bastante diferentes dos observados em pavimentos rodoviários. Assim, é necessário utilizar metodologias internacionais, como o método PCI (*Pavement Condition Index*) que surgiu após estudos desenvolvidos por Shahin no CERL, *Construction Engineering Research Laboratory*, publicado em julho de 1979, pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE), por meio do documento CERL-TR-M268 (SHAHIN, 1994).

O PCI para aeroportos também foi publicado como metodologia de teste pela ASTM em 1993 (ASTM D 5340-04e1,

Tabela 1 – Impacto dos defeitos superficiais no desempenho de um pavimento – Fonte: Transport Canada (2007)

Defeitos	Conforto	Resistência à derrapagem	Integridade Estrutural	Drenagem Superficial
Trinca transversal	X	—	X	—
Trinca longitudinal	—	—	X	—
Trinca couro de jacaré	—	—	X	—
Trinca em bloco	X	—	X	—
Afundamento de trilha de roda	X	X	—	X
Exsudação	—	X	—	—
Buraco/panela	X	—	X	—
Remendo	X	—	X	—

revisada em 2003). Segundo Shahin e Khon (1979), citados por Aps *et al.* (1998), o método tem como objetivo obter um índice numérico da Condição do Pavimento (PCI), no qual os valores variam entre 0 (ruim) e 100 (condição excelente).

Para calcular o PCI, a pista deve ser dividida em seções de inspeção para então determinar o número de amostras a inspecionar. A quantidade de amostras requeridas depende do uso do pavimento, sendo que esta divisão deve ser mantida para eventuais inspeções futuras.

O levantamento deve identificar todas as unidades de amostras “incomuns” e inspecioná-las como unidades “adicionais”, incluindo a seção no cálculo do PCI, alterando-o ligeiramente. Para superfícies aeroportuárias com pavimento flexível, Shahin (1994) recomenda amostras com área de 5.000 ± 2000 sq ft. (465 ± 186 m²).

O número mínimo de amostras a serem inspecionadas (*n*) para a avaliação é determinado pela equação:

$$n = \frac{N \cdot s^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + s^2} \quad (1)$$

Onde:

N = número total de amostras contidas no trecho a ser avaliado;

s = desvio padrão;

e = erro admitido quando da inspeção.

De acordo com Shahin (1994), a avaliação de pavimentos flexíveis utiliza valores de desvio padrão entre 6 e 10, numa perspectiva de erro de 5%, ou seja, um nível de confiabilidade do resultado de 95%. A determina-

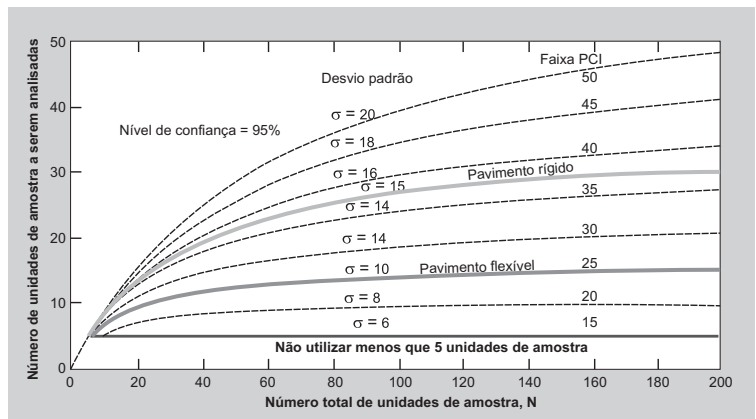


Figura 1 – Seleção do número mínimo de amostras a serem inspecionadas (SHAHIN, 1994)

ção do número mínimo de amostras poderá ainda ser calculada utilizando o gráfico apresentado na Figura 1.

Uma unidade de amostra é inspecionada observando-se o tipo e a severidade do defeito, identificado de acordo com o manual de defeitos do PCI, e anotando-se numa planilha de dados correspondente. Deve ser utilizada uma planilha de dados para cada unidade de amostra, na qual são anotados os tipos, quantidades e os graus de severidade de cada defeito identificado.

A descrição e identificação dos tipos de defeitos passíveis de ocorrência em pavimentos aeroportuários e a definição dos níveis de severidade (baixa, média e alta) de cada tipo de defeito e o critério de medição são apresentados, resumidamente, na Tabela 2.

O PCI é calculado com base em valores dedutíveis, com fatores de peso de 0 a 100, que indicam o impacto de cada defeito na condição do pavimento. Shahin (1994) propõe o cálculo do PCI de uma, subtraindo-se de 100 (que é o valor do PCI quando não há nenhum defeito visível na amostra), um somatório de “valores dedutíveis corrigidos” (VDC), que são obtidos em função dos tipos de defeitos, dos

Tabela 2 – Defeitos de pavimentos aeroportuários e formas de medição

Defeito	Forma de medição	Defeito	Forma de medição
Trinca “couro de jacaré”	Área (m ²)	Derramamento de óleo/contaminantes	Área (m ²)
Exsudação	Área (m ²)	Remendos	Área (m ²)
Trinca tipo “bloco”	Área (m ²)	Agregado Polido	Área (m ²)
Ondulação/Corrugação	Área (m ²)	Desgaste/Desagregação	Área (m ²)
Afundamento localizado	Área (m ²)	Afundamento de Trilha de Roda	Área (m ²)
Desgaste causado por queima de Jato	Área (m ²)	Fissuras por causa do escorregamento de massa	Área (m ²)
Trinca Longitudinal / Transversal	Metro linear	Expansão	Área (m ²)

graus de severidade e das densidades de defeitos nas condições defeituosas visíveis registradas na ficha de inspeção da amostra. Assim tem-se:

$$PCI = 100 - VDC$$

com $VDC = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} A(T_i, S_j, D_{ij}) F(t, q)$ (2)

Onde:

p = número total de defeitos para o pavimento analisado;

i = contador para tipos de defeitos;

m_i = número de graus de severidade para o tipo de defeito;

j = contador para graus de severidade;

$A(\)$ = valor dedutível, dependente do tipo do defeito (T_i), do grau de severidade (S_j) e da densidade de defeitos (D_{ij});

$F(\)$ = uma função de ajustamento para defeitos múltiplos que varia com o valor dedutível somado (t) e o número de deduções (q)

Na sequência, classifica-se o pavimento por meio de uma escala graduada que permite a comparação entre diferentes pavimentos, conforme a Figura 2, a seguir.

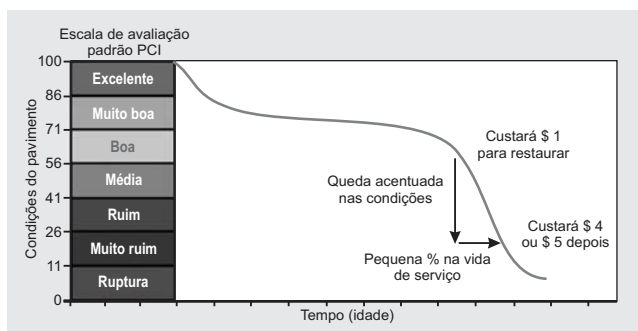


Figura 2 – Desempenho de um pavimento (SILVA, 2008; modificado de SHAHIN, 1994)

Shahin mostra que o desempenho de um pavimento tem queda acentuada a partir do momento em que for enquadrado numa condição “Média”, quando os custos com reparos ainda são baixos em relação à vida de serviço. Assim, um pavimento com $PCI \leq 56$ deverá ser imediatamente reparado, pois poderá chegar à condição de ruptura num curto período de tempo, com custos de reparo chegando a cinco vezes o valor dos reparos quando em condições ainda satisfatórias.

O PCI pode ser calculado manualmente ou com auxílio de um programa desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano (*U.S. Army Corps of Engi-*

neers), denominado MicroPAVER®, o qual dá suporte à tomada de decisões sobre quando e onde são necessárias manutenção e reabilitação promovendo o desenvolvimento e organização de um inventário do pavimento, além da avaliação da condição atual do pavimento, de acordo com a escala adequada.

PLANO DE AMOSTRAGEM

O Aeroporto Internacional de Brasília (AIB) foi escolhido para realização dos ensaios de campo, pois possui duas pistas de pouso e decolagem, sendo utilizada como estudo de caso nesta pesquisa a antiga pista. Essa pista ainda está em operação, tem dimensões de 3.200m de comprimento por 45m de largura, sendo submetida a tráfego intenso, pois possui todo aparato de aeronavegabilidade necessário para funcionamento, inclusive durante a noite e em dias nublados.

A Figura 3 mostra uma vista geral do AIB. A região da cabeceira 11 L é a mais solicitada, recebendo em torno de 85% das operações de pouso e decolagem, as quais ocorrem predominantemente no sentido Norte-Sul, em função dos ventos na região do aeroporto.

Para determinação da condição superficial do pavimento pelo método PCI, o plano de amostragem utilizado nesta pesquisa levou em consideração toda extensão da pista (3.200m), dividido em seções de 550m² de área, calculada em nível de projeto, com desvio padrão de 10 e nível de confiabilidade de 95%, conforme recomendação de Shahin (1994).

A divisão da pista resultou num plano de amostragem composto por um total de 18 seções, alternando as faixas a 10m à esquerda e à direita da faixa central, seguindo toda extensão longitudinal de 55m entre as sinalizações luminosas presentes nas laterais da pista, conforme apresentado num esquema prático sem escala, na Figura 4. Os ensaios foram realizados durante o mês de setembro de 2007.

METODOLOGIA

Para avaliar a condição superficial da pista do Aeroporto Internacional de Brasília, foi utilizado o método PCI



Figura 3 – Vista aérea do Aeroporto Internacional de Brasília em 2007

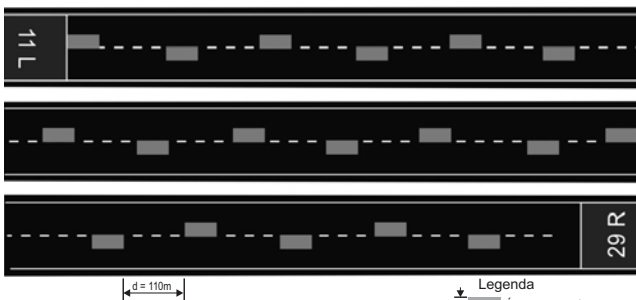


Figura 4 – Plano de amostragem dos defeitos de superfície (SILVA, 2008)

com auxílio do *software* MicroPAVER, no qual determinou-se a divisão da pista em três segmentos de mesmo tamanho, pois o objetivo é avaliar o comportamento funcional de cada região que recebe diferentes densidades de tráfego. As regiões analisadas foram as seguintes:

- 1º terço: 1.066m de extensão, a partir da Cabeceira 11 L, amostras de 01 a 06;
- 2º terço (centro): 1.066m de extensão, a partir da amostra nº 6, as amostras de 07 a 13;
- 3º terço: 1.068m de extensão, a partir da amostra nº 13 até Cabeceira 29 R, amostras de 14 a 18.

Os procedimentos básicos empregados na avaliação superficial dos pavimentos asfálticos nesta pesquisa foram os seguintes:

- Realização de vistoria cuidadosa da área da amostra selecionada, caminhando dentro da seção avaliada, verificação esta realizada durante três dias do mês de setembro de 2007, momento em que a pista se encontrava

interditada para procedimentos de desemborachamento e correção de pequenos buracos;

- Os tipos de defeitos observados foram registrados manualmente em planilhas apropriadas, anotando-se também a severidade (baixa, média e alta), extensão e quantidade de ocorrência de cada defeito, conforme ilustrado na Figura 5.

Os resultados de campo foram transferidos para o *software* de Gerenciamento de Pavimento desenvolvido pelo Cor-

po de Engenheiros do Exército dos EUA conhecido como MicroPAVER®, adquirido pelo Programa de Pós-Graduação em Geotecnia-UnB, disponibilizado para esta pesquisa.



Figura 5 – Levantamento de defeitos de superfície (SILVA, 2008)

Na sequência foi montado um inventário da superfície da pista do Aeroporto de Brasília, no qual cada unidade de amostra foi inserida no *software* para avaliação dos defeitos encontrados. Para avaliar a condição do pavimento, o *software* utiliza o Índice de Condição de Pavimento (PCI) como padrão, assim como a ASTM adotou o PCI como prática comum de acordo com a norma ASTM D-6433-03 para rodovias e a norma ASTM D-5340-04 para aeródromos.

Nesta análise, o *software* permite que o usuário visualize a condição da rede de pavimento ou algum subconjunto especificado da rede, inserindo-se todas as

datas de inspeção do pavimento além do tipo de superfície e tamanho respectivo.

Cada unidade de amostra poderá apresentar vários tipos de defeitos com seus respectivos níveis de severidade e tamanho, ou seja, cada defeito tem um tamanho menor ou igual ao tamanho da amostra, conforme ilustrado na Figura 6.

Também é oferecida uma opção para que o usuário adicione ao inventário fotos e observações das unidades

RESULTADOS OBTIDOS

Os defeitos levantados depois da análise visual foram anotados em planilhas apropriadas e analisadas pelo software MicroPAVER, sendo os mesmos apresentados a seguir.

- *Trinca longitudinal/transversal*: este tipo de defeito foi localizado na região compreendida no 1º e 3º terço da pista, onde foram verificadas ocorrências de trincas com comprimentos de 10cm, e em alguns casos até 16m, conforme ilustra a Figura 8.

Estas trincas ocorrem no sentido paralelo ao eixo da pista, fato este comprovado nas inspeções realizadas no local. A causa provável do surgimento deste defeito pode ser atribuída a problemas na execução da junta longitudinal de concretagem entre as faixas de tráfego.

Uma vez que o nível de severidade das ocorrências é ainda baixo, a correção

deste defeito pode ser feita por meio de selagem das trincas com ligante betuminoso, o que certamente não afetaria as condições funcionais da pista.

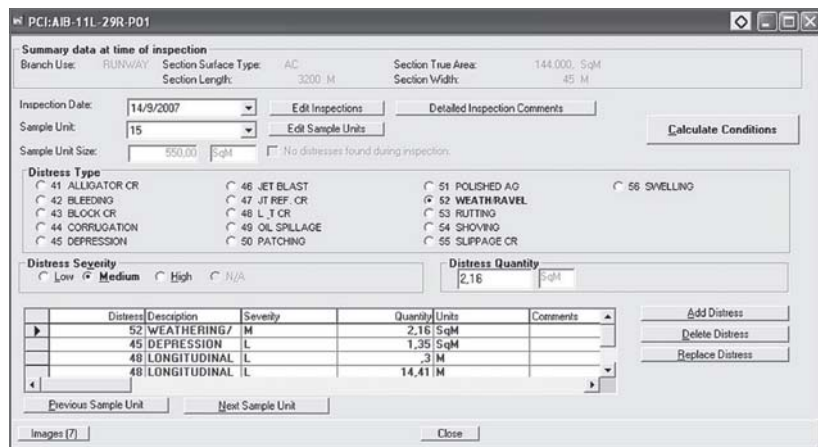


Figura 6 – Módulo de avaliação do pavimento no software MicroPAVER

amostradas, compondo um verdadeiro banco de dados da análise realizada. O resultado da avaliação pode ser exibido em forma de planilha (Figura 7) ou ainda utilizando a opção de visualização de gráficos com a condição atual, bem como uma previsão para um determinado período que o usuário tem liberdade de adotar. A análise, bem como detalhes da utilização do software nesta etapa de avaliação, foram plotados graficamente para facilitar a interpretação dos resultados que serão apresentados a seguir.

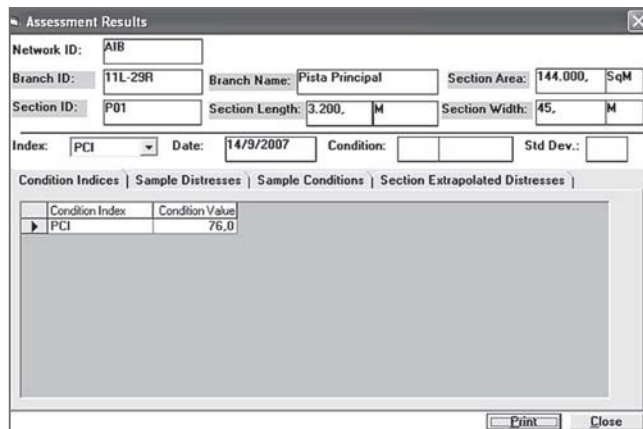


Figura 7 – Planilha de dados resultante da avaliação do pavimento (PCASE, 2005)



Figura 8 – Trincas longitudinais: (a) de maior extensão; (b) detalhe; (c) processo de medição (SILVA, 2008)

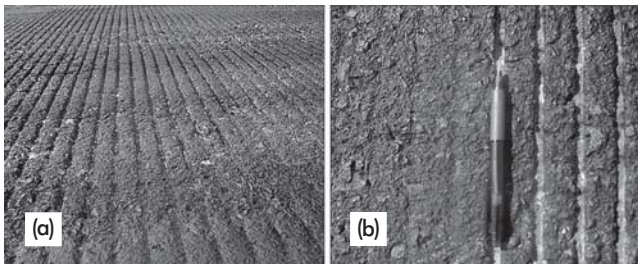


Figura 9 – Desgaste no pavimento em 2007: (a) visão geral; (b) detalhe (SILVA, 2008)

- **Desgaste/desagregação:** das 18 seções analisadas, 16 apresentaram este tipo de defeito. O nível de severidade variava entre baixo a médio, com algumas exceções, como, por exemplo, a região do 1º terço onde o desgaste é acentuado com nível de severidade médio a alto, apresentado na Figura 9.

Este tipo de ocorrência acentuada na região do 1º terço se deve ao fato de que a Cabeceira 11 L é a mais utilizada, recebendo tráfego intenso de aeronaves, ação das intempéries, além de longos períodos de desemborramento que também influenciam na perda de agregados e/ou argamassa fina do revestimento asfáltico.

O projeto de restauração localizada da capa asfáltica com novo revestimento e *grooving*, se necessário, apresenta-se como a solução mais adequada e eficiente para este tipo de ocorrência.

- **Afundamento de trilha de roda:** a ocorrência deste defeito foi observada somente na região do 1º e do 3º terço, onde estão situadas as cabeceiras da pista. Estas regiões, por receberem o impacto direto das aeronaves durante as manobras de decolagem e pouso, acabam por provocar estas depressões ao longo das trilhas de roda, conforme ilustra a Figura 10.

Os afundamentos identificados apresentavam níveis de severidade baixos, com desgaste na superfície do pavi-

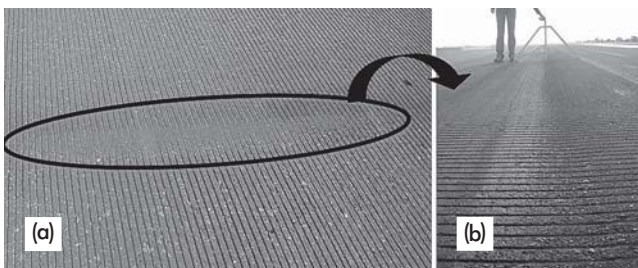


Figura 10 – Afundamento de trilha de roda na pista: (a) visão geral; (b) medição do defeito (SILVA, 2008)

mento. Entretanto, ações corretivas como restabelecimento da seção transversal projetada devem ser aplicadas para que esses afundamentos não alcancem um estado que gere um acúmulo de água superficial, colocando em risco o conforto e segurança dos usuários.

