

REVISTA

PAVIMENTAÇÃO

Associação Brasileira de Pavimentação



ANO I - Nº 2 - Abril, 2006 - www.abpv.org.br - ISSN 1809-1865

SOCORRO ÀS RODOVIAS

A POLÊMICA OPERAÇÃO TAPA-BURACO DO GOVERNO FEDERAL.
CRÍTICAS, FALTA DE LICITAÇÃO, CARÁTER EMERGENCIAL.
O QUE DIZEM OS ESPECIALISTAS?



SOLO ARENOSO FINO LATERÍTICO

**CRITÉRIOS DE ESCOLHA E RECOMENDAÇÕES CONSTRUTIVAS
PARA ESTA BASE DE PAVIMENTO.**



Os Caminhos da Integração

O MAIOR EVENTO RODOVIÁRIO DO PAÍS

**DE 8 A 11 DE AGOSTO/2006,
CENTRO DE CONVENÇÕES GOIÂNIA-GO**

Em 2006, a Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv) e a Associação Brasileira dos Departamentos Estaduais de Estradas de Rodagem (ABDER) estarão unidas para a realização do maior evento rodoviário do País. A junção da 37ª RAPV e do 11º ENACOR visa atingir “Os Caminhos da Integração”, proporcionando uma maior percepção de valor no público alvo, fazendo com que mais setores da área rodoviária participem ativamente do evento, seja através de stands, envio de congressistas, exposição de trabalhos técnicos ou visitantes.

Nesse sentido todos estão convidados a participar da 37ª RAPV/11º ENACOR tanto através da apresentação de trabalhos bem como da presença no evento ou, ainda, com a colaboração na divulgação desse evento. Assim, todos estarão dando valiosa contribuição em prol da técnica e conferindo grande brilhantismo a esta integração.

www.rapv.org.br

www.abder.org.br

Informações

Eventus Assessoria e Organização de Eventos
Falar com Isabel ou Kenya
Fone: (62) 3285-4891 Fax: (62) 3251-1818

SUMÁRIO

. Editorial	2
. Cartas	3
. Novos Membros da Diretoria	4
. 2.ª Edição do Livro "Mecânica dos Pavimentos"	4
. Fórum Rodoviário Nacional	5
. Semana Nacional de Contagem de Tráfego	6
. Operação Tapa-Buraco	7
. Contribuição da ABPv: "Operação Tapa-Buraco"	14
. Maceió:	15
. Pesquisa sobre Envelhecimento de Misturas Asfálticas em Usina	18
. Artigos Técnicos	
- Operação Tapa-buraco e o Sistema de Gerência de Pavimentos	20
- Critério de Escolha e Recomendações Construtivas para Base de Pavimentos de Solo Arenoso Fino Laterítico (SAFL)	35
- Qualidade de Pavimentos (Indicações para administradores e diretores)	57
- Estudo Econômico Comparativo entre Tipos de Pavimentos de Vias Urbanas	59
. Espaço Acadêmico	72
. Minuta das Normas para Artigos Técnicos	78
. Goiânia: 37ª RAPv	79

REVISTA PAVIMENTAÇÃO
ANO I - N.º 02 - ABRIL, 2006
ISSN 1809-1865



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	JORNALISTA RESPONSÁVEL
Arq. ^{ta} Georgina Libório Azevedo	Jean Pierre M. Santiago
georgina@abpv.org.br	MTb 27170-RJ
georgina@revistapavimentacao.org.br	redacao@abpv.org.br
	redacao@revistapavimentacao.org.br

Associação Brasileira de Pavimentação:

Presidente: ENG.º EDUARDO ALBERTO RICCI

Vice-Presidente: ENG.º JORGE PAULO MORO

Diretor Administrativo: ENG.ª LAURA Mª GORETTI DA MOTTA

Diretor Técnico: CEL. ENG.º PAULO ROBERTO DIAS MORALES

Diretor Financeiro: ENG.º SILVIO RODRIGUES FILHO

Diretor de Divulgação: ENG.º RONALDO VIZZONI

Assessora de Diretoria: Arq.^{ta} GEORGINA LIBÓRIO AZEVEDO

COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO

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

Projeto Gráfico: Elizabeth Vilar Pascoal Andrade.

Tipagem: 3000 **Periodicidade:** Trimestral

Impressão: Artes Gráficas Via7 Ltda. / www.graficav7.com.br

Fotografias: ENGESPPO - DEINFRA - CENTRAN - AGETUR

Diretoria da ABPv
Associação Brasileira de
Pavimentação

TRIÊNIO 2004/2007

PRESIDENTE:

Eng.º Eduardo Alberto Ricci

VICE-PRESIDENTE:

Eng.º Jorge Paulo Moro

DIRETOR ADMINISTRATIVO:

Eng.ª Laura Mª Goretti da Motta

DIRETOR TÉCNICO:

Cel. Eng.º Paulo Roberto D. Moraes

DIRETOR FINANCEIRO:

Eng.º Sílvio Rodrigues Filho

DIRETOR DE DIVULGAÇÃO:

Eng.º Ronaldo Vizzoni

ASSESSORA DA DIRETORIA:

Arq.ª Georgina L. Azevedo

Sítio da

Revista PAVIMENTAÇÃO

www.revistapavimentacao.org.br

Nesta Edição:

. Editorial	2
. Cartas	3
. Novos Membros da Diretoria	4
. 2.ª Edição do Livro "Mecânica dos Pavimentos"	4
. Fórum Rodoviário Nacional	5
. Semana Nacional de Contagem de Tráfego	6
. Operação Tapa-Buraco	7
. Contribuição da ABPv: "Operação Tapa-Buraco"	14
. Maceió:	15
. Pesquisa sobre Envelhecimento de Misturas Asfálticas em Usina	18
. Minuta das Normas para Artigos Técnicos	19
. Artigos Técnicos	20 a 71
. Espaço Acadêmico	72
. Normas para Artigos Técnicos	78
. Goiânia: 37ª RAPv	79



Revista PAVIMENTAÇÃO

Editorial

A situação calamitosa das rodovias brasileiras levou o governo federal a implementar o Programa Emergencial de Trafegabilidade e Segurança nas Estradas, conhecido nacionalmente como Operação Tapa-Buraco, o qual a mídia vem dando amplo espaço nos últimos meses. A Revista, na sua edição de número 02 dá destaque, como matéria de capa, a este tema fomentando o debate sob o ponto de vista técnico. Nossa reportagem procurou abordar diversos pontos importantes da operação e apresenta a opinião de renomados especialistas no assunto.

Esta reportagem do programa de socorro às rodovias tem um caráter contínuo, pois quando da próxima edição, em julho, já teremos um resultado parcial dos efeitos da Operação Tapa-Buraco, e poderemos apresentar a primeira avaliação.

A seção de artigos técnicos traz quatro trabalhos de abordagens diversas: A Operação Tapa-Buraco e o Sistema de Gerência de Pavimentos; Critérios

de Escolha e Recomendações Construtivas para Base de Pavimentos de Solo Arenoso Fino Laterítico; Qualidade de Pavimentos; e Estudo Econômico Comparativo entre Tipos de Pavimentos em Vias Urbanas.

Duas novidades são apresentadas também. As seções Cartas e Espaço Acadêmico. Cartas quer colher a opinião dos leitores, suas críticas e elogios, bem como a abordagem dos assuntos que são pertinentes ao propósito da publicação. Espaço Acadêmico apresenta alguns resumos de dissertações de mestrado e teses de doutorado que estão sendo produzidas nas universidades brasileiras. Assim, queremos privilegiar o trabalho e o esforço acadêmico daqueles que estarão futuramente desenvolvendo, em prol da engenharia, novas tecnologias que poderão ser apresentadas nos congressos, seminários e nas publicações específicas. A Revista PAVIMENTAÇÃO quer ser um destes veículos democráticos de apresentação desses artigos.

Oportunamente, apresentamos também a minuta das normas para o envio de artigos para os que desejam ter os seus trabalhos publicados. Esta minuta foi elaborada por integrantes do Comitê Técnico-Científico e da Coordenação da Revista, e visa tornar democrático o processo de escolha e criteriosa a avaliação dos artigos. O conteúdo também pode ser visualizado no sítio da ABPv: www.abpv.org.br, no link da Revista.

A Revista traz ainda um breve histórico da cidade de Maceió, que sediou nos dias 05, 06 e 07 de abril, a 13ª Reunião de Pavimentação Urbana. Uma homenagem justa a uma das capitais mais belas do nordeste.

Finalmente, convidamos os leitores para o maior evento rodoviário do país: 37ª RAPv e o 11º ENACOR, que acontecerá entre os dias 8 e 11 de agosto na cidade de Goiânia/GO (Veja reportagem sobre a cidade na pág.79). Denominado Os Caminhos da Integração, o evento é uma parceria inédita entre a ABPv e a ABDER.

CARTAS

A seção de Cartas destina-se a acolher opiniões dos leitores sobre as matérias veiculadas na Revista, bem como críticas, elogios e manifestação 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@abpv.org.br

. Lançamento da Revista PAVIMENTAÇÃO

- Quero parabenizar ao Eng° Eduardo Ricci e a todos da diretoria do Conselho Deliberativo da ABPv pelo primeiro número da Revista PAVIMENTAÇÃO.

Gilda Collet Bruna

- Foi com grande satisfação que recebemos a Revista PAVIMENTAÇÃO, obra que irá contribuir para o enriquecimento de nosso acervo, visando uma melhor disseminação da informação na área de pavimentação do país.

Suely Vidal

Bibliotecária da UNAMA Universidade da Amazônia

- Recebemos a Revista PAVIMENTAÇÃO por nós ansiosamente aguardada. Parabenizamos a ABPv por mais essa iniciativa que servirá como instrumento de troca de experiência entre os engenheiros rodoviários, além de servir como elemento de atualização técnica.

Eng° Luiz Felipe Velozo

- Parabéns ao Eng° Eduardo Ricci e aos demais diretores da ABPv pela publicação da Revista. Torna-se, acredito eu, um marco na área de pavimentação no Brasil. No mínimo será uma referência. Além de oportuna, ela surge num momento em que o governo federal lança mão de um pacote equivocado para o restauro das rodovias federais. Quem sabe, com a ajuda da Revista, eles tenham outra visão?

*Eduardo Valdoski
Tecnólogo*



Novos membros da Diretoria da ABPv tomam posse



Da esquerda para a direita:
Eng.º Atahualpa Schmitz da Silva Prego, Eng.º João Menescal Fabrício, Eng.º Jorge Paulo Moro, Eng.ª Laura Maria Goretti da Motta, Eng.º Silvio Rodrigues Filho e Eng.º Eduardo Alberto Ricci.

Os novos membros da Diretoria da ABPv com mandato até dezembro de 2007, tomaram posse no dia 25 de janeiro em cerimônia realizada na sede da Associação, no Rio de Janeiro.