- **Buraco:** durante todo levantamento visual, foram detectadas cavidades formadas no revestimento do pavimento, com dimensões variadas, causadas principalmente por desgaste superficial (Figura 11-a) e em alguns casos em virtude da presença de pedaços de madeira compactados juntamente com o concreto asfáltico, mostrado na Figura 11-b.

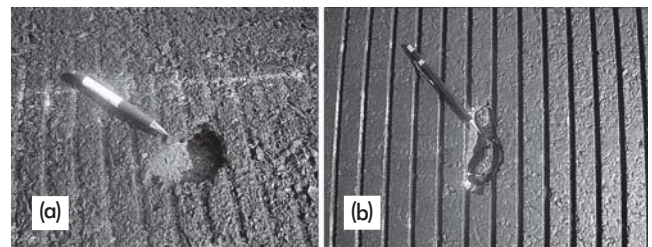


Figura 11 – Buracos na superfície do pavimento: (a) por causa do desgaste; (b) em virtude da presença de objetos estranhos (SILVA, 2008)

A solução para ambos os casos de cavidades na superfície do pavimento foi a execução de pequenos remendos. A Infraero utiliza um processo simples, no qual uma equipe vasculha a pista, identificando os buracos (Figura 12) e posteriormente preenchendo-os com concreto asfáltico, sendo conformado com auxílio de soquete manual (Figura 13).

Além da verificação e sugestões de intervenções apresentadas, os resultados obtidos para cada segmento foram utilizados na análise da condição do pavimento com auxílio do software MicroPAVER, no qual os resultados obtidos

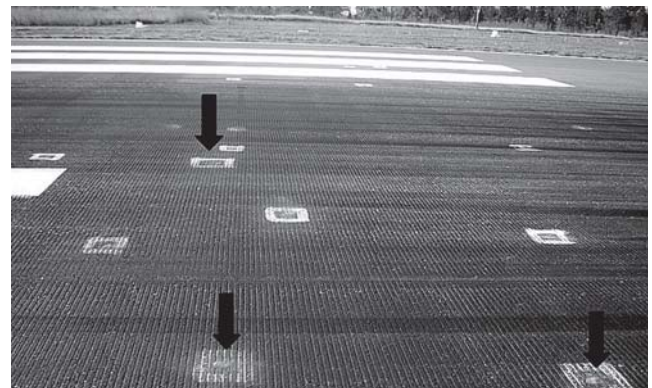


Figura 12 – Identificação de pequenos buracos na pista em 2007 (SILVA, 2008)

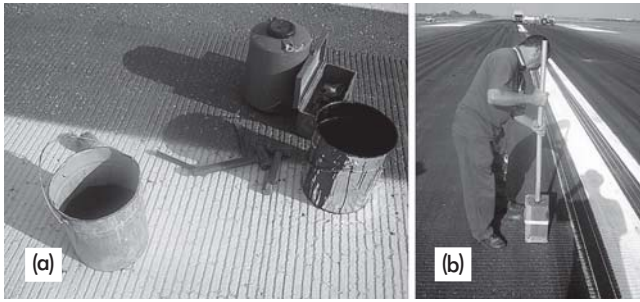


Figura 13 – Processo de recuperação dos buracos: (a) material utilizado; (b) compactação manual (SILVA, 2008)

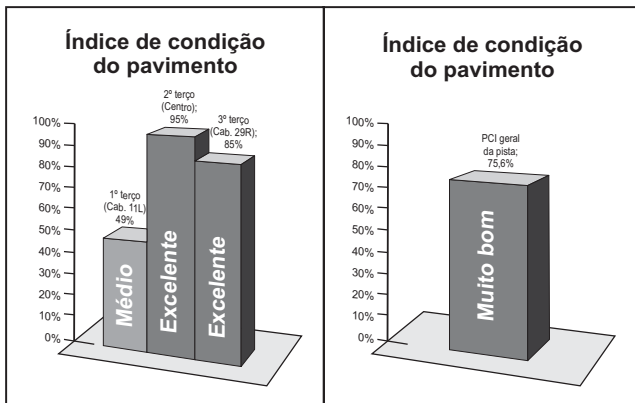


Figura 14 – Índice de Condição do pavimento: (a) seções individuais; (b) condição geral (SILVA, 2008)

são observados sob forma de gráficos apresentados na Figura 14.

Os gráficos obtidos depois da avaliação da condição superficial da pista indicam que:

- O 1º terço da pista apresentou PCI = 49 (Figura 14-a), o que representa uma Condição Média, resultado direto da ação do tráfego que se concentra naquela cabeceira, agredindo com maior intensidade a superfície do pavimento. Neste sentido, deve ser adotado procedimento imediato para recuperação da condição, ou seja; aplicar medidas corretivas a fim de amenizar ou eliminar os defeitos encontrados, para que a vida de serviço daquela região não chegue à ruptura em curto período de tempo.

- O 2º terço assim como o 3º apresentaram valores de PCI enquadrados como Excelentes (Figura 14-a), ou seja; as condições superficiais atuais naquelas regiões se encontram em condições suficientes para garantir o conforto e segurança durante o rolamento.

Os resultados obtidos indicam a necessidade de avaliação da pista em segmentos de mesma capacidade funcional, assim como determinada na presente pesquisa, na qual

se evidenciou a presença de defeitos e níveis de severidade semelhantes para amostras compreendidas em regiões com o mesmo grau de utilização.

CONCLUSÕES

A coleta dos dados pelo método PCI foi realizada em curto período de tempo, utilizando plano de amostragem conforme preconizado na metodologia, no qual se observou a ocorrência de poucos defeitos, a maioria com nível de severidade baixa, exceto na região da Cabeceira 11 L, local onde se concentrava a maioria dos defeitos de superfície em virtude do maior número de operações nesta área. Entretanto, se a condição superficial apresentasse uma densidade elevada de defeitos, com certeza o tempo necessário seria maior, o que poderia ser um obstáculo para o andamento da pesquisa, uma vez que o tempo disponível em campo foi rigorosamente controlado.

Apesar de um dos segmentos ter apresentado condição diferente dos demais, quando se calcula o PCI geral para a pista do Aeroporto Internacional de Brasília, obtém-se um valor cuja condição é Muito Boa, do ponto de vista funcional. Esta avaliação, realizada de maneira global, certamente poderia falsear a condição superficial da pista em sua região mais crítica, uma vez que os defeitos observados poderiam ser negligenciados quanto à sua ocorrência e nível de severidade.

O software MicroPAVER se mostrou de fácil utilização e com resultados apresentados de maneira simples de serem interpretados. Foram encontrados alguns defeitos funcionais de maneira isolada e com baixo nível de severidade, podendo ser aplicadas medidas corretivas imediatas que evitarão maior comprometimento da pista, além dos altos custos de recuperação que poderão ocorrer no futuro.

Finalmente, conclui-se por meio da avaliação real da condição da pista antiga do Aeroporto Internacional de Brasília que a metodologia internacional utilizada é compatível com a realidade das pistas aeroportuárias nacionais, pois poderá ser aplicada em avaliações durante o período em que a pista estiver recebendo tratamento de desbarrachamento ou qualquer intervenção de curto prazo, além de favorecer a obtenção de resultados com vistas a subsidiar intervenções adequadas, refletindo um melhor desempenho quanto à segurança dos pousos e decolagens das aeronaves que operam nos aeroportos nacionais.

Referências bibliográficas

- ASTM (2003). Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys. Annual book of ASTM Standarts – ASTM D 5340-04e1, Volume 04.03, USA.
- APS, M.; BALBO, J. T.; SEVERI, A.A, (1998) – Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas utilizando o método do PCI. 31ª Reunião Anual de Pavimentação, RAPv, São Paulo, 1998.
- DNIT (2003). Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos: PRO 006/2003. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, Rio de Janeiro.
- MACEDO, M.C. (2005). Estudo para a base técnica de um Sistema de Gerência de Pavimentos para redes regionais de aeroportos. Tese de Doutorado, ITA, São José dos Campos, SP, 233p.
- PCASE (2005). User's Manual Version 2.08. Engineer Research and Development Center, U.S. Army Corps of Engineers. Washington, USA.
- SHAHIN, M.Y.(1994). Pavement management for airports, roads and parking lots. Chapman & Hall, New York, 450p.
- SHAHIN, M. Y, KOHN, D. S. (1979). Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets and Parking Lot. CERL-TR-M-268, U.S.Army, 1979, v. 1 e 2.
- SILVA, João Paulo Souza. (2008). Aderência Pneu-Pavimento em Revestimentos Asfálticos Aeroportuários. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-165/2008, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 134 p.
- TRANSPORT CANADA (2007). Pavement Structural Condition (Integrity). Civil Aviation (CA). Disponível em: www.tc.gc.ca/CivilAviation. Acesso em julho de 2007.

Acompanhamento de recuperação estrutural de pavimento urbano de concreto e análise dos materiais empregados

Oziel Gomes da Silva

Prefeitura de Recife

RESUMO

Recife, capital pernambucana, possui 21 avenidas pavimentadas em concreto, perfazendo um total de cerca de 1.500.000,00m². Uma das primeiras avenidas a ser pavimentada em concreto, a Avenida Conde da Boa Vista, passadas quase meio século, continua sendo de importância vital para a circulação de veículos em direção ao centro da cidade, tem uma extensão de 1.662m, com largura total de rolamento de 18m, para tráfego nos dois sentidos, sendo cada faixa de tráfego com 9m de largura.

Segundo a EMTU-Recife (Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos), este corredor é utilizado por 107 linhas de ônibus transportando diariamente em torno de 370.000 passageiros. A pretensão da Prefeitura da Cidade do Recife é dotar a Avenida Conde da Boa Vista de características operacionais e físicas que permitam a sua inserção no Corredor Leste-Oeste. Considerando-se os dados acima, conclui-se ser imprescindível intervir no pavimento de concreto da Avenida Conde da Boa Vista (cerca de 50 anos de vida

útil), como condição indispensável para implantação e funcionamento do Corredor Leste-Oeste. A intervenção se resumiu na reconstrução total das placas do antigo pavimento (placas com espessura de 20cm). É apresentado o acompanhamento da solução adotada no projeto para a obra de recuperação das placas, enfocando as características dos materiais e dos concretos utilizados e os resultados obtidos no controle tecnológico da obra executada no período de março de 2007 a março de 2008. A metodologia adotada e os resultados obtidos foram adequados à solução proposta. As especificações de projeto, quanto aos diversos aspectos da aplicação do concreto para as placas do pavimento em todos os lotes analisados e em termos da resistência à compressão axial aos 28 dias, foram atendidas a partir dos traços usados nesta obra.

PALAVRAS-CHAVE

Pavimento rígido; dimensionamento; resistência à tração; resistência à compressão.

Introdução

Vêm da década de 1930 os registros de que o Recife convive bem com ruas e avenidas pavimentadas em concreto. O pavimento de concreto apresenta durabilidade e baixo custo de manutenção e possui singularidade ecológica. Foi uma decisão estratégica e natural a adoção em Recife da pavimentação de concreto.

Atestando que a opção pelo pavimento de concreto é técnica e economicamente correta, os principais corredores

de tráfego do Recife, implantados nas zonas norte, sul e oeste, permanecem em boas condições de tráfego há décadas, proporcionando maior fluidez ao trânsito. A área pavimentada em concreto em 2008 perfazia um total de 1.524.847,00m².

Este trabalho tem como objetivo expor o acompanhamento de recuperação estrutural de um pavimento urbano de concreto e análise dos materiais empregados, em corredor de transporte do Recife, na Av. Conde da Boa Vista. Para o desenvolvimento deste trabalho foram

realizados estudos bibliográficos e coletadas fichas de acompanhamento dos ensaios de controle, que farão parte dos próximos parágrafos. Não é sem razão que todo esse acervo de pavimentação em concreto transforma a Cidade do Recife na *Capital Nacional do Pavimento de Concreto* (ABCP, 2004), além de colocá-la na liderança desse tipo de pavimentação. Maiores detalhes desta obra podem ser vistos em Silva (2009).

Trecho estudado

O presente estudo trata do acompanhamento de recuperação estrutural de pavimento urbano de concreto e análise dos materiais empregados. O trecho em estudo é a Avenida Conde da Boa Vista, situada entre a Rua Dom Bosco e a Rua da Aurora, e tem uma extensão de 1.662m, com largura total de rolamento de 18m, para tráfego nos dois sentidos, sendo cada faixa de tráfego com 9m de largura e comprimento de 6m. A Avenida Conde da Boa Vista, no centro do Recife, foi pavimentada inicialmente em concreto, no período administrativo do prefeito Pelópidas Silveira (1955/1959). A pavimentação em concreto de cimento Portland da Avenida Conde da Boa Vista completou em 2007 cerca de 50 anos de vida útil. Na Figura 1, mostram-se aspectos de alguns trechos com problemas depois deste tempo de serviço.

É um dos principais corredores de transporte coletivo da Cidade do Recife e, segundo a EMTU-Recife (Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos) que supervisiona o transporte coletivo em Recife é utilizado por 107 linhas de ônibus transportando diariamente em torno de 370.000 passageiros. O projeto final de dimensionamento do novo pavimento em concreto foi desenvolvido, em janeiro de 2007, pelo Engenheiro Maurício Renato Pina Moreira (MOREIRA, 2007).

A pretensão da Prefeitura da Cidade do Recife com a restauração é dotar a Avenida Conde da Boa Vista de características operacionais e físicas que permitam a sua inserção no Corredor Leste-Oeste. Concluiu-se ser imprescindível intervir no pavimento de concreto da Avenida Conde da Boa Vista após cerca de 50 anos de vida útil, como condição indispensável para implantação e funcionamento do Corredor Leste-Oeste. Basicamente, a intervenção se

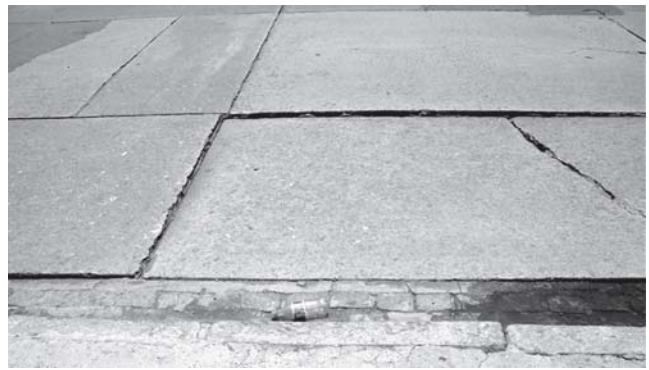


Figura 1 – Vista parcial do pavimento deteriorado da Av. Conde da Boa Vista

resumiu na reconstrução total das placas do antigo pavimento (placas com espessura de 20cm conforme CARVALHO, 2004), cujos critérios de dimensionamento são relacionados a seguir.

Os ônibus formam basicamente o volume de tráfego da Avenida Conde da Boa Vista. Levando-se em conta o número de viagens diárias de ônibus, de acordo com as informações conseguidas junto à EMTU/Recife. O método de dimensionamento da PCA – Portland Cement Association (PCA, 1984) adotado pelo DNIT no Brasil recomenda que o período de projeto seja de 20 anos, uma vez que a projeção dos volumes de tráfego em períodos maiores geram muita incerteza quanto ao VMD. Adotou-se a taxa de 1,5% ao ano de crescimento do volume médio diário (VMD) de ônibus (CAMPOS e SZASZ, 1996), resultante da taxa média de crescimento populacional historicamente verificada na Região Metropolitana do Recife (RMR) nos últimos anos.

PAVIMENTO DE CONCRETO

Realizados os estudos geotécnicos pertinentes, e de acordo com Pitta (1998), foi definida a solução técnica de

escavar-se um mínimo de 43cm – preenchidos com 10cm em pó de pedra estabilizado granulometricamente, para regularização e reforço do subleito, mais 10cm de CCR, mais 23cm de placas de concreto. O método utilizado para o dimensionamento foi o da PCA-1984, que incorpora um modelo de fadiga e de erosão e que empregou na definição das tensões tabeladas uma análise estrutural por elementos finitos. Os fundamentos e planilhas do método estão contidos no Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT (2005). Levando-se em consideração os parâmetros mencionados, a solução adotada vê-se na Figura 2.

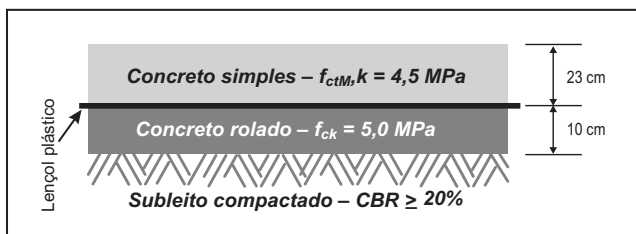


Figura 2 – Croqui esquemático do Projeto final (MOREIRA, 2007)

Nas juntas transversais de retração e construção, foram utilizadas barras de transferência e nas juntas longitudinais, barras de ligação conforme definidas em ABCP (2001).

Materiais para o concreto

Na sequência serão detalhadas as principais características dos materiais utilizados para confecção do concreto aplicado na obra da placa em concreto de cimento Portland com 23cm de espessura do pavimento do local. Na Figura 3, está mostrada uma parte da obra em andamento.

Cimento

O cimento definido para a obra foi o cimento Portland de alta resistência inicial – resistente a sulfatos (CP V – ARI RS) (ABNT-NBR 5733:1991).

Agregados miúdos

Na obra do pavimento, foi utilizada areia natural (ABNT-NBR 7211:2005) procedente de Areal localizado na Fazenda Dois Rios, zona rural da cidade de Caaporã/Paraíba.

Agregados graúdos

Dois tamanhos de agregados graúdos foram utilizados na obra: brita 1/2" (12,7mm) e brita 3/4" (19mm),



Figura 3 – Ilustração de uma das interdições durante a obra deste estudo – Cura do concreto – (Foto do autor, Maio / 2007)

(ABNT-NBR 7211:2005), provenientes da Pedreira Líder localizada na Muribeca, no município de Jaboatão dos Guararapes/PE.

Água

Para a água de amassamento, foi definida a utilização de água do Poço de Abastecimento da própria Central. Atendendo aos requisitos mínimos prescritos na norma DNER-EM 034/97.

Aditivo

No traço de concreto aplicado, foi utilizado o produto Mastermix 335 R, aditivo plastificante retardador de pega, o produto atende aos requisitos da norma brasileira ABNT-NBR 11768:1992.

Traços de concreto

O traço do concreto empregado foi de responsabilidade da Empreiteira por intermédio da Central Dosadora da MARÉ CIMENTO Ltda. – POLIMIX. Por se tratar de obra específica, com projeto e equipamento de espalhamento do concreto também específico, foram desenvolvidos pelo Departamento de Tecnologia da Central fornecedora os traços do CCR e do concreto utilizado nas placas e apresentados a seguir nas Tabelas 1 e 2.

EQUIPAMENTOS

Na busca por maior qualidade, durabilidade, melhor superfície de rolamento e redução de custos, foram utilizados

Tabela 1 – Composição Unitária do CCR

CCR – f_{dk} 5,0 MPa		
Material	1,0 m ³	Especificação
Cimento	140kg	CP V – ARI RS
Brita 1/2"	520kg	Pedreira Líder
Brita 3/4"	520kg	Pedreira Líder
Areia Média	955kg	Areal Fazenda Dois Rios-Caaporã-PB
Água	178lt	
Aditivo	—	—

Tabela 2 – Composição Unitária do Traço de Concreto

f_{ck} 35,0 MPa, Slump 60 ± 10 mm		
Material	1,0 m ³	Especificação
Cimento	396kg	CP V – ARI RS
Brita 1/2"	675kg	Pedreira Líder
Brita 3/4"	467kg	Pedreira Líder
Areia Média	873kg	Areal Fazenda Dois Rios-Caaporã-PB
Água	188lt	
Aditivo	1.068ml	Mastermix 335 R

equipamentos que melhor se adequam à área urbana: os chamados de pequeno porte, tipo régua treliçada vibratória, vibradores de imersão etc. Quando se usa essa espécie de equipamento, a concretagem se faz quase sempre faixa por faixa.

Equipamento de Transporte

Para o transporte do concreto da central dosadora à frente de serviço, foram utilizados caminhões betoneiras.

PROCESSO CONSTRUTIVO

O detalhamento dos serviços necessários à execução da pavimentação em concreto é um dos objetivos deste trabalho. As etapas relevantes da execução do pavimento de concreto serão descritas a seguir, salientando que os serviços preliminares (drenagem, por exemplo) não serão citados. Apresentam-se a seguir nas Figuras 4 e 5 algumas fotos de etapas dos serviços.

Produção e transporte do concreto

O concreto foi lançado diretamente sobre o Concreto Rolado (CCR) devidamente coberto pelo lençol plástico,



Figura 4 – Subleito após remoção placas antigas



Figura 5 – Serragem das juntas

conforme projetado. A logística da obra foi definida com o objetivo de comprometer ao mínimo o fluxo de veículos que transitavam pela avenida. Quanto à texturização, fo-

ram utilizadas vassouras que, passadas no sentido transversal à via, originavam pequenos sulcos. Para a cura do concreto foi aplicado o produto CURING PAV à base de hidrocarbonetos parafínicos. O corte para indução das juntas transversais foi executado entre 6 horas e 10 horas depois da concretagem, dependendo das condições de temperatura e umidade do ar. A selagem das juntas foi executada depois de três dias.

ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS E CONTROLE TECNOLÓGICO

A execução dos serviços de pavimentação atendeu aos parâmetros definidos na Especificação DNIT 047/2004-ES: Pavimento Rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte: especificação de serviço, e norma ABNT-NBR 7583:1986 – Execução de pavimento de concreto simples por meio mecânico – procedimento.

Foram realizados pelos laboratórios responsáveis pelo controle tecnológico os ensaios de caracterização dos agregados e os seguintes ensaios de concreto:

- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT-NBR NM67:1998);
- Determinação da resistência à tração na flexão do concreto (ABNT-NBR 12142:1994);
- Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos (ABNT-NBR 5739:2007).

O controle tecnológico do concreto foi baseado nas especificações da ABNT-NBR 7583:1986 e DNIT 047/2004-ES, para os procedimentos de formação de amostras, tipos de ensaios e periodicidade, e avaliação do *fck* do concreto. Também se lançou mão da prática recomendada N° 214 R-02 do American Concrete Institute – ACI (2002), para a avaliação da produção do concreto e das suas operações de ensaio e controle. O controle tecnológico dos materiais empregados na confecção dos concretos teve como base a norma ABNT-NBR 12654:1992. São apresentados os resultados da avaliação estatística da resistência estimada do concreto à compressão feita de acordo com as normas DNIT 047/2004-ES e ABNT-NBR 7583:1986, em todo o concreto lançado na pavimentação do segmento acompanhado nesta obra.

Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone

Para o Ensaio de Determinação da Consistência do Concreto pelo Abatimento do Tronco de Cone (ABNT-NBR NM 67: 1998); (ou *Slump Test*), foi definido como 60 ± 10 mm.

Determinação da resistência à tração na flexão do concreto

Os ensaios de determinação da resistência à tração na flexão do concreto foram realizados em corpos de prova do tipo viga prismática nas dimensões médias 500,0mm × 150,0mm × 150,0mm (comprimento × largura × altura), de acordo com a norma ABNT-NBR 12142:1994.

Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos

Os ensaios de determinação da resistência à compressão axial foram realizados em corpos de prova do tipo cilíndrico nas dimensões 100,0mm x 200,0mm (diâmetro x altura), de acordo com a ABNT-NBR 5739:2007, os quais foram rompidos aos três e aos 28 dias.

Procedimentos adotados

O presente trabalho se desenvolveu por meio do acompanhamento das etapas de: projeto e executivas: quebra das antigas placas, remoção dos resíduos, análise da sub-base, subleito, aplicação do pó de pedra, aplicação do CCR, verificação do *Slump* e aplicação do pavimento de concreto, texturização, aplicação da cura química, selagem das juntas, com ênfase para a aplicação da placa de concreto. Os ensaios de Determinação da Consistência do Concreto pelo Abatimento do Tronco de Cone (*Slump-tes*) e determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos foram realizados pelo laboratório da EMLURB, por intermédio da GOLB (Gerência Operacional de Laboratório). Os ensaios para determinação da resistência à tração na flexão do concreto foram realizados no Laboratório TECOMAT (Tecnologia da Construção e Materiais Ltda.).

RESULTADOS OBTIDOS

Foram aplicados 4.477,50m³ na pavimentação do segmento acompanhado, distribuídos por 564 caminhões-

betoneira em 108 dias de concretagens. Os resultados foram agrupados em 10 lotes definidos de acordo com a ordem cronológica das concretagens.

A primeira concretagem aconteceu no dia 7 de abril de 2007, e a última no dia 18 de janeiro de 2008. Em 2007, foram utilizados 1.232 exemplares, e, em 2008, 61 exemplares, incluindo ensaios de resistência à compressão aos três, sete e 28 dias (ABNT-NBR 5739:2007), perfazendo um total de 1.293 exemplares para ensaios à compressão. A esses ensaios realizados no próprio laboratório da EMLURB somam-se 16 exemplares para ensaios de determinação da resistência à tração na flexão do concreto (28 dias), retirados do LOTE A (ABNT-NBR 12142:1994), esses realizados pelo Laboratório da empresa TECOMAT (Tecnologia da Construção e Materiais Ltda.). Teve-se um total geral de 1.309 exemplares utilizados no controle da obra.

O controle da resistência do concreto nesta obra foi efetuado com base nos ensaios de resistência à compressão, considerando-se a correlação tradicionalmente aceita com os ensaios de módulo de ruptura à flexão. Para isso, conforme definido em projeto, foi considerado que o $f_{ck} = 35,0$ MPa corresponderia ao $f_{ctM,k} = 4,5$ MPa.

A Norma DNIT 047/2004-ES determina que a cada lote de no máximo 2.500m² de pavimento deverão ser moldados no mínimo seis exemplares de corpos de prova. A Norma ABNT-NBR 7583:1986 determina que a cada lote de concreto (até 500m³ ou 2.500m²) corresponderá

uma amostra com 32 exemplares, retirados de maneira que as amostras sejam representativas do lote todo. Cada exemplar amostral é composto por dois corpos de prova, da mesma amassada e moldados no mesmo ato. Nesta obra foram retirados exemplares de cada caminhão betoneira, sempre superiores a 32 (ABNT-NBR 7583:1986), o que amplia a confiabilidade estatística dos lotes, como mostrado na Tabela 3.

Visando uma análise comparativa entre as resistências à tração e resistência à compressão aos 28 dias, com base nas prescrições das normas citadas, foi escolhido um lote, concretado no período de 28/04/2007 a 06/05/2007, que permitiu obter a razão RT / RC utilizando 16 corpos de prova (chamado de LOTE A) para verificar se a relação admitida no projeto estaria sendo válida para esta obra.

Na Tabela 4, estão mostrados os valores da resistência à tração e resistência à compressão dos 16 corpos de prova ensaiados e as respectivas razões para o LOTE A. Percebe-se que a razão média foi de 14%, acima da relação de 10% algumas vezes admitida, mas dentro da ordem de grandeza encontrada em trabalhos específicos. Considere ainda que neste projeto foi admitida pelo projetista uma relação de 12,8%, visto que para uma resistência à tração de 4,5MPa foi especificada a resistência à compressão de 35MPa. Levando-se em conta que os resultados dos ensaios à tração fornecidos pelo Laboratório TECOMAT são em número reduzido (cerca de 2,8% dos

Tabela 3 – Datas e Volumes dos Lotes 1 a 10 e Outras Informações

Lotes	Datas Concretagens		Caminhões Utilizados	Volume Concreto (m ³)	Exemplares para ensaios aos:			Nº exemplares por LOTE
	Início	Fim			3 dias	7 dias	28 dias	
1	07/04/07	06/05/07	61	488,5	61	61	77	199
2	07/05/07	31/05/07	59	468,0	59	59	59	177
3	01/06/07	29/06/07	58	459,5	58	45	58	161
4	30/06/07	26/07/07	57	459,5	55	2	57	114
5	28/07/07	18/08/07	57	449,5	57	0	57	114
6	20/08/07	06/09/07	61	469,0	61	0	61	122
7	10/09/07	02/10/07	56	454,0	56	0	56	112
8	04/10/07	30/10/07	50	393,0	50	0	50	100
9	05/11/07	22/11/07	53	433,0	53	0	53	106
10	24/11/07	18/01/08	52	403,5	50	2	52	104
TOTALS			564	4.477,5	560	169	580	1.309

564 caminhões), pode-se considerar este comparativo apenas ilustrativo, porém bastante favorável.

É feita também a Avaliação Estatística da Resistência Estimada do Concreto à Tração ($f_{ctM,est}$) e à Compressão ($f_{ck,est}$) para o LOTE A. As Normas DNIT 047/2004-ES e ABNT-NBR 7583:1986 fornecem as expressões para cálculo da resistência média do concreto à tração na idade de 28 dias ($\bar{f}_{ctM,28}$) e à Compressão (\bar{f}_{c28}), como também o desvio padrão (s). Na tabela 5, são apresentados os valores calculados para o LOTE A.

Com base na Tabela 4, pode-se observar que os valores obtidos nos ensaios e conseqüentemente o cálculo do valor estimado da resistência característica do concreto à tração e à compressão, Tabela 5, mostram-se superiores à resistência característica (de projeto) definida como uma resistência à tração média de $f_{ctM,28} = 4,5$ MPa e resistência à

compressão média de $f_{ck,est} = 35$ MPa. Conclui-se, portanto, que a especificação de projeto foi plenamente alcançada.

Na Tabela 6, são apresentados os valores calculados para a resistência média do concreto à compressão axial na idade de 28 dias (\bar{f}_{c28}), desvio padrão (s) e cálculo do valor estimado da resistência característica do concreto à compressão ($f_{ck,est}$), para os Lotes 1 a 10.

Analisando-se os valores encontrados para o $f_{ck,est}$, aplicando-se a condição para aceitação ($f_{ck,est} \geq f_{ck}$) segundo ABNT-NBR 7583:1986 e sabendo-se que a resistência à compressão axial especificada no projeto foi de $f_{c28} = 35,0$ MPa, constata-se que a condição foi totalmente alcançada, e o concreto das placas do pavimento pode ser aceito quanto à resistência à compressão.

A título de informação complementar sobre a qualidade do concreto produzido, apresenta-se a seguir a

Tabela 4 – Resultados das Resistências à Tração e à Compressão do LOTE A (28 dias) e respectivas razões

Ensaio Nº	Data Moldagem	$f_{ctM,k}$ (MPa)	f_{ck} (MPa)	Relação ($f_{ctM,k} / f_{ck}$)(%)
1	28/04/07	5,9	47,1	12,5
2	"	6,5	50,3	12,9
3	"	6,9	42,0	16,4
4	"	6,3	46,5	13,5
5	29/04/07	5,9	42,0	14,0
6	"	6,5	47,1	13,8
7	02/05/07	6,2	47,1	13,2
8	"	6,4	44,6	14,3
9	03/05/07	5,9	46,5	12,7
10	"	6,3	40,1	15,7
11	04/05/07	6,1	44,6	13,7
12	"	5,4	42,0	12,9
13	06/05/07	6,1	42,0	14,5
14	"	6,7	43,3	15,5
15	"	6,0	47,1	12,7
16	"	6,0	37,6	15,9
MÉDIA		6,2	44,4	14,0

Fontes: Resistência à Tração – Laboratório TECOMAT/Resistência à Compressão – Laboratório EMLURB)

Tabela 5 – Valores da resistência estimada, resistência média e desvio padrão do LOTE A

LOTE	$\bar{f}_{ctM,28}$ (MPa)	DESVIO PADRÃO S (MPa)	$f_{ctM,est}$ (MPa)	\bar{f}_{c28} (MPa)	DESVIO PADRÃO S (MPa)	$f_{ck,est}$ (MPa)
A	6,2	0,4	5,9	44,4	3,3	41,5

Tabela 6 – Valores do \bar{f}_{c28} , Desvio Padrão s e $f_{ck,est}$ dos Lotes 1 a 10 da obra analisada.

LOTENº	\bar{f}_{c28} (MPa)	DESVIO PADRÃO s (MPa)	$f_{ck,est}$ (MPa)
1	44,9	3,1	42,3
2	44,4	5,4	39,9
3	42,2	3,8	39,0
4	43,8	3,7	40,7
5	42,5	4,1	39,0
6	43,2	4,4	39,5
7	47,3	4,9	43,2
8	43,6	3,5	40,7
9	44,3	4,0	40,9
10	43,5	4,3	39,9
MÉDIA GERAL	44,0	4,1	

análise dos lotes 1 a 10 segundo a norma ACI 214 R-02. Essa análise da qualidade do concreto produzido tem como base o Coeficiente de Variação definido pelo quociente entre o desvio padrão e a resistência média, expresso em porcentagem (CV%). Foram calculados o CV% para cada lote (1 a 10), podendo assim ser obtido o respectivo padrão de qualidade conforme a referida norma. Na presente análise, utilizou-se o maior valor individual de cada par de corpos de prova. Na Tabela 7, estão mostrados os critérios adotados nessa análise.

Procedendo-se os cálculos para cada lote, tem-se os valores apresentados na Tabela 8 com os respectivos conceitos de qualidade. Na Tabela 9, apresentam-se os valores médios dos resultados dos ensaios de resistência à compressão axial aos três dias e aos 28 dias dos lotes 1 a 10 como também a razão entre esses valores.

Observando-se a Tabela 9, verifica-se que o crescimento médio da resistência à compressão dos três para os 28 dias foi de 40% de ordem de grandeza, compatível

com o tipo de cimento utilizado. Verifica-se que as especificações de projeto, quanto aos diversos aspectos da aplicação do concreto para as placas do pavimento para todos os lotes analisados, em termos da resistência à compressão axial aos 28 dias a partir dos traços usados nesta obra foram atendidas, e, portanto, pode-se esperar um bom desempenho do concreto ao longo de sua vida útil. As resistências dos corpos de prova dos concretos nas amostras analisadas atenderam às especificações de projeto, não

Tabela 7 – Relação Coeficiente de Variação e a Qualidade do Concreto (para $f_{ck} > 34,5$ MPa ou 5000 psi) segundo ACI 214 R-02

Coeficiente de Variação (CV%)	Classificação
CV % < 7 %	Excelente
7 d" CV% < 9	Muito Bom
9 d" CV% < 11	Bom
11 d" CV% < 14	Razoável
14 d" CV%	Fraco

Tabela 8 – Qualidade do Concreto Pelo Coeficiente de Variação

Lote Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
s (MPa)	3,1	5,4	3,8	3,7	4,1	4,4	4,9	3,5	4,0	4,3
\bar{f}_{c28}	44,9	44,4	42,2	43,8	42,5	43,2	47,3	43,6	44,3	43,5
CV (%)	6,9	12,2	9,0	8,4	9,6	10,2	10,4	8,0	9,0	9,9
Classificação	E	R	B	MB	B	B	B	MB	B	B

Legenda: E = Excelente, MB = Muito Bom, B = Bom, R = Razoável, F = Fraco.

Tabela 9 – Relação das Resistências à Compressão aos 3 e 28 dias dos Lotes 1 a 10

LOTENº	\bar{f}_{c28}	\bar{f}_{c3}	Relação $\bar{f}_{c28} / \bar{f}_{c3}$
1	44,9	32,3	1,39
2	44,4	31,7	1,40
3	42,2	32,9	1,28
4	43,8	31,4	1,39
5	42,5	29,3	1,45
6	43,2	29,0	1,49
7	47,3	31,9	1,48
8	43,6	31,4	1,39
9	44,3	31,8	1,39
10	42,1	30,1	1,40
MÉDIA GERAL	43,8	31,2	1,40



Figura 6 – Vista parcial do pavimento novo da Avenida Conde da Boa Vista, cerca de dois anos de uso (Foto do autor, Junho / 2009).

apresentando em nenhum exemplar valor inferior ao f_{ck} (resistência característica) aos 28 dias.

Realizada inspeção visual, depois da conclusão das obras, pode-se concluir que os resultados são satisfatórios, pois não foi detectada a existência de trincas e fissuras, além de ter sido obtido um bom nivelamento do pavimento, o que se mostra dois anos depois parcialmente nas fotos da Figura 6.

CONCLUSÕES

Com base no que foi exposto neste trabalho, pode-se chegar às seguintes conclusões principais:

1. Foi possível concluir que o uso de equipamentos de pequeno porte, entre eles as formas metálicas de con-

tenção lateral, mostrou-se eficiente para execução de obras em área urbana;

2. Os valores característicos de resistência à compressão e de resistência à tração dos lotes de controle do concreto rolado e do concreto de cimento Portland da obra acompanhada atingiram ou superaram os valores especificados de projeto. Pode-se inferir que a estrutura do pavimento neste segmento avaliado tem boas perspectivas de atingir a vida útil esperada, desde que as condições de tráfego, em volume e peso, sejam aproximadamente as admitidas no projeto.