O Diretor-Presidente da ABPv, Eng.º Eduardo Alberto Ricci deu posse aos novos membros externando sua satisfação com os nomes que passam a compor a nova diretoria. Ele lembrou ainda que quando da eleição, dos 29 votos recebidos do Conselho Deliberativo, 19 aprovaram e 10 abstiveram.

A nova Diretoria da ABPv ficou assim composta: Eng.º Jorge Paulo Moro como Diretor Vice-Presidente; Eng.º Paulo Roberto Dias Morales como Diretor Técnico; Eng.ª Laura Maria Goretti da Motta como Diretora Administrativa; e Eng.º Atahualpa Schmitz da Silva Prego como

Representante dos Sócios Individuais junto ao Conselho Fiscal.

Estiveram presentes na cerimônia membros da Diretoria atual, como Diretor Financeiro Eng.º Silvio Rodrigues Filho, membros do Conselho Fiscal, do Conselho Deliberativo, sócios e vários convidados.

No ensejo, o Diretor-Presidente comentou sobre o lançamento da primeira edição da Revista PAVIMENTAÇÃO, lembrando que essa conquista fora um sonho de muitos diretores que passaram pela Associação. Ele recordou que um dos primeiros diretores a tentar realizar tal sonho foi o Eng.º Mario Kabalem Restom.

Lançada a 2ª edição do livro MECÂNICA DOS PAVIMENTOS

Durante o coquetel da cerimônia de posse dos novos membros da Diretoria da ABPv foi lançado a 2ª edição do livro Mecânica dos Pavimentos, de autoria dos professores Jacques de Medina e Laura Maria Goretti da Motta.

O livro, como informou a Revista PAVIMENTAÇÃO na edição passada, possui 570 páginas e discute temas como o meio físico; análise de tensões, deformações e deslocamentos; características de deformabilidade de solos e materiais de pavimentação; dimensionamento de pavimentos considerando a deformabilidade; dimensionamento de reforço e

também a mecânica do pavimento ferroviário.

O objetivo do livro, segundo os autores, é proporcionar aos estudiosos da área de pavimentação uma versão moderna dos fundamentos teóricos e experimentais do dimensionamento em que se acentuam as peculiaridades do meio físico tropical brasileiro.

Aqueles que desejarem adquirir o livro poderão contactar diretamente um dos autores através de telefone ou correio eletrônico: Prof.ª Laura M.ª Goretti da Motta Tel.: (21) 2562-7197 E-Mail: laura@coc.ufrj.br.



Eng.ª Laura Maria Goretti da Motta em sessão de autógrafos durante o coquetel de posse dos novos membros da Diretoria da ABPv em 25 de janeiro de 2006.



FÓRUM RODOVIÁRIO NACIONAL

AABER – Associação Brasileira de Engenheiros Rodoviários, com a colaboração do Clube de Engenharia e apoio das instituições : ABPv, ABCE, ABCP, ABCR, ANEOR, ASDNER, SINAENCO, SINICON, UERJ, UNESP , está promovendo o FÓRUM RODOVIÁRIO NACIONAL , instalado no mês de novembro de 2005, realizando-se em sessões mensais de Novembro a maio de 2006, objetivando:

- I. Debater os principais temas de interesse do Setor Rodoviário;
- II. Transformar os debates em documento-proposta de alternativas para o Setor, como contribuição para a Política Rodoviária Nacional, abrangendo os diferentes segmentos de interesse desta política.

Sessões	Data	Horário	Tema
1ª Sessão	22/11/2005	14 às 17:00 horas	Segurança Pública nas Rodovias.
2ª Sessão	13/12/2005	14 às 16:30 horas	Aspectos Institucionais
3ª Sessão	24/01/2006	14 às 16:30 horas	Concessões
4ª Sessão/ 5ª Sessão	21/03/2006	13 às 17:00 horas	Parcerias Público- Privadas/ Investimentos
6ª Sessão	25/04/2006	14 às 17:00 horas	Meio Ambiente
7ª Sessão	23/05/2006	14 às 17:00 horas	Novas Tecnologias/Encerramento.

COMISSÃO ORGANIZADORA

Cláudio Ivanof Lucarevski ABER/UERJ - Coordenador Geral
Regina Célia S. Avena ABER/DNIT - Coordenadora Executiva

Ivan Conceição - ABER
Jorge Nicolau Pedro ABER/DNIT
Nelson da Silva Campos ABER
Eduardo D'Ávila ABCP
Eduardo A. Ricci ABPv

Marcio B. de Amorim ABCE/SINAENCO
Marco A.A. Bicalho - SINICON
Gil F. Guedes ABCR
Waldir da Costa Reis - ANEOR
Antonio H. Araújo Junior UNESP
Nilza Ávila Ribeiro - ASDNER

ABER

Almir Lopes Calmont Presidente
Pedro Mansour - Vice-Presidente

CENTRAN APRESENTA RESULTADOS DA SEMANA NACIONAL DE CONTAGEM DE TRÁFEGO

O Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN) realizou, em 9 de fevereiro de 2006, o seminário sobre a Semana Nacional de Contagem de Tráfego, onde apresentou os resultados obtidos nas pesquisas volumétricas classificatórias, feitas durante a Semana Nacional.

A operação de contagem de tráfego, ocorrida entre 26 de novembro e 2 de dezembro de 2005, em todo o país, fez parte da primeira fase do Plano Diretor Estratégico Nacional de Pesagem, um dos projetos estruturantes do CENTRAN.

A mesa diretora do seminário foi formada pelo representante do chefe do DEC, Gen. Rubens Silveira Brochado, pelo diretor de Infra-estrutura e Planejamento do DNIT, Dr. Luziel Reginaldo, pelo secretário-executivo do CENTRAN pelo DNIT, Dr. Emerson Rozendo Salgado e pelo secretário-executivo do CENTRAN pelo Exército, Cel Paulo Roberto Dias Morales.

O evento contou ainda com a presença do chefe de gabinete da Polícia Rodoviária Federal, Inspetor Marcelo Paiva, do presidente da ABPv, Eduardo Alberto Ricci, e do Dr. Luciano Bruno do INMETRO. Também estiveram presentes representantes de instituições, como da Casa Civil da Presidência, IPR/DNIT, CEFET/RJ, ANTT, COPPE/RJ, Ministério dos Transportes, entre outros.

Resultados e grupos de trabalhos

O seminário, ocorrido no Hotel Guanabara, centro do Rio de Janeiro, foi dividido em três momentos. Na primeira parte, o secretário-executivo do CENTRAN pelo Exército, Cel. Paulo Roberto Dias Morales, apresentou o Plano Diretor Nacional Estratégico de Pesagem e a metodologia e logística de trabalho planejada e executada para a Semana Nacional de Contagem de Tráfego.

Em seguida, os participantes conferiram a abordagem e a análise dos dados coletados pelas pesquisas volumétricas classificatórias. Os dados da pesquisa origem/destino encontram-se em fase de preparação para alimentação de banco de dados específico. Posteriormente, as informações irão configurar a base do programa de modelagem de tráfego.

No terceiro momento, houve a apresentação dos próximos passos do plano e a formação de grupos de trabalhos (GT 1 - Legislação, GT 2 - Tecnologia da balança e Metrologia, GT 3 - Projeto de Posto de Pesagem), relativos às etapas seguintes do projeto.

O Plano Diretor

O objetivo principal do Plano Diretor Estratégico Nacional de Pesagem é definir, através dos resultados da pesquisa e de sua respectiva modelagem, os locais no país onde serão implantadas as balanças, priorizando aquelas que possam contemplar a malha rodoviária federal, com toda tecnologia necessária, com suporte legal padrão e a mais moderna estrutura de um Centro de Excelência. Essas medidas irão evitar o excesso de peso, que reduz a vida útil dos pavimentos, resultando em economia nos custos das rodovias e permitindo, inclusive, a diminuição do número e da severidade dos acidentes nas estradas.

Após o encerramento do seminário, houve uma confraternização entre os participantes, celebrando, assim, os trabalhos executados pelo CENTRAN e o fortalecimento da formação de redes cooperativas de trabalhos.



Abertura do seminário pelo Gen Brochado, presidente da mesa diretora.

A pesquisa de tráfego

Durante a Semana Nacional, foram montados 109 postos de pesquisa nas rodovias federais. A operação foi realizada pelo CENTRAN, em conjunto com o Exército Brasileiro, o Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT), o Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF), e com o apoio da Confederação Nacional de Transportes (CNT) e da Associação Nacional de Transportes de Carga e Logística (NTC).



Debate entre os integrantes do grupo de trabalho GT1-Legislação.

SOCORRO ÀS RODOVIAS

**O Programa Emergencial de Trafegabilidade e Segurança nas Estradas do Governo Federal está quase concluído.
O que, de fato, esperar?**

Reportagem: Jean Pierre M. Santiago
Colaboraram: Georgina Libório Azevedo
Luiz Miguel de Miranda

Desde o dia 09 de janeiro deste ano diversas rodovias federais e estaduais vêm sofrendo intervenções de emergência, dado o estado de precariedade em que se encontravam. Trata-se do Programa Emergencial de Trafegabilidade e Segurança nas Rodovias, ou como nacionalmente conhecido: Operação Tapa-Buraco. O programa visa atingir 26.411 km de estradas federais e estaduais no País. A previsão é de que o trabalho seja concluído ainda no primeiro semestre. No total serão investidos R\$ 440 milhões na operação, que inclui serviços para tapar buracos e intervenções como recomposição de pequenos trechos contínuos, recapeamento, restauração de pavimento e da sinalização horizontal, além da recuperação de pontes.

. Críticas

Não obstante à Operação Tapa-Buracos ser emergencial, diversos seguimentos da opinião pública, oposição, entidades de classe e profissionais da área de engenharia e pavimentação levantaram suas críticas ao programa do governo federal. A primeira delas é que este tipo de intervenção deveria estar sendo feita desde o início do governo e não deixado para ser executado num ano eleitoral. As obras emergências teriam, portanto, um caráter eleitoral. O governo, ignorando as críticas, rebate nas palavras do próprio Presidente da República em declaração à imprensa: "Estamos fazendo e alguns estão dizendo que são obras eleitoreiras. Mas, se nós não fizéssemos, continuariam sendo eleitoreiras, para eles, porque aí todos eles já estariam fotografando, filmando para colocar em seus programas de TV. Ora, entre a briga partidária e o povo, eu vou ficar com o povo"

De fato, há críticas pertinentes. Engenheiros e técnicos são unânimes em afirmar que um trabalho de recuperação de rodovias em período de chuvas é uma tarefa que fatalmente não logrará sucesso. Para o Secretário Executivo do Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN), Cel. Paulo Roberto Dias Morales, a operação foi criada em período inoportuno por ser uma época de chuvas constantes. Segundo ele, há a necessidade de um procedimento técnico o qual se torna inexecutável em períodos chuvosos.