3. Por se tratar de corredor de transporte, todas as etapas executivas foram trabalhadas sob rígidas condições de controle do tempo disponível para o fechamento do tráfego, sem, no entanto, esquecer o controle tecnológico que

foi efetuado em todas as fases, indispensável para alcançar os objetivos de entrega da via no menor tempo possível e dentro dos padrões de qualidade exigidos;

4. A opção pela utilização do cimento Portland de alta resistência inicial e resistente a sulfatos (CP V – ARI RS) mostrou-se coerente com o tipo de obra, principalmente na sua característica principal de “alta resistência inicial”, o que possibilitou a liberação ao tráfego no menor tempo possível e com garantia de qualidade da resistência do mesmo, tanto aos três como aos 28 dias;

5. Obteve-se uma razão média de 14% entre a resistência à tração e a resistência à compressão do concreto de

cimento Portland aos 28 dias, preparado com os materiais e técnicas desta obra, ligeiramente superior ao admitido no projeto que foi de 12,8%.

6. Analisando-se os coeficientes de variação dos resultados dos 10 lotes de ensaios de resistência à tração, foi possível enquadrar os mesmos pela Norma ACI 214 R-02 como: um lote como “Excelente”, dois como “Muito Bom”, sete como “bom” e somente um como “Regular”, indicando variabilidade entre os vários dias de concretagem.

7. Para os lotes de concretagem desta obra, observou-se um aumento médio de 40% entre a resistência à compressão medida aos três dias de cura em relação à medida aos 28 dias.

Referências bibliográficas

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. “Evaluation of Strength Test Results of Concrete”. ACI-214 R-02. Chicago, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Recife: *Capital Nacional do Pavimento de Concreto*. Revista Técnica. São Paulo, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: *Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro, 1998.
- _____. NBR 11768: *Aditivos para concreto de cimento Portland*. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. NBR 12142: *Concreto – determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos*. Rio de Janeiro, 1994.
- _____. NBR 12654: *Controle tecnológico de materiais componentes do concreto*. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. NBR 5733: *Cimento Portland de alta resistência inicial*. Rio de Janeiro, 1991.
- _____. NBR 5739: *Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2007.
- _____. NBR 7211: *Agregado para concreto*. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. NBR 7583: *Execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico*. Rio de Janeiro, 1986.
- CAMPOS, L. P. G. de & SZASZ, P. Á. *O Ônibus Urbano Operando como Sistema de Média Capacidade*. Revista dos Transportes Públicos 70. São Paulo, 1996.
- CARVALHO, M. D. *Seminário Sobre Fundamentos, Avanços Tecnológicos e Técnicas de Reabilitação de Pavimentos de Concreto*. Associação Brasileira de Cimento Portland. Recife, 2004.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-EM 034/ 97: *Água para concreto: especificação de material*. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT: *Manual de Pavimentos Rígidos*. 2ª Edição. Rio de Janeiro: IPR, 2005.
- _____. DNIT 047/2004-ES. *Pavimento rígido – execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte: especificação de serviço*. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- MOREIRA, M. R. P. *Dimensionamento do Pavimento de Concreto da Avenida Conde da Boa Vista, na Cidade do Recife*. Recife, 2007.
- PCA. Portland Cement Association. “*Thickness Design for Concrete Highways and Street Pavements*”. Canadian Edition. Stokie, 1984.
- PITTA, M. R. *Dimensionamento dos Pavimentos Rodoviários e Urbanos de Concreto*. Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 1998.
- SILVA, O. G. *Acompanhamento de Recuperação Estrutural de Pavimento Urbano de Concreto e Análise dos Materiais Empregados*. Dissertação de Mestrado. UFPE. Recife, 2009.

Modelagem dinâmica de sistemas de gerência de pavimentos urbanos

Simone Becker Lopes

Universidade de São Paulo

simone@sc.usp.br

José Leomar Fernandes Jr.

Universidade de São Paulo

leomar@sc.usp.br

RESUMO

A modelagem dinâmica dos sistemas estabelece interações, em que a mudança em uma variável afeta outras variáveis, que por sua vez voltam a afetar a variável inicial. Utiliza-se uma ferramenta de modelagem visual (VENSIM) para a melhoria do processo de decisão em gerência de pavimentos urbanos. O método de análise começa com a definição de seções na rede viária, cujas informações são armazenadas em um SIG (Sistema de Informações Geográficas). Posteriormente, os dados são transferidos para o modelo de simulação dinâmica. Depois da simulação, os resultados são analisados, salvos em planilhas eletrônicas

e exportados para o banco de dados do SIG, para atualizar as estratégias de manutenção e reabilitação dos pavimentos. Neste trabalho utiliza-se, também, o programa computacional ANIMAP para apresentação da evolução espaço-temporal dos resultados, além da forma tradicional por intermédio de tabelas e gráficos, que facilitam as análises de estratégias de intervenção nos pavimentos e a compatibilização com a gerência de outras infraestruturas urbanas.

PALAVRAS-CHAVE

Pavimentos urbanos; gerência; dinâmica de sistemas.

INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços tecnológicos e da ampliação das redes viárias com o crescimento das cidades, as decisões com relação à manutenção e reabilitação dos pavimentos urbanos ainda têm sido tomadas apenas com base na experiência de alguns profissionais e, principalmente, por razões políticas. No quadro atual, a gerência é feita de forma aleatória, com o sentido de resolver as necessidades mais extremas de reparo, sem nenhum planejamento prévio.

Além das solicitações do tráfego e do meio ambiente, os pavimentos também são afetados pelo desempenho das redes de infraestrutura urbana, pois o sistema viário

representa um lugar quase sempre adotado para a implantação das redes de concessionárias de serviços públicos. Esses conjuntos de sistemas autônomos lançados sob a via aumentam a complexidade da gerência de pavimentos urbanos.

Em virtude do volume crescente de informações relativas às redes viárias, há a necessidade de um sistema eficiente de processamento dos dados levantados, especialmente dos que se distribuem espacialmente. Os dados devem ser armazenados de forma a permitir o rápido acesso e a agilização da tomada de decisões.

Os Sistemas de Gerência de Pavimento (SGP) representam uma possibilidade concreta de se avançar de um

esquema de manutenção tradicional, baseado quase sempre na correção de problemas, para um sistema de manutenção planejada, no qual a atuação sobre a malha viária abrange não só a solução de seus problemas imediatos mas também um trabalho de prevenção que prolongue sua vida útil e garanta padrões mínimos de serviço em toda a malha que está sendo gerenciada.

De maneira geral, a gerência de pavimentos começa com a coleta e análise dos dados e termina com a seleção das estratégias de manutenção e reabilitação e a previsão orçamentária para o período de análise. Tem por objetivo a obtenção do melhor retorno possível para os recursos investidos, provendo pavimentos seguros, confortáveis e, principalmente, econômicos aos usuários, economia essa obtida mediante redução dos custos de manutenção e reabilitação dos pavimentos e redução dos custos de operação dos veículos (desgaste dos pneus, consumo de combustível, desgaste de peças e equipamentos etc.).

Para Fernandes Jr. (1997), a implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos depende, principalmente, de três fatores: dados confiáveis, modelos realísticos para o processamento dos dados e programas amigáveis para a organização dos dados e apresentação dos resultados. Dentre as características essenciais da gerência de pavimentos, Hudson *et al.* (1979) destacam a capacidade de um SGP ser facilmente atualizado e/ou modificado assim que novas informações ou melhores modelos estejam disponíveis e a capacidade de autoaprendizado, baseada nas informações sobre as consequências das decisões coletadas por intermédio de levantamentos periódicos. Envolve, portanto, o tratamento integrado e coordenado de todas as áreas, sendo um processo dinâmico que incorpora a realimentação de vários atributos, critérios e restrições envolvidos no processo de otimização.

O conceito principal da modelagem dinâmica dos sistemas é o entendimento de como os elementos interagem, pois a mudança em uma variável afeta outras variáveis, que por sua vez voltam a afetar a variável inicial (FORRESTER, 1991). As regras de evolução do sistema podem ser iterações, equações diferenciais ou fluxos estocásticos, tendo por objetivo a construção de uma teo-

ria matemática capaz de prever a evolução do sistema a longo prazo.

Este trabalho procura contribuir para a implementação e formalização de sistemas de gerência de pavimentos no âmbito das prefeituras municipais, mediante o desenvolvimento e aperfeiçoamento de ferramentas que racionalizam e simplificam o processo de tomada de decisão. Utiliza-se uma ferramenta de modelagem visual (VENSIM) para a melhoria do processo de decisão em gerência de pavimentos urbanos. O método de análise começa com a definição de seções na rede viária, cujas informações são armazenadas em um SIG. Posteriormente, os dados são transferidos para o modelo de simulação dinâmica. Após a simulação, os resultados são analisados, salvos em planilhas eletrônicas e exportados para o banco de dados do SIG, para atualizar as estratégias de manutenção e reabilitação dos pavimentos.

Relata-se uma aplicação na cidade de São Carlos-SP – Brasil, em que havia disponível um banco de dados com as seguintes informações: inventário (geometria da seção, volume de tráfego, classe funcional da via, idade, tipo e condição do pavimento), estratégias de manutenção e reabilitação (não fazer nada, manutenção preventiva, manutenção corretiva, reabilitação e reconstrução, com os correspondentes custos unitários) e dados sobre outras infraestruturas urbanas (água, esgoto, telefone, gás, energia elétrica).

GERÊNCIA DA INFRA ESTRUTURA URBANA

Neste trabalho, com o intuito de melhoria do processo de decisão em gerência de pavimentos urbanos, utiliza-se uma ferramenta de modelagem visual de sistemas dinâmicos (VENSIM) em combinação com um SIG, com o qual o processo de análise começa e termina.

Os SIGs são projetados para trabalhar com dados referenciados por coordenadas espaciais ou geográficas e apresentam capacidades específicas para realizar operações com esses dados. São sistemas informatizados usados para coletar, armazenar, editar, analisar e exibir dados referenciados geograficamente.

No âmbito das cidades, é de vital importância a gerência da infraestrutura urbana (pavimento, drenagem,

água, esgoto, energia elétrica, telefone, gás etc.), aqui entendida como um processo de coordenação, avaliação sistemática e manutenção efetiva dos serviços básicos. Um sistema de gerência da infraestrutura tem, portanto, a finalidade de coordenar as atividades de planejamento, projeto, construção, manutenção, reabilitação, avaliação e pesquisa por meio de uma série de procedimentos de análises racionais.

Um SIG é o sistema de referência que pode integrar em uma plataforma comum os pavimentos e as redes de abastecimento de água, esgoto, energia elétrica, telefone etc. e, conseqüentemente, melhorar o processo de tomada de decisão. O conceito de sistema de gerência global e integrado é ilustrado na Figura 1.

A integração de um SIG com os subsistemas de análise de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) fornece as seguintes vantagens:

- Exibição gráfica de mapas contendo a rede viária e a avaliação da condição do pavimento (por exemplo, em termos de um Índice de Condição dos Pavimentos – ICP), de seções selecionadas (Figura 2);
- Geração de arquivos de entrada para os módulos de análise do SGPU, extraindo os dados relevantes da avaliação do pavimento;
- Criação de uma interface entre um programa SIG e um programa já existente de SGPU, em que o SIG é utilizado com plataforma para a construção e operação dos modelos de análise;
- Exibição gráfica dos resultados dos módulos de análise do SGPU e geração de saídas gráficas que podem ser incluídas nos relatórios do SGPU.

MÉTODO

O processo de análise inicia-se com a seleção de campos em um banco de dados de SGPU, que tem informações de inventário da rede viária armazenadas no SIG (TRANSCAD, no caso deste estudo). As informações dos campos selecionados são os dados de entrada para o modelo de simulação dinâmica (VENSIM). Depois da simulação, os resultados, além de poderem ser analisados por meio de gráficos e tabe-

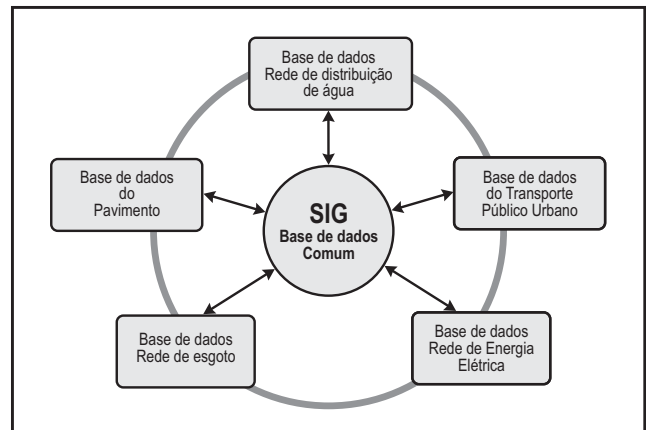


Figura 1 – Conceito de gerência global da infraestrutura urbana (Zhang *et al.*, 1994)

las no próprio modelo de simulação, são exportados para uma base de planejamento do SGPU no SIG, no qual se procede a análise espacial.

É possível determinar as condições dos pavimentos, definir as atividades de manutenção e reabilitação e calcular o custo das intervenções em cada seção da rede, para cada ano do período de análise. Na modelagem dinâmica, a condição do pavimento é influenciada pelo tráfego, idade do pavimento e atividades de manutenção e reabilitação (M&R) realizadas. O tráfego aumenta de acordo com uma taxa de crescimento e em razão de mudanças e/ou melhorias nas rotas de transporte público. A escolha da estratégia de M&R depende da condição

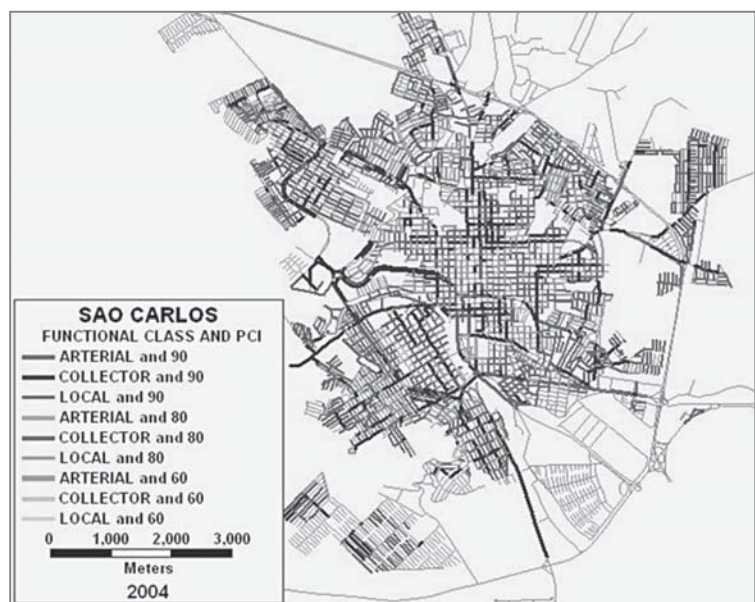


Figura 2 – Seções subdivididas em nove grupos homogêneos, por intermédio de uma combinação de três classes funcionais com três níveis de ICP

do pavimento e de intervenções em outras infraestruturas urbanas, fazendo com que, por também afetar a condição do pavimento, se retorne ao começo do ciclo. O custo total depende da estratégia de M&R implementada e da área do pavimento.

A Figura 3 apresenta, de forma esquemática, o método proposto: utiliza-se o banco de dados georreferenciado do SGPU com duas bases de informações: INVENTÁRIO e PLANEJAMENTO. As informações do INVENTÁRIO são as que alimentam o modelo de simulação dinâmica (VENSIM). Os resultados da simulação, por sua vez, alimentam a base de PLANEJAMENTO do SGPU no SIG.

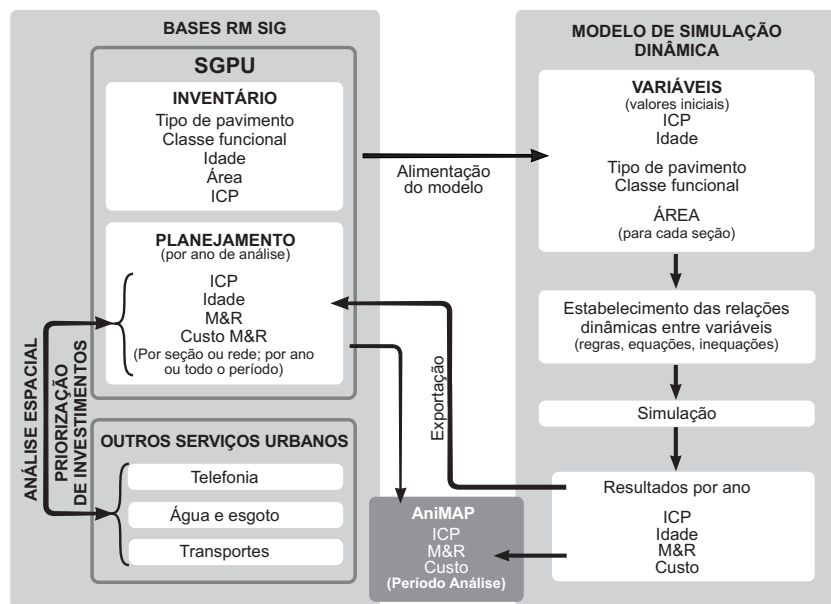


Figura 3 – Fluxograma do método de análise proposto

O banco de dados de SGPU contém as seguintes informações, para cada seção:

- **INVENTÁRIO:** tipo de pavimento, índice de condição do pavimento (ICP), idade, classe funcional da via, volume diário médio (VDM) e área (largura e extensão);
- **PLANEJAMENTO:** ICP, estratégia de manutenção e reabilitação (M&R), data da intervenção, custo unitário das estratégias de M&R, área e custo total.

A análise de priorização é baseada no cruzamento das bases de dados georreferenciados de outras infraestruturas urbanas com a base de informação do planejamento das intervenções do SGPU. Assim, por exemplo, são priorizadas intervenções em vias que atendem a maior número de usuários de transporte público, cujo ban-

co de dados georreferenciados deve conter informações sobre rotas, plano de alteração de rotas, plano de intervenções na circulação (melhoria do pavimento, alteração na classe funcional da via) e fluxo de veículos.

As bases de dados georreferenciados de serviços de água e esgoto, telefonia etc., contendo o planejamento das intervenções, ao serem cruzadas com a base de informação do planejamento do SGPU, permitem, por exemplo, que sejam evitadas atividades de manutenção dos pavimentos antes de uma obra de intervenção na rede de água e esgoto, ainda tão comum em cidades brasileiras. Quando as duas atividades são conciliadas,

com o serviço no pavimento sendo executado posteriormente às manutenções e remodelações das redes de água e esgoto, obtém-se economia de trabalho e de recursos.

Para o modelo de simulação é necessário, primeiramente, definir as relações dinâmicas entre as variáveis. Neste estudo, conforme apresentado na Figura 4, considera-se:

- A condição do pavimento (ICP), ano a ano, é influenciada pela classe funcional da via, pela idade do pavimento e por trabalhos prévios;
- A classe funcional pode ser alterada em função de aumento do VDM, cujo crescimento é fornecido em termos de

taxas anuais para os diferentes veículos, ou por melhorias nas rotas de transporte público;

- A estratégia de manutenção e reabilitação (M&R) a ser implementada depende do ICP e de melhorias realizadas em outras infraestruturas urbanas;
- A idade do pavimento é influenciada pelo tempo e pela estratégia de manutenção implementada, que por sua vez também afeta a condição do pavimento (ICP), retornando-se ao começo do ciclo;
- O custo total depende da estratégia de manutenção e reabilitação (M&R) implementada e da área do pavimento.