Estão previstas obras em 25 Estados. Destes, 14 também receberão manutenção nas estradas estaduais - o governo federal se comprometeu a melhorar a condição das estradas transferidas para o controle dos Estados em 2002, por meio da MP 82. De acordo com o ministro dos Transportes, Alfredo Nascimento, a orientação é "trabalhar para que os serviços sejam finalizados ainda no primeiro trimestre de 2006".

Os Estados que mais receberão verbas são Minas Gerais (R\$ 63,7 milhões) e Rio de Janeiro (R\$ 43,5 milhões). São Paulo receberá R\$ 4,4 milhões e o Rio Grande do Sul, R\$ 13,1 milhões.

O diretor-presidente da ABPV, Eng^o Eduardo Alberto Ricci, também ressalta que o momento escolhido para realizar a operação de recuperação das rodovias não é o melhor. Ressaltando a necessidade imperiosa de primar pela boa técnica, Ricci sugere que a tarefa deveria ser planejada levando-se em conta as características pluviométricas de cada região. O Brasil por ser um país de dimensões continentais não possui as mesmas características climáticas e, inclusive de solo, em todos os Estados. Segundo o engenheiro, essa operação deveria obedecer a um cronograma que respeitasse tais diferenças.

A engenheira e professora da COOPPE/UFRJ, Dr^a Laura Maria Goretti da Motta, diz parecer haver várias visões na Operação Tapa-Buracos. Ela acredita que nenhum técnico há de gostar de uma operação emergencial baseada num nível de deterioração muito elevado das estradas, representado por um número excessivo de buracos, trincas e remendos que fazem com que as estradas fiquem perigosas sob o ponto de vista da segurança. E ressalta também que, apesar da época inadequada para a execução do programa, contudo, mesmo que para salvar uma única vida a operação é válida.



Detalhe do serviço de escavação de remendo profundo, no km 277,9 sentido Campos.



Detalhe do corte da escavação do serviço de remendo profundo, no km 277,9, sentido Campos.



Detalhe do pavimento com a capa de rolamento, próximo ao km 262 sentido Campos.



Detalhe do pavimento com a capa de rolamento, próximo ao km 262 sentido Campos.



Vista da pista desagregada antes da fresagem no segmento do km 292,8 sentido Rio Bonito

. Licitação e o Caráter Emergencial

Se por um lado a grande maioria critica a falta de planejamento e a implementação do programa de socorro às rodovias no período de chuvas, por outro são unânimes também quanto à questão do caráter emergencial do Tapa-Buracos. Segundo o engenheiro Ricci, a operação é importante, mas não é o suficiente. Para o Cel. Dias Morales, não basta apenas essa intervenção, é preciso soluções de médio e longo prazos nos moldes do PIR-4 Programa Integrado de Revitalização de Rodovias. Ele sugere que já se deva pensar, por parte das autoridades públicas, num programa para mitigar a degradação da Operação Tapa-Buraco: "Há necessidade de uma solução de cunho estrutural", disse.

Outra crítica que se apresenta nesse bojo é a questão das licitações. O Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT) aproveitará contratos de manutenção em andamento para a aplicação direta dos recursos em cerca de 20 mil km, ou seja, nestes trechos as obras serão feitas sem licitação. Esta questão gerou as mais diversas críticas que perpassam pela questão do caráter emergencial. O que é uma obra emergencial? A lei explica o que é emergência. Um maremoto ou uma tsunami, por exemplo, pedem ações de caráter emergencial. No caso das rodovias a situação não é análoga, pois trata-se de uma situação anunciada. Mas, a despeito dessa conceituação, a operação é emergencial, visto que a gravidade dos defeitos acumulados nos trechos põe em risco os usuários e aumenta o custo dos transportes e a gravidade dos acidentes, e como tal não há que se falar em licitação. Cel. Dias Morales ressalta que não há como esperar, por exemplo, um processo administrativo de licitação que pode demorar de 3 meses a um ano. Sob estes argumentos, justificaria-se, portanto, a não licitação de empresas para execução dos trabalhos nas estradas.

. Como surgiu a Operação Tapa-Buraco?

Segundo relatos dos principais jornais do país, a governadora do Estado do Rio de Janeiro, Rosinha Garotinho, começou a tapar buracos na rodovia de jurisdição federal no trecho de Cabo Frio, na região dos lagos do Estado, no final de 2005. Isso gerou uma peleja entre o governo estadual e o federal, pois este último supunha que tal fato poderia prejudicar sua imagem diante da opinião pública. O acontecimento ganhou os jornais e, para demonstrar que estava atuando, o governo federal resolveu encampar a idéia de levar a operação, até então restrita ao Rio de Janeiro, a todo o País.

A atitude do governo federal ficou configurada, portanto, como uma resposta política a uma ação também política da Governadora Rosinha.

Procuramos investigar se existia alguma semelhança entre a Operação Tapa-Buraco com o SOS Rodovia, do governo Fernando Collor. O SOS Rodovia iniciou-se no Estado de Alagoas. Nesse programa houve um planejamento mais longo devido a um reconhecimento anterior do estado precário das rodovias brasileiras. Fato que não se observou no planejamento da época do atual programa de recuperação das estradas. Cabe ressaltar que o DNIT tem um sistema de gerência de pavimentos que permite visualizar e situar os trechos mais críticos da malha viária (mesmo aqueles que não tenham sido contemplados com orçamentos para realizar as obras de manutenção necessárias nos últimos anos) e as soluções mais adequadas a cada caso. Dessa forma, verifica-se que seria difícil para o governo federal dar uma resposta rápida à Governadora não fosse tal sistema.

O engenheiro civil e membro do Conselho Fiscal da ABPv, Atahualpa Schmitz da Silva Prego, afirma que desde 1984 não se teve mais notícias de um programa sério e tecnicamente correto de manutenção de rodovias. E o tráfego previsto nos projetos anteriores foi ultrapassado em quantidade e qualidade. Ele relembra que a inflação gerada no País nos anos 1980 teve um papel importante no processo de deterioração das estradas brasileiras. Quando do período inflacionário os caminhoneiros transportavam cargas acima do peso permitido por lei a fim de economizar tempo. Caminhões de 12 toneladas chegavam a carregar até 16 toneladas. As paradas nas viagens eram poucas e curtas, os postos de gasolina ficavam vazios já que os motoristas passavam a noite viajando, pois tinham de levar a carga ao seu destino e fazer o maior número possível de viagens durante o mês. Isto foi extremamente prejudicial às estradas.



• Primar pela boa técnica

A preocupação com a aplicação das técnicas corretas é um outro fato que os profissionais da pavimentação ressaltam constantemente. O engenheiro do DNIT, Salomão Pinto lembra que o órgão tem conhecimento de técnicas de como se proceder de forma satisfatória e corretamente numa operação de tapa-buracos. São normas claras de como se faz um remendo, seja superficial ou remendo profundo.

A engenheira Luciana Nogueira Dantas chama a atenção para um problema de ordem política no DNIT, que se trata do contingente do órgão. Com a mudança para Brasília e a aposentadoria de diversos profissionais, o departamento vem passando por uma escassez de engenheiros e de técnicos necessários para o acompanhamento da operação. Existe falta de verba para os residentes que, sem suporte, fazem quase o impossível para cumprir a contento as metas estipuladas fora desse programa emergencial.

A ABPv vem há mais de 45 anos se colocando na vanguarda das discussões da aplicação das técnicas corretas, primando pela excelência da pavimentação no Brasil. Nesta reportagem, a Associação apresenta o seu manifesto à opinião pública se colocando à disposição, através de todos os seus associados, no sentido de auxiliar no que for necessário para esclarecer sobre as técnicas mais pertinentes.

A despeito das técnicas, o Eng^o Ricci aponta para uma questão extremamente importante no que concerne ao planejamento das políticas públicas na área de transporte no país. Trata-se do transporte inter-modal. Ele ressalta que a otimização da trafegabilidade pode se

dar de maneira bem sucedida utilizando-se da logística de transporte. E questiona o porquê da quantidade excessiva de caminhões de transporte de cargas na BR-101, que margeia o litoral, quando se poderia lançar mão da navegação de cabotagem, como exemplo.

De fato, percebe-se que o Brasil carece de uma política que contemple a interligação de rodovias, ferrovias, hidrovias, portos e aeroportos para que a o país possa fazer escoar sua riqueza e fomentar um desenvolvimento ancorado na inteligência modal das vias e otimização de custos.

A Revista PAVIMENTAÇÃO, ao colher a opinião de algumas autoridades no assunto, quis abrir espaço para a discussão do Programa Emergencial de Trafegabilidade e Segurança nas Rodovias. Ao mesmo tempo propor um pensamento em perspectiva para que, como ressaltou a Eng^a Dr^a Laura Maria Goretti da Motta, se possa ter uma manutenção periódica das estradas, assim como um aporte de recursos sempre a cada gestão governamental para que se mantenha o pavimento numa condição adequada, dentro dos níveis de serventia que existe nos padrões nacionais de aceitação.

O programa emergencial de obras das estradas federais privilegiou boa parte dos corredores de escoamento da produção agrícola. Portanto, a partir do início deste mês as rodovias passarão por um teste crucial: o transporte da safra agrícola 2005/2006. O resultado? Não deixe de conferir na próxima edição da Revista PAVIMENTAÇÃO.

Cel. Dr. Paulo Roberto Dias Morales

Chefe da Assessoria Especial para a Excelência em Engenharia de Transporte do DEC e Secretário Executivo do CENTRAN.

O Cel. Dias Morales disse à Revista PAVIMENTAÇÃO que a fiscalização das obras por parte do exército está para acontecer, mas lembra que a maior parte dos buracos já foi tapada na operação do governo federal. O Programa Emergencial de Trafegabilidade e Segurança nas Rodovias foi criado para ser executado em 90 dias, a partir de janeiro.

O Cel. acredita que em pouco tempo a engenharia dominará a técnica para executar uma operação como o tapa-buracos em condições de umidade. Hoje, o custo deste procedimento seria muito dispendioso, pois os técnicos teriam de tirar a base úmida do asfalto, trazer no caminhão o material seco e proceder a substituição daquele material para servir de base sobre a qual recairia a massa asfáltica. Além de muito cara essa metodologia, ela ainda está sendo discutida no meio acadêmico através de pesquisas e divulgada em artigos técnicos.





Engª Drª Laura Maria Goretti da Motta
Profª da COPPE/UFRJ

"Qualquer pavimento tem uma vida útil definida em projeto, sendo dimensionado para 10, 15 ou 20 anos. O que não significa que, findado este período se tenha que refazer tudo desde o início porque já é pressuposto um reforço estrutural.

Mas por que o pavimento tem uma vida útil definida? Porque o número de repetições de carga e a passagem do tráfego são dinâmicos. E não existe nenhum material no mundo que não sofra ciclagem permanente e que dure eternamente. E então, em relação à repetição de carga é visível na frota brasileira o crescimento do peso e do volume de tráfego nas últimas décadas. A indústria desenvolveu caminhões mais pesados e mais possantes que andam com carga maior, muitas vezes com carga acima do que a legislação permite e com velocidade muito maior. Tudo isso também agrava a situação do pavimento. Por isso muitas rodovias, mesmo as federais estão no limite da sua capacidade.