Os resultados obtidos podem ser apresentados em tabelas e gráficos ou exportados para a base de PLANEJAMENTO do SGPU no SIG, na qual são analisados espa-

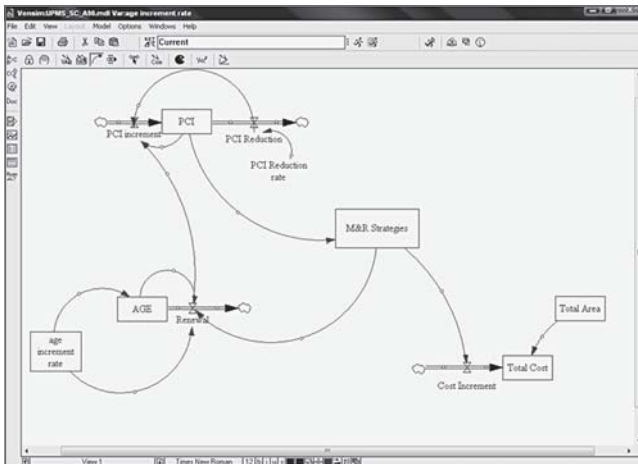


Figura 4 – Simulação dinâmica de um SGPU no VENSIM

cialmente e confrontados com as informações das bases de dados de outras infraestruturas urbanas. Podem, também, ser apresentados com uso do AniMap, que é um programa computacional de acesso livre, desenvolvido na Universidade Tecnológica de Viena, cujas capacidades de animação espaço-temporal permitem que, automaticamente, depois de cada simulação, sejam criados filmes de curta duração que mostram a evolução do objeto de estudo durante um período selecionado.

Ideal para visualização dos resultados de modelagem dinâmica, como as que são feitas neste trabalho, o

AniMap utiliza o Internet Explorer, da Microsoft, em vez de programas específicos de SIG, sendo muito utilizado para pesquisa e ensino por abrir novas oportunidades para ilustração, análise e interpretação de dados (Figura 5).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados apresentados neste trabalho referem-se a um estudo de caso aplicado à cidade de São Carlos-SP – Brasil, em que havia disponível um banco de dados georreferenciado contendo informações de inventário da rede viária:

- VDM – volume diário médio;
- Classe funcional: arterial, coletora e local;
- Idade do pavimento, em anos;
- Tipo de pavimento – flexível (asfalto), rígido (concreto de cimento Portland), paralelepípedo e não pavimentada;
- ICP (Índice de Condição do Pavimento) – variando de 100 (ótimo) a 0 (péssimo).

A rede viária da cidade de São Carlos apresenta 7.499 seções, das quais foram avaliadas, para a gerência de pavimentos, em 2004, 5.800 seções, numa extensão de 567,51km. Os resultados da simulação são enviados para a base de dados PLANEJAMENTO, que contém os

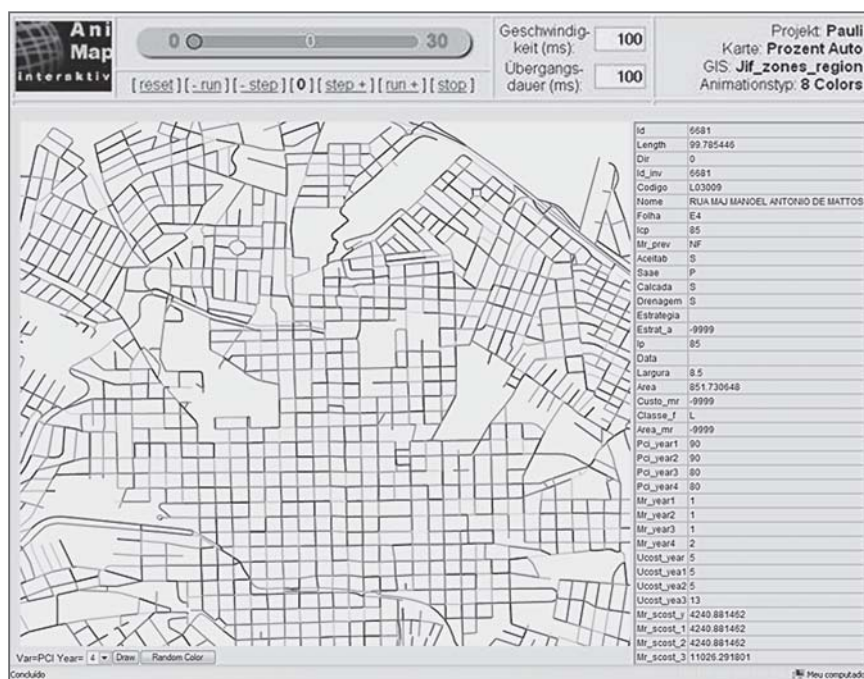


Figura 5 – Tela do programa AniMap no instante em que apresentava a variação do ICP

campos para armazenar as estimativas, ano a ano, dentro do período de análise:

- ICP_{ano_i} – armazena as estimativas do ICP do pavimento para cada seção da rede viária no ano i (Figuras 6 e 8);
- $M\&R_{ano_i}$ – armazena as estratégias de M&R previstas para cada seção da rede viária no ano i (Figuras 6 e 9);
- $CustoM\&R_{ano_i}$ – armazena os custos das estratégias de M&R previstas para cada seção da rede viária no ano i (Figuras 7 e 10).

Figura 6 – Resultados das análises com o VENSIM: ICP e estratégias de manutenção e reabilitação de pavimentos para um período de oito anos

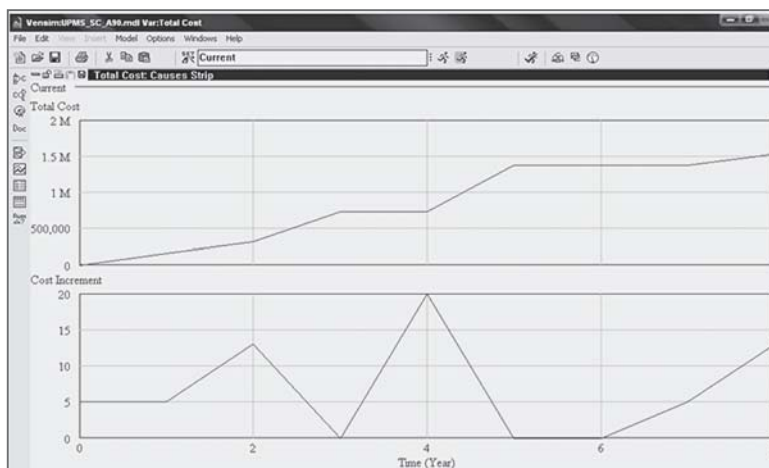
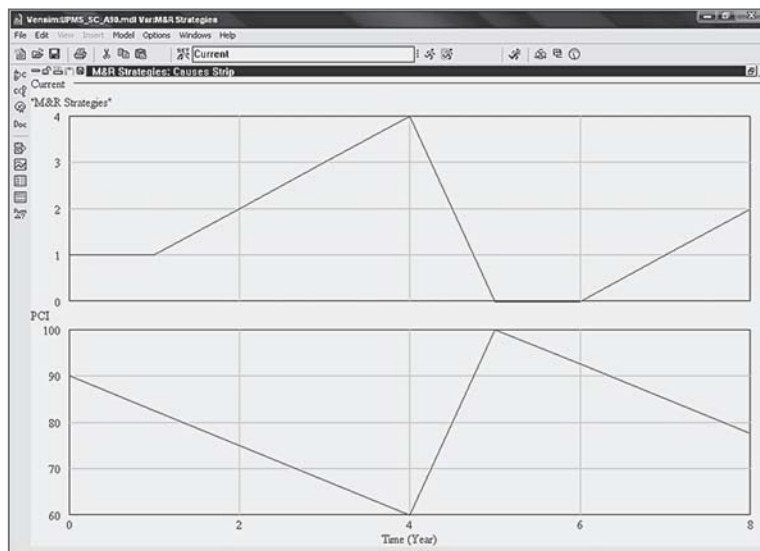


Figura 7 – Resultados das análises com o VENSIM: custo total e incremento de custo

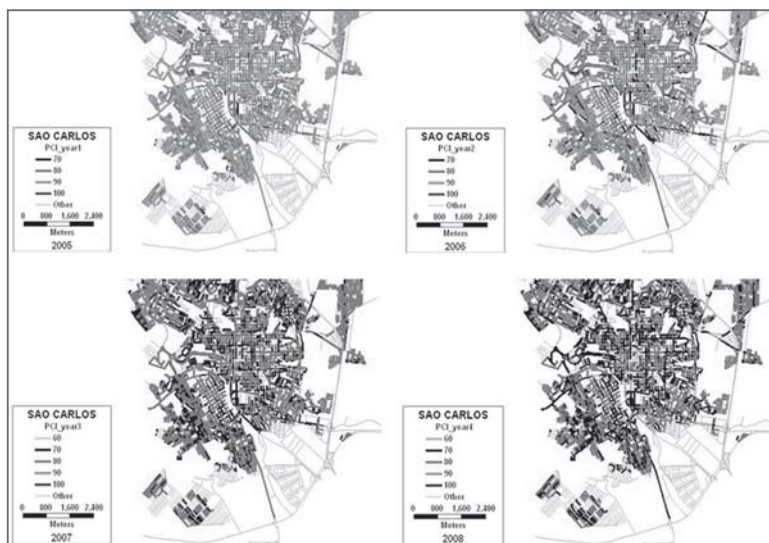


Figura 8 – Análise espacial no SIG: evolução do ICP durante um período de quatro anos

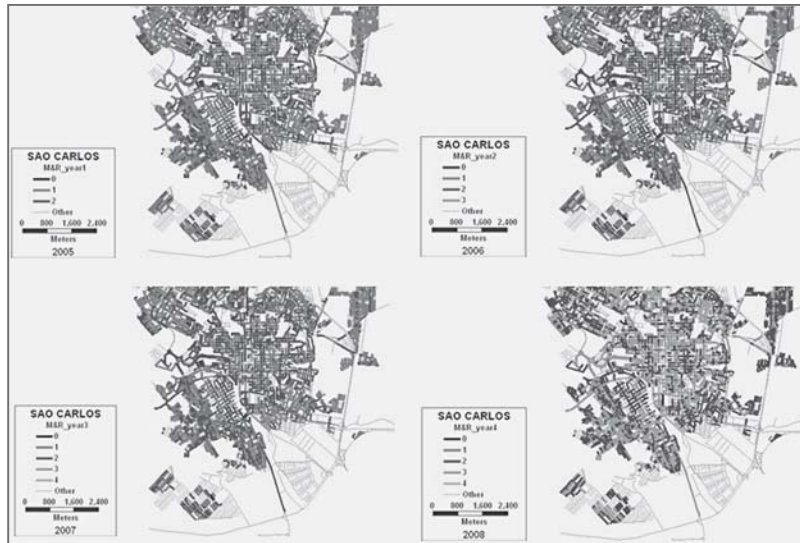


Figura 9 – Análise espacial no SIG: estratégias de manutenção e reabilitação para cada seção durante um período de quatro anos

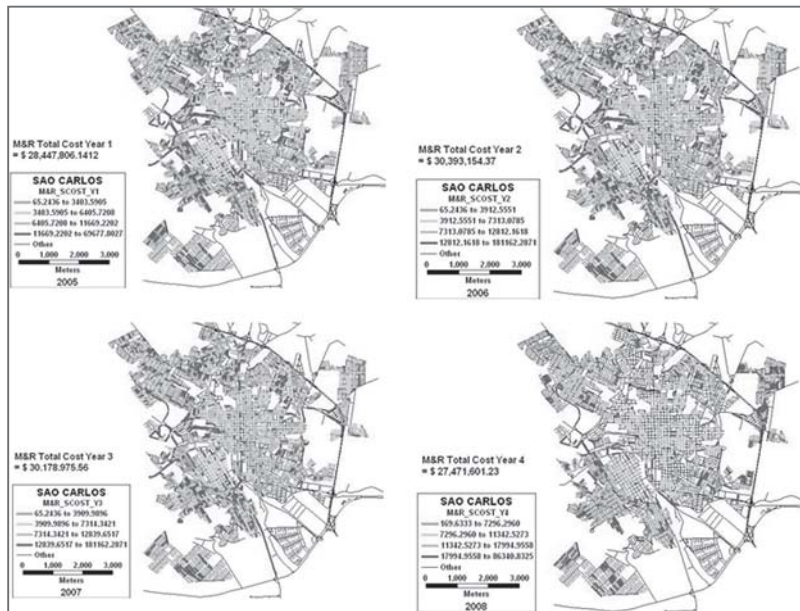


Figura 10 – Análise espacial no SIG: custos de manutenção e reabilitação para cada seção durante um período de quatro anos

CONCLUSÃO

O uso de modelagem dinâmica permite a obtenção de resultados com maior acurácia, porque considera os efeitos da interação entre as variáveis. No caso específico dos pavimentos, permite, por exemplo, que sejam considerados diferentes modelos de desempenho para as distintas seções.

Os resultados são apresentados em tabelas e gráficos, que facilitam as análises de estratégias de manuten-

ção e reabilitação dos pavimentos, mas a principal vantagem é a combinação com um SIG, que permite a análise espacial e, conseqüentemente, a compatibilização com a gerência de outras infraestruturas urbanas. Pode, também, ser usado o programa computacional AniMap, apresentado neste trabalho, ideal para visualização dos resultados de modelagem dinâmica.

As análises mediante modelagem dinâmica podem conduzir a mudanças na forma como a gerência de pavimentos vem sendo aplicada atualmente e, além disso, a

combinação das estratégias de manutenção, e reabilitação dos pavimentos com o planejamento de outras infraestruturas urbanas pode resultar em significativa redução do custo total.

Na continuidade dos estudos, pretende-se aprimorar a apresentação dos resultados por intermédio do AniMAP, pois a visualização simultânea da evolução dos

diferentes cenários ao longo do tempo facilita as análises comparativas e melhora a qualidade da tomada de decisão.

Agradecimento

À CAPES, por bolsas de estudo concedidas a dois dos autores deste trabalho.

Referências bibliográficas

- FERNANDES, JR., J. L. (1997) Considerações sobre a Implementação de Sistemas de Gerência de Pavimentos. *Anais do IX Congresso Ibero-Latinoamericano del Asfalto*. Asunción-Paraguay. Tomo 2, p.1137-1145.
- FORRESTER, J.W. (1991) System Dynamics and the Lessons of 35 Years. *Relatório Técnico D-4224-4*. MIT System Dynamics Group, Cambridge, MA, Estados Unidos.
- HOCEVAR, A.; LUNAK, D.; RIEDL, L. (2004) *Darstellung von Zeitreihen räumlicher Daten mittels WebMapping*. CORP 2004 – TU Vienna, Department of Spatial Development.
- HUDSON, W. R.; HAAS, R.; PEDIGO, R. D. (1979) *Pavement Management System Development*. NCHRP Report 215.
- ZHANG, Z.; DOSSEY, T.; WEISSMANN, J.; HUDSON, W. R. (1994). GIS Integrated Pavement and Infrastructure Management in Urban Areas. *Transportation Research Record 1429*. TRB, p.84-89.

Incidencia de la temperatura de compactación en el ahuellamiento de mezclas asfálticas densas

Mgt. Ing. H. Gerardo BOTASSO

Sr. Oscar R. REBOLLO

Ing. Cecilia J. SOENGAS

Sr. Juan Pablo NIETO

Sr. Christian PIERMARIA

LEMaC, Centro de Investigaciones Viales

La Plata – Buenos Aires – Argentina

lemac@frlp.utn.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo pretende desarrollar criterios de diseño de mezclas asfálticas densas en caliente, a fin de que resistan a las deformaciones plásticas permanentes.

Si bien son muchos los factores que intervienen en el diseño, tales como, granulometría, forma y tamaño de los áridos, polvo mineral, tipo de ligante asfáltico, vacíos, etc., se hace hincapié en una variable fundamental: la temperatura de compactación. La colocación de la mezcla asfáltica a bajas temperaturas, por cualquier motivo, puede generar capas de rodaduras deficientes, susceptibles a mayores deformaciones plásticas y a fenómenos de post compactación. En el presente trabajo se remarcará la importancia de los controles de temperatura, durante la colocación en obra y su relación con la respuesta final de la capa de rodamiento.

Para la valoración del ahuellamiento se ha utilizado un equipo de Wheel Tracking Test que cumple con la Norma de la Comunidad Europea, BS EN 12697-22. Para la confección de las probetas se utiliza un equipo que también cumple con la misma Normativa Europea. Las variaciones

de temperatura de las mezclas representarán situaciones típicas de obras, por tal motivo los ensayos que se realizan son los de controles rutinarios previstos, como todos los parámetros del ensayo Marshall y el ensayo de adherencia de la norma AASHTO 283-89, repitiéndose para todas las temperaturas en estudio, correlacionando estos valores con los del ensayo Wheel Tracking Test.

La acumulación de deformaciones plásticas en una capa de concreto asfáltico puede ser causada por una reducción volumétrica del material que compone la mezcla asfáltica y por las deformaciones debidas a los esfuerzos cortantes que transmiten las cargas del tránsito.

La deformación plástica permanente se caracteriza por una sección transversal del pavimento que no se encuentra en la posición original de diseño; se llama permanente porque representa una acumulación de pequeñas cantidades de deformación irrecuperable que ocurre cada vez que se le aplica la carga.

En este tipo de fallas, es central que el diseño de la mezcla asfáltica resista las acciones dinámicas del tránsito. Resultan relevantes las condiciones ambientales, tales como humedad y temperatura, y cobra especial importancia la

intensidad del tránsito y la frecuencia del mismo. Las cargas pesadas y lentas serán en general, las que mayor incidencia posean al elevarse el tiempo de permanencia de la carga.

Se puede decir que los mecanismos principales de formación de huellas en el área de sollicitación son los siguientes:

- Compactación del tránsito. En esta fase inicial, la compactación debida al tránsito tiene una mayor influencia en las deformaciones.

- Luego, el volumen que disminuye por debajo de las llantas es aproximadamente igual al volumen que se incrementa por los bordes en la parte superior del pavimento. Esto es un indicador de que mayormente la compactación se lleva a cabo bajo las sollicitaciones del tránsito y que las huellas son causadas primordialmente por desplazamiento con volumen constante. Esta fase se considera en gran parte para representar el comportamiento de la deformación en el tiempo de vida del pavimento.

- La deformación a través de las capas de concreto asfáltico es mayor cerca de la superficie donde se aplican las cargas y gradualmente decrece en las capas de niveles inferiores. El flujo plástico se reduce con la profundidad.

- Los principales factores que hacen sensible a una mezcla al ahuellamiento son

- Granulometría de los áridos.
- Forma, tamaño y textura de los áridos.
- Contenido de polvo mineral en la mezcla.
- Tipo y cantidad de ligante asfáltico. Modificación del asfalto.

- Contenido de Vacíos en el agregado mineral y contenido de vacíos en la mezcla asfáltica.

- Carga por eje equivalente de los vehículos y presión de contacto de los neumáticos con el pavimento y frecuencia.

- Las condiciones ambientales.
- Temperatura de compactación.

Se pretenden desarrollar criterios de control y diseño de mezclas asfálticas densas en caliente, a fin de que resistan a las deformaciones plásticas permanentes.

MATERIALES

Ligante asfáltico

Se optó por un cemento asfáltico CA-30 caracterizándose el mismo conforme a la Normativa Argentina IRAM 6835– Asfaltos para uso vial (Clasificación por viscosidad). Los valores se muestran en la Tabla 1.

Agregados

El agregado utilizado es un granito gris cuarzo-feldespático, proveniente de la ciudad de Olavaria provincia de Buenos Aires, el motivo de la elección obedece al gran uso que se le da a este tipo de agregados. En las Tabla 2 se muestran los valores obtenidos y las normas de los ensayos del agregado grueso, los cuales cumplen con los valores de exigencia de los pliegos, en la Tabla 3 se muestran los del agregado fino.

Tabla 1 – Clasificación de asfalto IRAM 6835

Ensayo	Método	AC-30
Viscosidad 60 °C, 1 rpm, S29, (P)	IRAM 6837	1260
Punto de ablandamiento (°C)	IRAM 6841	52
Índice de Penetración	IRAM 6604	-0.6
Viscosidad 135 °C, 10 rpm, S21, (P)	IRAM 6837	4,9
Oliensis	IRAM 6594	negativo
Sobre el residuo de RTFOT IRAM 6839		
Índice de durabilidad	5.3	2
Ductilidad a 25 °C, 5 cm / min. (cm)	IRAM 6579	> 100

Tabla 2 – Agregado Grueso

Parámetro	NORMA	Valor
Peso específico (g/cm ³)	IRAM 1533	2.68
Absorción (%)	IRAM 1533	0,5
Desgaste Los Ángeles (%)	IRAM 1532	21
Índice de lajas	IRAM 1687-1	24,2
Índice de agujas	IRAM 1687-2	23,6
Partículas con dos ó más caras de fractura	IRAM 1851	100

Tabla 3 – Agregado Fino

Parámetro	NORMA	Valor
Peso específico (g/cm ³)	IRAM 1520	2.64
Equivalente de arena (%)	IRAM 1682	71

Filler

El material fino de aporte utilizado, Filler, es cal hidráulica, en la Tabla 4 se muestra la granulometría y en la Tabla 5 la Concentración Crítica.

Tabla 4 – Granulometría Filler IRAM 1641

Abertura de Malla (mm)	Tamiz N°	% PASA
590	30	99,9
297	50	96,3
74	200	84,8

Tabla 5 – Concentración Crítica IRAM 1542

Cv	Cc	Cv/Cc
0,317	0,335	0,95
< 1,00 (VERIFICA)		

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Mezcla asfáltica

La mezcla asfáltica adoptada es del tipo densa, denominada CAC D20, el huso granulométrico de referencia se

Tabla 6 – Límites de la Mezcla

Abertura de Malla (mm)	Tamiz N°	% Pasa	
		Mínimo	Máximo
25400	1´	100	100
19100	3/4´	83	97
9520	3/8´	60	75
4760	4	45	60
2380	8	33	47
590	30	17	29
297	50	12	21
74	200	5	8

observa en la Tabla 6, mientras que en la Tabla 7 se detalla el huso granulométrico resultante de la combinación de las fracciones y en el Grafico 1 las curvas mencionadas.

El porcentaje de ligante óptimo, determinado mediante la metodología Marshall, según las Normas de Vialidad Nacional, VN-E9; VN-E12; VN-E27; VN-E32, fue de 4.9 % respecto del total de la muestra, utilizando para la dosificación una energía de compactación de 75 golpes por cara. Las propiedades principales se resumen a continuación en la Tabla 8, que salen del promedio de tres determinaciones y en la Tabla 9 se muestran los va-

Gráfico 1 – Curvas Granulométricas de las Mezclas

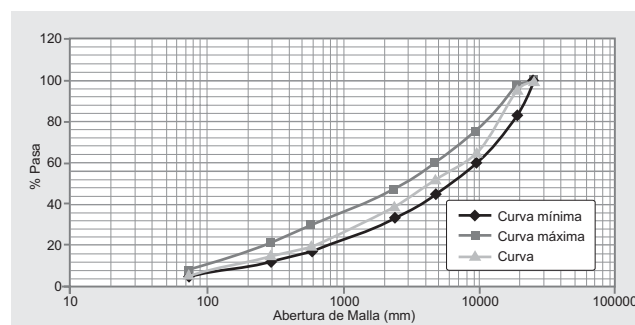


Tabla 7 – CAC D20 LEMaC

Abertura de Malla (mm)	Tamiz N°	% Pasa
25400	1´	100
19100	3/4´	95,1
9520	3/8´	64,9
4760	4	52,2
2380	8	38,6
590	30	19,6
297	50	14,9
74	200	6,1

Tabla 8 – Parámetros Marshall de Verificación de Fórmula

Densidad Rice (g/cm³)	Densidad Marshall (g/cm³)	Vacíos (%)	Estabilidad (Kg.)	Fluencia (mm)	Relación Est./Fluencia (kg./cm.)	VAM (%)	RB/V (%)
2,508	2,420	3,5	1211	4,5	2691	15,4	77,2

Tabla 9 – Índice de Resistencia Conservada AASHTO T 283

Temperatura de Ensayo	Tacción Indirecta S/Acond (R1)	Tacción Indirecta Acond. (R2)	IRC = R2 / R1 x 100
°C	gr./cm²	gr./cm²	%
145	15,8	15,4	97,5

lores del ensayo de adherencia mediante la expresión del Índice de Resistencia Conservada, que se obtiene del promedio del resultado de tres ensayos para cada estado de acondicionamiento.

RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LOS ENSAYOS

A la mezcla se le realizaron las determinaciones Marshall, Adherencia y Wheel Tracking Test, para cada temperatura de compactación adoptada, en la Tabla 10 se

muestran los valores del promedio de tres determinaciones. La Tabla 11 muestra los valores del ensayo de Tracción Indirecta, los valores obtenidos son promedio de tres determinaciones, en la Foto 1 se muestra el ensayo y en la Foto 2 la probeta rota después del ensayo. En la Tabla 12 se muestran los valores del ensayo Wheel Tracking Test, se ve en la Foto 3 el inicio del ensayo y en la Foto 4 la huella obtenida en la probeta después del mismo.

En el Gráfico 2 se muestran las curvas de deformación obtenidas para cada temperatura de ensayo en función de las pasadas.

Tabla 10: Parámetros del ensayo Marshall

Temperatura de Ensayo (°C)	Densidad Rice (g/cm ³)	Densidad Marshall (g/cm ³)	Vacíos (%)	Estabilidad (Kg)	Fluencia (mm)	Relación Est./Fluencia (kg/cm)	VAM (%)	RB/V (%)
145	2,508	2,420	3,5	1211	4,5	2691	15,4	77,2
135		2,418	3,6	1290	4,2	3071	15,4	76,8
130		2,419	3,5	1200	4,4	2727	15,4	77,0
125		2,412	3,8	1077	4,2	2564	15,6	74,0
120		2,414	3,7	1081	4,4	2457	15,6	74,4
115		2,410	3,9	1075	5,5	1955	15,7	73,6
110		2,410	3,9	1060	5,3	2000	15,7	73,6
100		2,409	3,9	1044	5,3	1970	15,8	73,4
95		2,396	4,5	1000	5,8	1724	16,2	71,0
90		2,387	4,8	875	6,1	1434	16,5	69,4

Tabla 11 – Índice de Resistencia Conservada AASHTO T 283

Temperatura de Ensayo	Tracción Indirecta S/Acond (R1)	Tacción Indirecta Acond. (R2)	IRC = R2 / R1 x 100
°C	gr./cm ²	gr./cm ²	%
145	15,8	15,4	97,5
135	15,9	14,1	88,7
130	15,3	12,6	82,4
125	14,0	11,3	80,7
120	14,1	10	70,9
115	13,6	9,2	67,6
110	13,0	8,6	66,2
100	13,1	8,1	61,8
95	10,8	7,2	66,7
90	10,6	6	56,6



Foto 1 – Ensayo Tracción Indirecta

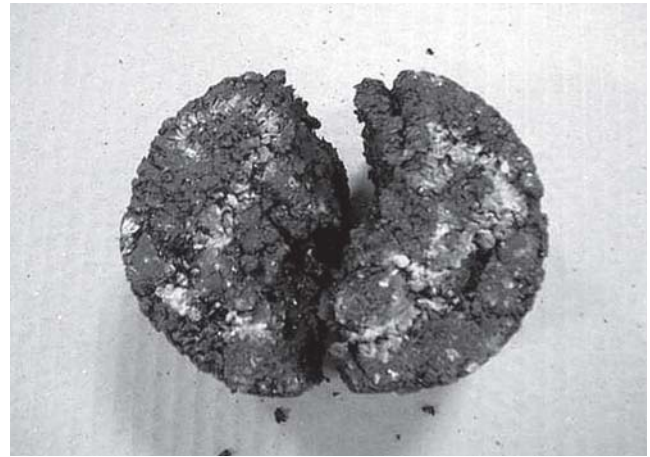


Foto 2 – Probeta ensayada

Tabla 12 – Medición del Ahuellamiento

Método BS EN 12697-22, Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 22: Wheel tracking test.					
Probeta N°	Temperatura de Ensayo (°C)	Índice de compactación (%)	Rut depth (profundidad de huella) = RD_{AIR}	Proportional rut depth (profundidad de huella proporcional) = PRD_{AIR} (mm/mm)	Wheel-tracking slope = WTS_{AIR} = (mm/10 ³ ciclos de carga)
1	145	98,9	4,4	0,088	0,209
2		98,0	4,4	0,088	0,321
3	135	97,9	5,2	0,104	0,213
4		97,6	5,5	0,110	0,325
5	130	98,0	6,0	0,120	0,423
6		98,2	6,3	0,126	0,412
7	125	97,4	6,9	0,138	0,456
8		97,0	7,6	0,152	0,426
9	120	97,1	7,7	0,154	0,498
10		97,2	7,2	0,144	0,564
11	115	98,1	7,8	0,156	0,520
12		97,0	7,5	0,150	0,613
13	110	96,0	8,9	0,178	0,721
14		96,0	8,2	0,164	0,568
15	100	92,0	9,3	0,186	0,300
16		93,0	10,7	0,214	0,465
17	95	93,0	11,6	0,232	0,620
18		92,8	12,0	0,240	0,552
19	90	91,5	13,5	0,270	0,510
20		90,5	13,9	0,278	0,443

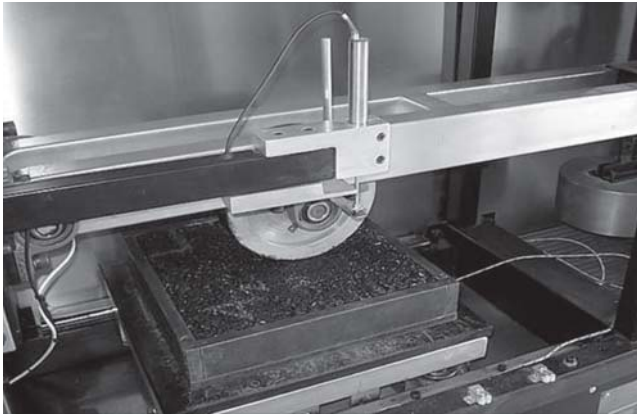


Foto 3 – Equipo en posición de inicio del ensayo

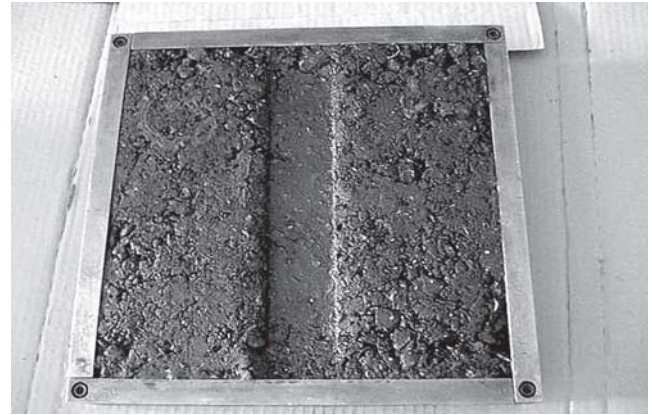
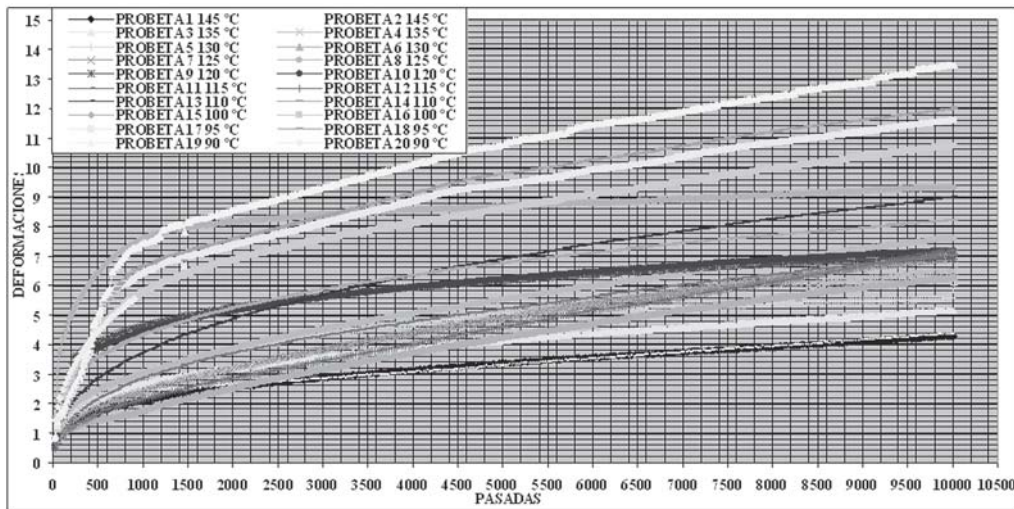


Foto 4 – Probeta ensayada

Gráfico 2 – Curvas de Deformación vs. Pasadas



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Análisis del ensayo Marshall

Los resultados obtenidos con el ensayo Marshall cuando la temperatura de compactación disminuye en la mezclas confeccionadas con asfalto convencional, muestra que hay una leve variación de los parámetros mecánicos. Se ve que van disminuyendo muy levemente la densidad Marshall y la estabilidad, aumentando la fluencia a medida que disminuye la temperatura, como así también se ve que el porcentaje de vacío va aumentando. La diferencia la densidad no supera el 2%, si relacionamos los parámetros obtenidos en la compactación de la mezcla a la temperatura de diseño, con los parámetros obtenidos en la compactación de la mezcla a la más baja temperatura adoptada, como se muestran en la Tabla 11.

Análisis del ensayo de tracción indirecta

Los resultados obtenidos con este ensayo muestran que cuando disminuye la temperatura de compactación de las mezclas, los valores del Índice de Resistencia Conservada van bajando notoriamente. Estos llegan a ser menores que los valores de exigencia establecido para este ensayo del 80%, poniendo de manifiesto que con pérdidas del 20% o mayores de la temperatura de compactación, se pierde adherencia, los valores se pueden observar en la Tabla 12.

Análisis del ensayo de wheel tracking test

En este ensayo se ve claramente que cuando la temperatura de compactación de las mezclas asfálticas disminuye, las deformaciones plásticas aumentan rápidamente, llegando estas a superar el 300% del valor de la deformación de la mezcla compactada con la temperatura de diseño. Los va-

lores que se obtuvieron se muestran en la Tabla 13. En el Grafico 1 se muestran las curvas de Deformación en función de los Ciclos, siendo cada Ciclo 26.5 pasadas/minutos.

La pendiente de ahuellamiento, WTS, aumenta en forma notoria con la disminución de la temperatura.

CONCLUSIONES

1. Cuando las mezclas asfálticas en caliente se compactan a temperaturas menores que las recomendadas, el ensayo Marshall no refleja claramente lo que ocurre en la misma, hasta cierta temperatura pudiendo confundirse estos valores como un error del operario, ya que los valores obtenidos en forma volumétrica y mecánica están dentro de los parámetros permitido por la Norma.

2. En lo que respecta al ensayo de Adherencia realizado bajo Norma AASHTO T 283, se ve como disminuye el porcentaje del Índice de Resistencia Conservada, cuando se compacta a menor temperatura que la recomendada. En este caso se mantiene una ley de variación correspondiendo a cada disminución de temperatura una disminución del valor del Índice de Resistencia Conservada, llegando a perderse la adherencia entre agregado y asfalto para una disminución del 20% o más de la temperatura de compactación.

3. El ensayo de Wheel Tracking pone de manifiesto claramente lo que sucede con las mezclas compactadas a temperaturas menores que las recomendadas, registrándose mayores pendientes de ahuellamiento, profundidad de huella y profundidad de huella proporcional.

Bibliografía consultada

- AASHTO T 283 – Resistencia de Mezclas Bituminosas Compactadas Para Daños por Humedad Inducidos. EEUU. Año 1989.
- ANGELONE S., MARTINEZ F. Deformación de Mezclas Asfálticas Permanentes. IMAE Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Argentina. Año 2006.
- ANGELONE S., MARTINEZ F., CAUHAPE M., ANDREONI R. Influencia de los Factores de Carga y de Servicio en el Ensayo de Rueda Cargada. IMAE Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Argentina. Año 2006.
- BS EN 12697-22, Bituminous Mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 22: Wheel tracking test-The European Standard -Age 2003.
- BOTASSO H., REBOLLO O. R., BALIGE M., BISSIO., GONZALEZ R. Nueva Metodología Para la Valoración de la Adherencia Árido Ligante. LEMaC, Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP. Argentina. Año 2005.
- BOTASSO H. Inclusión de Caucho Reciclado en Mezclas Asfálticas. ISBN 978-950-42-0114-4. LEMaC, Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP. Argentina. Año 2007.
- BROWN S. F. and C. A. BELL. The Prediction of Permanent Deformation in Asphalt Pavements. Proceedings, The Association of Asphalt Paving Technologists. Vol. 48. Republic of South Africa. Age 1979.
- COMISIÓN PERMANENTE DEL ASFALTO- Especificaciones Técnicas de Mezclas Asfálticas en Caliente. Argentina. Año 2005.
- IRAM- instituto argentino de NORMALización Y CERTIFICACIÓN-Argentina. Año 2009.
- MARTINEZ A., PEREZ GIMENEZ F., BIANCHETTO H. DAGUERRE L., NOSETTI A. Caracterización Mecánica de Testigos de Concreto Asfáltico Mediante el Ensayo de Tracción Indirecta. Experiencia en España y Argentina. Año 2005.
- MOREA Francisco. Deformaciones Permanentes en Mezclas Asfálticas. Problemática y Medición en Laboratorio. LEMIT – CIC. Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica. Argentina. 2008.
- PADILLA RODRIGUEZ A. Comportamiento de las Deformaciones Permanente de Las Mezclas Asfálticas en Caliente. UPC. Año 2002.
- PÉREZ B. Influencia del Asfalto en la Resistencia a las Deformaciones Plásticas de las Mezclas Asfálticas. Revista Carreteras Nº 130. Argentina. Nov/Dic 2003.
- DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD DE LA REPUBLICA ARGENTINA- Normas para Ensayo – Argentina. Año 2009.