Atualmente se faz um pavimento por etapas. Como não sabemos o que a indústria vai desenvolver ou o que o crescimento do país vai gerar de tráfego, faz-se inicialmente uma primeira estrutura pensando no que daqui a 10 anos será o tráfego. E, então, acrescenta-se a capacidade de carga. O administrador muitas vezes desconhece a necessidade de fazer uma manutenção periódica na rodovia, acreditando que o que fora feito inicialmente seria suficiente, e ignorando que na definição da estrutura original do pavimento é definida uma data em que se deve fazer uma nova intervenção. Isto é um problema de gestão. Os órgãos gestores não deviam ter tanta mudança de dirigentes a cada governo, pois a questão é muito mais técnica do que política, desde o residente até o diretor-geral."



Eng.º Dr. Eduardo Alberto Ricci
Diretor-Presidente da ABPv

"É preciso pensar no custo econômico da falta de manutenção das estradas. De fato ele é muito alto dado o número de acidentes de trânsito que resultam em mortes. No Brasil os índices são alarmantes. Temos que pensar no custo das vidas que são perdidas. Qual é o prejuízo para a nação das forças de trabalho que são desperdiçadas?

A manutenção constante é uma obrigação, paga-se impostos para tanto. Falta de dinheiro não deveria ser justificativa. Porém, a falta de manutenção das estradas gera um custo muito maior do que a própria manutenção periódica.

Portanto, eu vejo que há negligência do governo associado, por exemplo, ao excesso de tráfego de caminhões nas rodovias e a conseqüente falta de pesagem dos mesmos".



Engª M.Sc. Luciana Nogueira Dantas Engenheira do DNIT

"As operações do PETSE Programa Emergencial de Trafegabilidade e Segurança nas Estradas - estão sendo realizadas de acordo com a instrução de serviço ISC 1314/2004. Todas as operações de reparo devem ser feitas obedecendo às especificações do DNIT, que são muito claras e rígidas com relação a este tipo de serviço. Os trechos contemplados pelo PETSE foram destacados segundo informações do próprio DNIT, dos técnicos que, seguramente, sabem das necessidades de cada Estado, e por parte do Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR.

Toda semana, equipes de técnicos do IPR saem a campo para verificar a qualidade dos serviços. E as fichas com os registros de inspeção por parte das equipes são remetidas para a diretoria do DNIT em Brasília.

Da parte do DNIT está havendo um esforço em conjunto de todos os técnicos para que as obras sejam realizadas rapidamente e de forma correta."



Dr. Salomão Pinto

Engenheiro Chefe do Laboratório do Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR/DNIT, Professor do IME.

"A Operação Tapa-Buraco é algo que no início eu critiquei como técnico. Mas, já que houve tamanho desleixo e as rodovias chegaram a um estado crítico, a sensação que eu tenho hoje é de que o programa Operação Tapa-Buraco mexeu muito com o órgão rodoviário. Não, porém, de forma muito tecnicamente recomendável, mas fez o órgão voltar a cumprir o seu papel, ou seja, executar serviços que deveriam ter sido executados no passado, mas que, infelizmente, não foram feitos.

O problema recai dentro da falta de engenheiros e técnicos. Obviamente as empresas têm a sua flexibilidade, sua rapidez de execução, no entanto, é preciso que o setor público disponha de servidores, funcionários, técnicos e engenheiros que dêem esse respaldo para o residente a fim de que ele tenha certeza absoluta da melhor técnica possível a ser empregada, ainda que pese alguma dificuldade.

No Rio de Janeiro, os trechos que visitei estão sendo feitos dentro das técnicas corretas"

OPERAÇÃO TAPA-BURACO

Contribuição da Associação Brasileira de Pavimentação - ABPv

A ABPv, entidade sem fins lucrativos foi fundada em 1959 no Rio de Janeiro, congregando os melhores técnicos na área de pavimentação, tem como objetivo promover a transferência de tecnologia e a difusão de suas experiências e conhecimentos.

Realizou 54 congressos nacionais e internacionais, além de diversos cursos, conferências e boletins técnicos. Com esse acervo a Associação sente-se na obrigação de vir a público manifestar-se sobre a operação tapa-buraco e o estado das rodovias brasileiras.

Tem sido creditado aos engenheiros, nos últimos anos, o estado de precariedade em que se encontram as rodovias brasileiras, pelo uso de técnicas inadequadas.

Entretanto, na visão da Associação, não existe uma causa específica, mas um conjunto de fatores que favorecem o processo de degradação de nossas rodovias, entre eles a da opção político-econômica, a falta de manutenção no tempo certo, de se enfatizar o controle de qualidade na aplicação dos materiais e dos serviços, etc.

Podemos destacar ainda que na restauração de uma rodovia é necessário levar em conta aspectos cruciais como a realização do projeto de pavimentos, onde são consideradas suas condições funcionais e estruturais, bem como aspectos relacionados com a drenagem e com o tipo e volume de tráfego. O pavimento é dimensionado para uma determinada carga máxima admissível. As cargas comerciais são as principais responsáveis pela degradação das estradas, principalmente se o transportador ultrapassar a carga máxima admissível. Assim, é preciso coibir a sobrecarga, o que deve ser feito através da pesagem dos caminhões. Ressalte-se que dos 100 postos de pesagem federais instalados no país, apenas 10 operam normalmente e 20 estão em operação educativa.