Bacias de acumulação e dispersão – controle de erosão na MT-235

Estudo de caso: Rodovia MT-235, trecho Campo Novo do Parecis-Sapezal

Eng^o Luiz Miguel de Miranda

lumiguel@terra.com.br

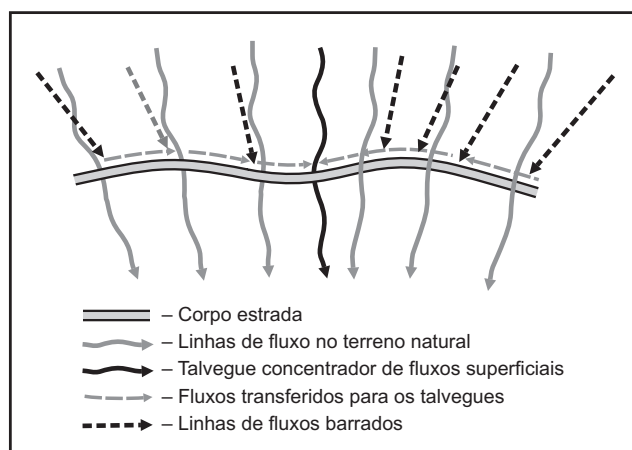
Introdução

A Rodovia MT-235 é uma rodovia integrante do Plano Rodoviário de Mato Grosso, que se desenvolve na direção geral leste-oeste, cortando a Chapada do Parecis, no médio-norte de Mato Grosso. O trecho focalizado tem extensão de 102,6 km e deverá desempenhar papel relevante no Corredor Noroeste, pois funcionará (quando a pavimentação for concluída) como importante ligação na área produtora polarizada pelos portos do Sul e Sudeste (Paranaguá e Santos) e da Amazônia Ocidental (Porto Velho e Itacoatiara). Há indicações de que esse trecho entrará para o Plano Nacional de Viação (PNV) integrando o traçado da Rodovia BR-364.

Escoamento superficial nos chapadões

O controle do escoamento superficial deve ser estabelecido para disciplinar o escoamento que tende a se concentrar em linhas naturais de erosão quando se criam fluxos concentrados. Nas áreas de chapadões e tabuleiros, esse controle deve ser mais rígido pelo fato de que o escoamento em estado natural se faz de forma difusa que leva o projetista a cometer erros ao não considerar os danos que essas concentrações geram.

Nas regiões de chapadas, o terreno se assemelha a planos inclinados, com reconhecidas dificuldades para sua quantificação e localização das linhas de fluxos,



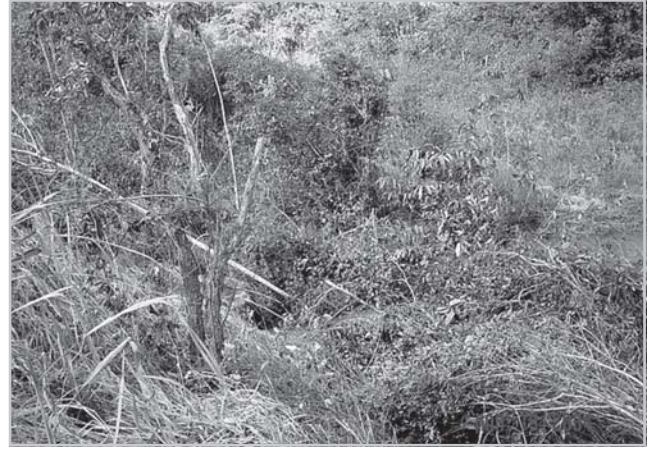
e o escoamento se faz de forma difusa, semelhante à de deltas invertidos.

A concentração desses fluxos cria vetores de erosão a jusante dos bueiros que trazem sérias consequências que são mais graves em terrenos constituídos por solos pouco resistentes à erosão, como é o caso dos latossolos em geral e, em particular, dos solos areníticos da Chapada do Parecis.

As longas extensões planas escondem surpresas desagradáveis na presença de precipitações intensas, pois é grande o volume de água que escoando superficialmente no terreno natural se vê represada, como é o caso das rodovias na Chapada do Parecis em Mato Grosso. Os fluxos concentrados adquirem expressiva energia e tendem



Esta foto retrata a destruição da plataforma da Rodovia BR-163 nas proximidades de Lucas do Rio Verde na chuva do dia 18/03/2004, na qual fica destacada a marcha do fenômeno do que se chama “erosão regressiva”, na verdade um pleonismo, em que a destruição se dá de jusante para montante. Ela serve para demonstrar a evolução da erosão regressiva que se instala nos bueiros em presença de precipitações intensas. A destruição foi causada pelo rompimento de dois açudes em cascata na chuva de 28 de fevereiro de 2004 em Lucas do Rio Verde/MT.



Nesta foto é mostrado o estado de montante do bueiro, na qual se destaca a integridade da bacia imediatamente antes da entrada no bueiro, confirmando que a destruição movida pela erosão se faz de jusante para montante.



Vista do início de erosão na saída de jusante de uma bueiro na Rodovia MT-222, em Sinop, desprovida de dispositivo adequado para dispersão do fluxo, corrigida com a construção de caixas de acumulação e dispersão.



Vista de uma bacia de acumulação em construção na Rodovia MT-235, subtrecho Rio Papagaio-Sapezal, no processo de recuperação dos impactos na faixa de domínio. As características dominantes: região plana, sem talwegues pronunciados e terreno preponderantemente arenoso, típico da Chapada do Parecis.

a criar linhas de erosão irreversíveis. O regime pluviométrico na Chapada do Parecis se caracteriza pela separação das estações das chuvas e da estiagem. Por cerca de seis meses a região experimenta um regime irregular de precipitações, que acumula algo em torno de 2.000 a 2.250 mm. Na outra metade do ano a região é submetida a uma severa estiagem com a agravante de que nos tabuleiros planos das porções mais elevadas da região não há qualquer possibilidade de aguadas. Esses problemas têm

as dimensões aumentadas também com as queimadas que ocorrem periodicamente na estação seca.

Esses aspectos apontam então para soluções específicas para o controle do escoamento superficial, com vista a: (a) proteger o terreno marginal à rodovia contra os efeitos da erosão; (b) reduzir o volume de escavação, pois a adoção de bueiros semienterrados permite projetar aterros mais baixos sobre os bueiros; (c) captar as águas do escoamento superficial e direcioná-las para caixas de acumulação que regulam o escoamento superficial; (d) acelerar a absorção dos fluxos captados para o lençol freático.



Vista da caixa de dispersão construída na rodovia MT-235, subtrecho Rio Papagaio-Sapezal, com detalhes das marcas da absorção do lençol freático que não permitiu o fluxo escoar pelos terrenos de jusante. Com esse procedimento a altura da plataforma da rodovia não precisa ser elevada para instalação do bueiro.



Outra vista da caixa de dispersão construída na Rodovia MT-235, com detalhes do terreno de jusante livre de erosões.

Quanto ao possível acúmulo de água que possa comprometer a salubridade local, há informações na literatura sobre o tema de que isso não acontecerá na rodovia focalizada. Podem ser citados os seguintes aspectos:

a) o trecho focalizado está situado entre as cotas 600 e 470 aproximadamente, e essa altitude não é um ambiente favorável ao desenvolvimento de fungos e outros micro-organismos que comprometam a salubridade da área. Ao longo da Chapada do Parecis existem escavações de todo tipo ao longo de mais de 1 mil km de rodovias, pavimentadas ou não, em áreas rurais ou próximo de cidades que comprovam essa tese;

b) o planalto do Parecis, como é reportado no RADAMBRASIL, é constituído por uma camada de arenito cuja espessura pode alcançar até 300m, sendo reconhecido



Vista de uma caixa de acumulação construída na Rodovia MT-235, subtrecho Rio Papagaio-Sapezal com a marca do nível alcançado e o poder de infiltração no lençol freático. Com detalhe do desnível do terreno no lado de jusante, sem cicatrizes de erosões.

também pela elevada capacidade de absorção, o que explica a pequena variação do NA dos rios, entre os picos das cheias e das estiagens, que assegura que não serão criadas áreas de alagamento nas escavações projetadas;

c) ao longo dos 75km da Rodovia Nova Fronteira que corta a Reserva Indígena no sentido sudeste/noroeste pode-se observar os danos causados por falta de conservação e até mesmo por escavações desprovidas de medidas protetoras, e nem assim existe um único reservatório de águas proveniente de chuvas, nem registro de qualquer tipo de moléstia que possa ser associado a essas cavas.

A conjunção desses aspectos assegura que é difícil criar reservatórios com águas de chuva coletadas superficialmente, principalmente se forem introduzidos métodos de escavação de solos para terraplenagem e para a pavimentação com as medidas descritas. Assim, os impactos são provisórios e contribui para a recuperação ambiental.

Várias soluções têm sido tentadas para controlar o escoamento superficial em terrenos arenosos, e uma das mais eficientes diz respeito à localização de caixas de acumulação e de dispersão, uma a montante e outra a jusante, respectivamente, de acordo com o esquema gráfico mostrado adiante.

Caixas de acumulação e dispersão

Como a região é plana, a rodovia projetada entre o Rio Papagaio e Campo Novo do Parecis só precisa ter o eixo elevado para transposição de oito talvegues periódicos.



Vista de uma outra caixa de acumulação com profundidade de 2m de profundidade construída na Rodovia MT-235, com as marcas da absorção pelo lençol freático da água coletada, e o detalhe do desnível no lado de jusante.

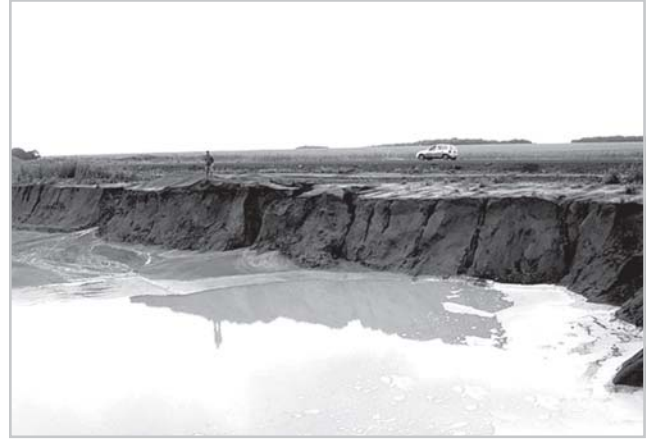
cos, nos quais só existe fluxo durante as chuvas. Esses talvegues são de difícil identificação devido à difusão dos fluxos superficiais e têm baixas declividades, que favorecem a escavação de caixas de acumulação.

Para evitar a elevação excessiva do greide para cobrir esses bueiros, é recomendável um procedimento que prevê o rebaixamento das soleiras dos bueiros a serem projetados em cerca de 20cm abaixo do NT (nível de terra das bocas dos bueiros). Esse rebaixamento é conjugado com a escavação de caixas de empréstimo a montante e a jusante da plataforma, que terão a função de caixas de acumulação (a montante) e caixas de dispersão (a jusante), respectivamente. As dimensões dessas caixas são aquelas necessárias para inibir o escoamento superficial e para evitar a criação de vetores erosivos nos fluxos nas saídas dos bueiros. A figura 1 adiante ilustra a proposta, e deve ficar claro que são escavações de pequenas profundidades.

A seção transversal mostrada na figura 2 adiante ilustra a proposição.

A profundidade máxima dessas caixas foi fixada em 2m tendo em vista a qualidade dos materiais que cobrem a região da Chapada do Parecis. O horizonte A desse relevo é constituído por latossolos, que geotecnicaamente são caracterizados como areia argilosa, ou argila arenosa.

Diferentemente dos solos areno-argilosos, os solos argilo-arenosos não são indicados para execução das camadas finais da terraplenagem (subleito), e são esses que,



Vista da acumulação de águas superficiais na caixa de empréstimo lateral construída no lado de montante na Rodovia MT-235, subtrecho Rio Papagaio-Sapezal, antes de ser recuperada. Os taludes da caixa foram recuperados com espalhamento do material da limpeza estocado.



Outra vista da acumulação de águas superficiais numa caixa de empréstimo em material arenito na Rodovia MT-235, subtrecho Rio Papagaio-Sapezal.

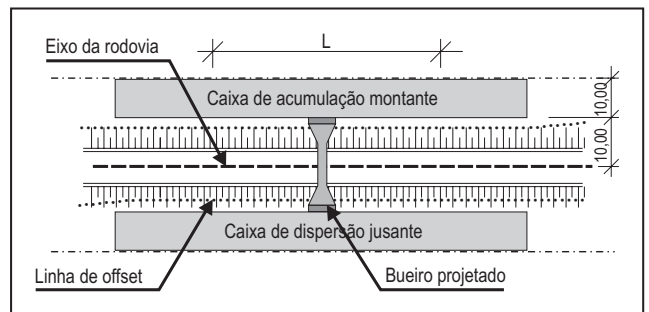


Figura 1 – Caixas de acumulação e dispersão – Vista em planta

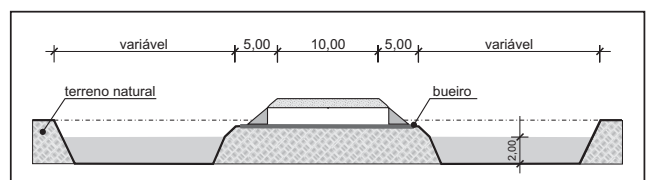


Figura 2 – Caixas de acumulação e dispersão – Seção transversal



Vista de uma caixa de empréstimo lateral no lado de montante na MT-235, subtrecho Campo Novo do Parecis-Rio Papagaio, com detalhes do nível de acumulação e o empoçamento cerca de 6 horas após a precipitação.



Vista da caixa de acumulação construída no local onde foi tirada a foto 11, na MT-235, subtrecho Campo Novo do Parecis-Rio Papagaio

de uma forma geral, constituem o manto de cobertura do planalto do Parecis. Assim, para empregar os solos arenargilosos na construção da Rodovia MT-235 trecho Sapezal-Campo Novo do Parecis, é necessário explorá-los a certa profundidade. Os resultados dos ensaios procedidos em mais de 300 amostras coletadas entre 1 e 2m de profundidade indicam que esses solos estão em uma profundidade situada em média a 1m abaixo do terreno. Esses resultados levaram à solução de exploração dessas caixas com a profundidade máxima de até 2m.

Essa solução implica, além de remover e estocar a capa vegetal com espessura estimada entre 0,20 e 0,50m, remover também cerca de 0,50 a 1,00m desse material, para posterior recomposição do terreno. Essas circunstâncias explicam a profundidade máxima de 2m para

essa exploração, que pode ser menor à medida que os solos arenosos apresentarem sua cota de jazência a menores profundidades.

As principais vantagens na adoção dessa sistemática de projeto são as seguintes:

- trata-se de solução que só pode ser executada nos platôs planos, com declividades quase nulas, e fluxos difusos, sem linhas preferenciais para o escoamento superficial e onde os talvegues são periódicos;

- o regime de chuvas na região onde se localiza a Reserva Indígena Utiairiti, na Chapada do Parecis, apresenta características marcantes, com chuvas concentradas entre os meses de NOV-MAR, ficando o restante do ano em ambiente seco;

- a introdução das caixas de acumulação e dispersão nos bueiros projetados na rodovia MT-235, de conformidade com o esquema mostrado nas figuras 1 e 2, cria a possibilidade de captar as águas superficiais que serão naturalmente barradas pelo corpo estradal ou aquelas que se precipitarão diretamente sobre a plataforma impermeabilizada e, com isso, pode-se evitar o fluxo livre de águas superficiais acumuladas;

- a caixa de empréstimo de montante funciona como caixa de acumulação, que regula a vazão acumulada na bacia, fazendo com que nem sempre a cada precipitação se tenha fluxo superficial escoando efetivamente através do bueiro, sendo esta a função principal da solução proposta;

- o rebaixamento do bueiro resulta em menor volume de escavação do que o convencional, o que recomenda a implantação de caixa de acumulação que tem como resultados menores impactos associados às intervenções de terraplenagem;

- a caixa de dispersão de jusante regula e distribui os fluxos quando for alcançado o nível máximo de acumulação/dispersão, reduzindo os impactos do escoamento concentrado, que não existiria com a construção do corpo estradal que barra o escoamento no terreno natural;

- o tempo de permanência das águas captadas nessas caixas é mínimo, devido às características de absorção dos materiais locais (solos areníticos);

- previamente à escavação dessas caixas, a camada vegetal que abriga o banco de sementes e a biota corres-

pondente deve ser removida e estocada, para emprego futuro na recuperação da área escavada;

- o controle da escavação e recomposição dos solos não utilizados deve ser feito de tal forma que o fundo dessas caixas seja nivelado expeditamente, evitando desníveis acentuados que possam comprometer as funções de acumulação e dispersão;

- após a escavação e uso do material selecionado, a cobertura previamente retirada e estocada bem como o material removido para alcançar a camada de material adequado às funções do projeto devem ser espalhados de forma a mitigar os impactos provisórios das escavações.

Caixas de empréstimos laterais

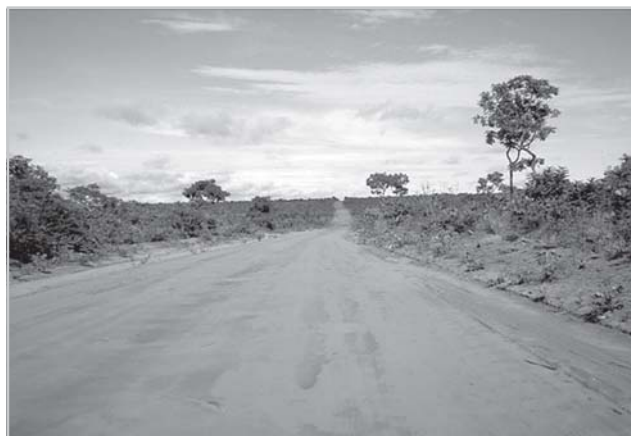
No que diz respeito à configuração e localização das caixas de empréstimos laterais, esta deve ser feita de tal forma que possibilite o emprego de equipamentos que causam menores impactos, e na figura 3 pode-se verificar uma solução para disposição dessas caixas.

A disposição em ambos os lados da rodovia objetiva reduzir a profundidade das escavações. Nada obstante, não deve ser descartada a solução de localização dessas escavações apenas no lado de montante, pois os efeitos da concentração de fluxos superficiais difusos podem levar ao alargamento da plataforma que barra o escoamento superficial. Essas caixas reduzem essa possibilidade. Concluída a escavação do material empregado na execução da terraplenagem, as cavas devem ser conformadas de tal forma que as arestas sejam suavizadas, para facilitar a coleta das águas superficiais, que assim ficam impedidas de escoar superficialmente. O material orgânico adrede removido para exploração das caixas de empréstimos é então espalhado sobre a superfície das caixas reconformadas, contribuindo para a rápida recuperação da área impactada. A figura 4 mostra a seção transversal com o emprego dessa sistemática.

Os procedimentos estabelecidos para a exploração das caixas de acumulação e dispersão aplicam-se também para a exploração das caixas de empréstimos.

Considerações finais

A adoção dessa sistemática pela Secretaria de Infraestrutura de Mato Grosso (SINFRA) resultou da necessidade



Local onde foi projetado um BDTC Ø 1,00m com caixa de acumulação (LE) e caixas de acumulação a montante e dispersão a jusante.



Vista do fundo de uma caixa de acumulação onde foi construído um BDTC Ø 1,00m, com detalhe da altura do aterro para acomodar o bueiro e a caixa escavada na MT-235, subtrecho Campo Novo do Parecis-Rio Papagaio, de acordo com a solução submetida ao IBAMA.

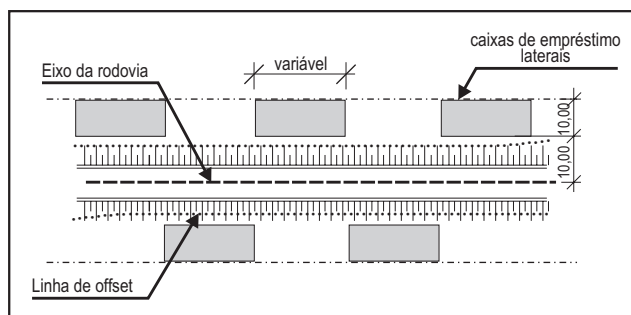


Figura 3 – Localização dos empréstimos laterais – Vista em planta

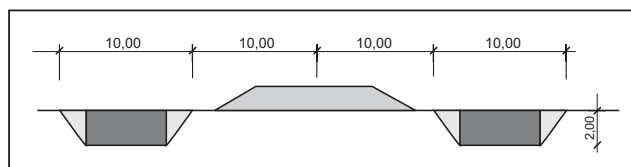
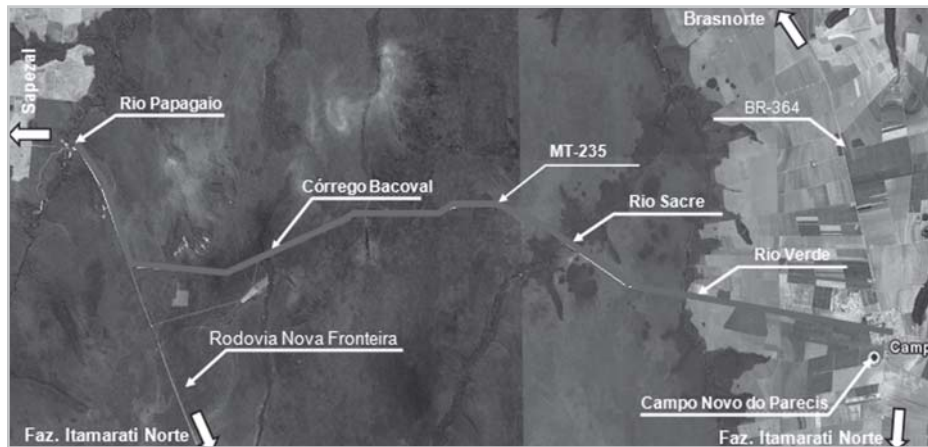


Figura 4 – Empréstimos laterais – Seção transversal



Mapa de localização

de atender às exigências do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), gestor ambiental das terras da União, no caso em tela, as terras da Reserva Indígena Utiriti, localizada na Chapada do Parecis, em Mato Grosso, habitada por várias comunidades indígenas.

A geometria adotada resultou da análise de diversas outras caixas de acumulação construídas no subtrecho Rio Papagaio-Sapezal, pavimentado e inaugurado em 2003, que mostraram-se adequadas para evitar a erosão a jusante

dos bueiros, em consequência da acumulação dos fluxos superficiais difusos nos talvegues principais.

A prática comprovada por observações neste subtrecho mostra que quanto mais arenoso o substrato local, maior a probabilidade de a caixa de acumulação absorver o fluxo captado, deixando o bueiro sem função. Quando ao contrário, o fluxo alcança a caixa de dispersão, a absorção evita o transbordamento e, por conseguinte, a instalação de processos erosivos em solos arenosos, como é o caso da Chapada do Parecis.

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



Sócios fundadores:
Eng^o Jacques de Medina,
Vera Garcia Restom
(viúva do Eng^o Mario Kabalem
Restom – sócio fundador)
e Eng^o Saul Birman
(da esquerda para a direita)
partindo o bolo
de aniversário da ABPv

Carta enviada pelo Prof. Jacques de Medina ao Diretor-Presidente da ABPv pela comemoração do cinquentenário da Associação em evento realizado no dia 15 de setembro, no Rio de Janeiro:

Prezado Ricci, ontem na festa do cinquentenário tive uma das maiores emoções de minha vida. Felicito-o e aos seus companheiros pela belíssima cerimônia no agradável ambiente da SEAERJ (Sindicato dos Engenheiros e Arquitetos do Estado do Rio de Janeiro), ninho da engenharia e arquitetura estadual e municipal.



(...) Parabéns pelo reencontro que nos proporcionou. Colegas grisalhos, calvos, cansados, mas todos de olhos a brilhar porque não foram esquecidos. Também, lágrimas nos olhos, quando um velho como eu abraçou a netinha do Kabalem, junto ao bolo de aniversário (...).

Carta de Ana Restom, filha do Eng^o Mário Kabalem Restom, às suas irmãs relatando as homenagens feitas pela ABPv ao seu primeiro presidente:

Queridas irmãs, vocês podem imaginar a emoção que sentimos ontem na festa de 50 anos da ABPv, no Rio de

Janeiro. Fico me sentindo uma formiguinha, quase que insignificante nesse mundo diante da grandeza de vida que nosso pai teve. A paixão que ele tinha pela profissão, a determinação de manter um projeto ativo são dignos de uma pessoa muito especial, mais ainda para nós.

A ABPv comemorou 50 anos ontem, 15/09/2009, e homenageou todos os sócios fundadores com uma medalha de honra. Mas em especial ao Eng^o Mário Kabalem Restom, que, além de ter sido o primeiro presidente da Associação, a presidiu por mais seis vezes, foi a pessoa que mais contribuiu para a ABPv existir até hoje. Ficamos encantadas porque só falavam de nosso pai. As homenagens nos levaram às lágrimas (...). Nossa mãe foi chamada para receber a medalha e para cortar o bolo (...). Foi uma pena vocês não estarem presentes (...).

Novos paradigmas: vantagens competitivas em transportes

Rone Antônio de Azevedo
Engenheiro Civil

Theodore Levitt, economista e professor de Marketing em Harvard, demonstrou no artigo “Miopia em Marketing” que a saturação do mercado não é a maior ameaça ao crescimento das grandes empresas (*Harvard Business Review*, 1975). A perda da participação no mercado decorre das decisões equivocadas dos dirigentes das empresas ao priorizarem o produto, em vez de preocuparem, primeiramente, com as necessidades dos seus clientes.

Levitt analisou o declínio das ferrovias nos Estados Unidos no período 1940 a 1960, cedendo lugar às rodovias, transporte aéreo e telecomunicações. O transporte de cargas e passageiros no modal ferroviário estagnou não pela concorrência com os outros modais, mas por falta de atendimento das necessidades dos clientes pelas próprias ferrovias. As empresas ferroviárias limitaram-se ao modal sob trilhos e perderam a vantagem competitiva em prover soluções integradas de transportes. Conforme Levitt (1975), “[...] preocuparam-se com o produto, em vez de se preocuparem com o cliente”.

Em 2008, a indústria automobilística mundial foi atingida pela crise dos ativos imobiliários deflagrada nos Estados Unidos. O governo desse país injetou 17 bilhões de dólares para evitar a falência da General Motors e da Chrysler e conter o grande desemprego resultante. Por muitos anos, o modelo de negócio dessas indústrias baseou-se na produção de veículos grandes com alto consumo de combustível, relações conturbadas com sindicatos e incentivos milionários para os principais executivos. A mudança do perfil

de consumo obrigou os fabricantes a desenvolver veículos mais econômicos e menos poluentes. A vantagem competitiva foi conquistada pelas japonesas Honda e Toyota, ao introduzirem nos Estados Unidos veículos mais baratos, menores e com tecnologia mais avançada – modelo de produção japonês. A indústria automobilística americana falhou ao prever e atender às necessidades emergentes dos clientes. A teoria de Levitt continua correta, após 35 anos.

No Brasil, o modal rodoviário é o mais utilizado, respondendo por 6,5% do PIB brasileiro e transporte de 95% do total de passageiros e 61,1% das cargas. No en-



Pavimento na Rodovia BR-452, trecho próximo a Itumbiara-GO (RAA, 2008)

tanto, estradas em péssimas condições e o elevado número de acidentes de trânsito prejudicam o bom atendimento aos usuários.

A Pesquisa Rodoviária 2009 da Confederação Nacional dos Transportes (CNT) mostrou que 69% das estradas brasileiras estão em péssimas condições gerais para tráfego quanto à geometria da via, pavimentação e sinalização.

A CNT analisou 100% da malha rodoviária brasileira, totalizando 89.552 quilômetros de rodovias – 75.337 sob gestão pública, federal ou estadual, e 14.215 quilômetros administrados pela iniciativa privada.

A Pesquisa de Rodovias 2009 da CNT apontou diversas oportunidades de melhoria resultantes das deficiências levantadas nas rodovias brasileiras:

- Em virtude das atuais condições do pavimento das rodovias brasileiras, o custo de operação dos veículos de carga é 28% maior do que seria se todas as rodovias tivessem pavimento de ótima qualidade.
- O tráfego de caminhões em rodovia com excelente condição de pavimento reduz até 5% do consumo de combustível. Em 2008, o consumo de óleo diesel no país foi de 44,8 bilhões de litros, conforme a Agência Nacional do Petróleo (ANP). A redução de 5% no consumo desse insumo implica em economia da ordem de R\$ 4,3 bilhões, ao preço médio de R\$ 1,99 por litro (ago/09).
- O modal rodoviário é o maior contribuinte nas emissões de CO₂, com 88% do total dos transportes. A melhoria da infraestrutura rodoviária reduz as emissões de CO₂ na atmosfera decorrentes da queima de combustíveis fósseis. Isso influi diretamente na saúde e qualidade de vida da população, na contenção do aquecimento global e das mudanças climáticas. Haverá redução das chuvas ácidas prejudiciais às florestas, além do efeito na camada de ozônio nos polos do planeta.

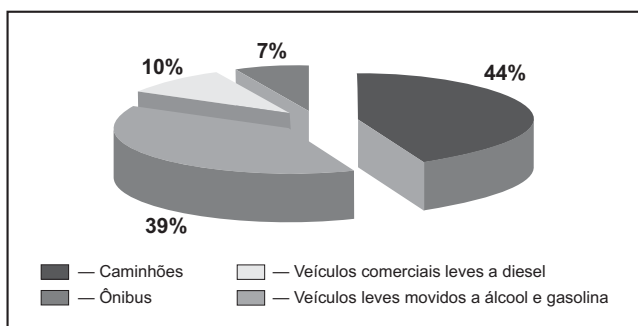


Gráfico 1 – Origem das emissões de CO₂ no modal rodoviário (CNT, 2009)

Outro sério problema é o ônus social dos acidentes de trânsito. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) avaliou em R\$ 22 bilhões o custo total dos acidentes de trânsito nas rodovias federais, estaduais e municipais, a

preços de dezembro de 2005. O IPEA considerou os principais custos associados – despesas hospitalares, remoção dos veículos, danos veiculares e patrimoniais, perda de produção temporária e permanente.

Nas rodovias federais do Brasil, ocorrem anualmente, em média, 109 mil acidentes, envolvendo 438 mil pessoas, entre mortos, feridos e ileso. Nas rodovias estaduais e municipais, o total anual de acidentes e de vítimas equivale, respectivamente, ao dobro e ao quádruplo das rodovias federais. Em 2005, mais de 35 mil pessoas perderam a vida nas rodovias brasileiras.

O setor de transportes, especialmente o modal rodoviário, tem grande responsabilidade por oferecer condições seguras, qualidade e conforto aos usuários. Nos últimos anos, aumentou a demanda do transporte de carga e passageiros em função do crescimento da economia brasileira. O setor contribui positivamente para o desenvolvimento do Brasil, conforme a matriz de transportes de cargas em toneladas por quilômetro útil (TKU):

Quadro 1 – Matriz de Transporte de Cargas (CNT, 2007)

Modal	Milhões TKU	Participação (%)
Rodoviário	485.625	61,12%
Ferroviário	164.809	20,74%
Aquaviário	108.000	13,59%
Dutoviário	33.000	4,15%
Aéreo	3.169	0,40%
Total	794.603	100,00%

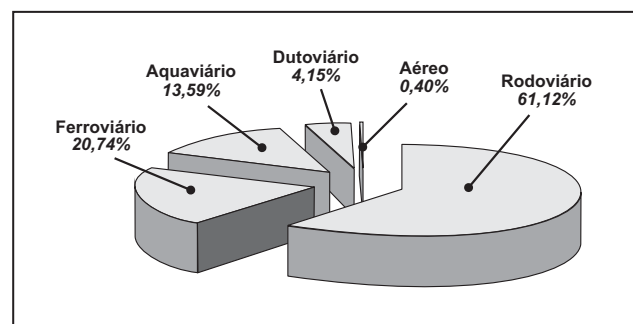


Gráfico 2 – Participação dos Modais (%) na Matriz de Transporte de Cargas (CNT, 2007)

Nos transportes, há grande potencial de aplicação da Responsabilidade Social e Ambiental, por causa do fato de essa indústria ser vital para as nações sob os aspectos ambiental, econômico, social, político e militar. O modal

rodoviário apresenta enorme cadeia produtiva envolvida, incluindo fabricantes de pneumáticos, empresas de construção e manutenção de vias, indústria automobilística, produtores e distribuidores de combustíveis, transportadores, operadores e reguladores do sistema.

Conforme Porter (1999), a vantagem competitiva de cada setor depende da capacidade de suas empresas alcançarem altos níveis de produtividade e do aprimoramento permanente da economia. A inovação é a única forma sustentável de consolidar as vantagens competitivas. No entanto, o bom desempenho no passado e no presente não garante o futuro, especialmente quando cessa a inovação.

A estagnação setorial e o comportamento racional prejudicam a sustentabilidade ambiental e a prosperidade econômica. A dimensão ecológica tornou-se o novo paradigma da visão sistêmica ou holística da gestão integrada, semelhante a sistemas vivos compostos de partes interconectadas. Na área de transportes, há grande potencial para

mitigar impactos ambientais decorrentes de acidentes, consumo de energia, poluição do ar, ruído, vibrações, congestionamentos, intrusão visual pela perda de paisagem, segregação territorial. A gestão integrada é condição primordial na implantação e operação de empreendimentos e atividades em transportes.

Ações por parte dos governos também estimulam as inovações no setor de transportes. Em 13 de outubro de 2009, o Estado de São Paulo aprovou a Política Estadual de Mudanças Climáticas. Essa lei prevê que o estado reduza em 20% suas emissões de gás carbônico (CO₂) até 2020, em relação aos níveis de 2005. Essa é a primeira lei estadual aprovada no País com meta de corte de gases de efeito estufa. O setor de transportes será o principal alvo do governo paulista na redução das emissões. Entre outros aspectos, a lei prevê metas para a implantação de rede metroferroviária, corredores de ônibus e o bilhete único para incentivar o uso do transporte público.

Referências bibliográficas

- AZEVEDO, Rone Antônio de. *Segurança Viária em Rodovias Federais: Estudo de caso na BR-060 e BR-153*. Goiânia: UFMT, 2006.
- CNT – Confederação Nacional dos Transportes. *Pesquisa CNT de Rodovias 2009 – Relatório Gerencial*. Brasília: CNT, 2009. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisas/rodoviaria/2009/arquivos/pdf/Gerencial.pdf>>. Acesso em nov. 2009.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras – Relatório Executivo*. Brasília: IPEA / DENATRAN / ANTP, 2006. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/destaque/impactos_acidentetransito%20\(Livro%2001\).pdf](http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/destaque/impactos_acidentetransito%20(Livro%2001).pdf)>. Acesso em nov. 2009.
- LEVITT, Theodore. *A Imaginação de Marketing*. São Paulo: Atlas, 2007. 2. ed. 10. reimpr.
- PORTER, Michael E. *Competição: estratégias competitivas essenciais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999. 11a. reimpr.

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.

Programação de Cursos da ABPv para 2010

Custos Rodoviários, Ferroviários, Aquaviários e de Edificações - SICRO 3	23 a 24/03/10
Drenagem Rodoviária	13 a 15/04/10
Sinalização e Segurança Viária	04 a 06/05/10
Prático de Materiais e Misturas Asfálticas	11 a 14/05/10
Drenagem Urbana - à noite	10 a 14/05/10
Prático de Solos	10 a 12/08/10
Dimensionamento de Pavimentos	14 a 16/09/10
Controle da Qualidade em Pavimentação Asfáltica	21 a 23/09/10
Tecnologia de Pavimentos, Construção, Qualidade e Casos de Obras	20 a 22/10/10



Envie seu resumo de trabalho técnico para a
40ª RAPv – Reunião Anual de Pavimentação
a realizar-se de 8 a 12 de novembro de 2010
no Rio de Janeiro, RJ

Consulte o temário no site: www.abpv.org.br



Construindo seu caminho para a modernidade.

As Usinas de Asfalto e Centrais de Concreto IXON Road Building foram desenvolvidas com modernas ferramentas de computação e modelamentos matemáticos, oferecendo um real e significativo diferencial na preparação de misturas asfálticas e de concreto, elevando a capacidade de produção e o nível de qualidade.

Usinas de Asfalto Móveis e Fixas

Centrais de Concreto



Qualitec Ind. e Com. Ltda
 Rua Ijuí, 70 | Santa Rosa | RS
 CEP 98900-000 | Fone: (55) 3512.6654
 comercial@ixon.ind.br | www.ixon.ind.br

ESTAMOS SELECIONANDO REPRESENTANTES.

Empresa Certificada:



ISO 9001:2000
 FM 541278



Há 50 anos...

As dificuldades que enfrentavam os nossos engenheiros,
no desbravamento do país.