Entendemos que o nosso país deveria ter um programa permanente de Construção, Conservação e Restauração de rodovias, o que infelizmente não existe, apesar ter sido criada a fonte de recursos CIDE (Contribuição de Intervenção sobre o Domínio Econômico) para o financiamento de um eventual programa permanente. Assim, a operação tapa-buraco é um paliativo necessário para trazer de volta, emergencialmente, a trafegabilidade das rodovias, planejando-se simultaneamente um projeto de restauração das mesmas, para ser implantado posteriormente. Trata-se comparativamente a ação dos primeiros socorros a um acidentado. Assim, se as rodovias não forem socorridas a tempo, a economia do País pode ser afetada, como já vem ocorrendo em algumas áreas específicas, como é o caso, por exemplo, do escoamento da produção agrícola.

Portanto, é possível reverter gradualmente este panorama, aplicando-se recursos financeiros adequados, juntamente com um programa de capacitação técnica do meio rodoviário brasileiro, preocupação permanente da ABPv, incentivando o zelo no uso da boa técnica e no cumprimento das normas.



MACEIÓ

A História conta que a área onde hoje se encontra a cidade de Maceió era na época do descobrimento do Brasil, um terreno alagadiço devido à areia, pedras e vegetais que iam se acumulando na embocadura dos rios Mundaú e Paraíba. O mar também depositava sedimentos formando uma barreira que fechava a saída dos rios. Assim surgiram as lagoas de Mundaú e Manguaba.

Os índios que foram as testemunhas desse fenômeno natural passaram a chamar o local de “Maçaió-ok”, que significa “o que tapa o alagadiço”. Quando o colonizador português chegou modificou o nome indígena, e assim surgiu o atual nome da cidade: Maceió.

O povoamento europeu teve início no século XVII. Os navios portugueses atracavam numa enseada natural Jaraguá onde escoavam os carregamentos de madeira das florestas litorâneas. Este Porto também serviu, mais tarde, para o embarque do açúcar produzido pelos engenhos localizados nas proximidades.

No século XIX o algodão foi o grande produto de exportação. Em função deste produto vários comerciantes ingleses e de outros pontos da Europa vinham para o povoado.

Foi através do comércio em torno do ancoradouro de Maceió que o povoado cresceu e tornou-se vila em 05 de dezembro de 1815, e capital da Província das Alagoas em 09 de dezembro de 1839.

Hoje, a cidade de Maceió tem uma área de 512,8 km², com uma população de aproximadamente 900 mil habitantes e possui a quarta maior densidade demográfica do país, apenas atrás do Distrito Federal, São Paulo e Rio de Janeiro. Maceió é a principal cidade de Alagoas e exerce influência sobre todo o Estado e norte de Sergipe. A cidade tornou-se um centro industrial, comercial e de prestação de serviços.

A história da política rodoviária do Estado de Alagoas surge com a criação em 1948 da Comissão de Estradas de Rodagem CER, que foi

transformada pela Lei 2.776 de 11 de março de 1966 em Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Alagoas DER-AL, entidade autárquica, com personalidade jurídica e subordinada diretamente à Secretaria de Estado dos Negócios de Viação e Obras Públicas.

O órgão, então recém criado, assumiu a missão de planejar o sistema rodoviário e fomentar a sua integração; elaborar estudos, pesquisas, planos, programas e projetos de interesse rodoviário; participar na coordenação e integração dos transportes e serviços de infraestrutura no Estado, inclusive mediante cooperação com órgãos federais e municipais; e fiscalizar todos os serviços e obras relativas a estradas integrantes do Plano Rodoviário Estadual.

Atualmente, o Departamento de Estradas de Rodagem integra a Célula da Infra-Estrutura na administração estadual.

Restritamente a Maceió constata-se que a cidade cresceu sem direção. Milhares de famílias povoaram encostas e grandes avenidas foram abertas de forma inadequada. O Plano Diretor da cidade data de 1982, mas nunca foi implementado.

Há três anos, um segundo documento começou a ser elaborado com a participação de vários dos segmentos sociais. Este documento foi aprovado pela Câmara de Vereadores e a prefeitura da cidade deve começar ainda esse ano o processo de execução. O Plano Diretor foi aprovado pela Câmara de Vereadores. A intenção é promover a viabilidade de tráfego e permitir um crescimento ordenado da cidade.

Nesse novo Plano Diretor estão previstas diversas obras rodoviárias que serão imprescindíveis, como a duplicação da Avenida Gustavo Paiva, em Mangabeiras, e no cruzamento dela com a Avenida Leste-Oeste, uma passagem de nível será construída. Este projeto já está em andamento e faz parte do "plano emergencial" da Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito (SMTT).

Depois da duplicação da Avenida Gustavo Paiva, as obras vão seguir para a AL-101 Norte, onde se observa a origem e destino dos maiores fluxos de pessoas e veículos de Maceió. No Plano Diretor está prevista também a interligação dos transportes rodoviário, ferroviário e hidrovioário entre os bairros de Jaraguá e Fernão Velho, dois importantes bairros da cidade.

A capital das Alagoas possui como grande atrativo de turistas de todo o Brasil e do estrangeiro o seu belo litoral, com praias exuberantes e uma excelente infra-estrutura turística.

Foi neste cenário da cidade de Maceió que se realizou com grande sucesso a 13ª RPU Reunião de Pavimentação Urbana, nos dias 05, 06 e 07 de abril. O evento que acontece a cada dois anos é promovido pelo ABPv e teve o apoio da Prefeitura Municipal.

Na abertura do evento há que se ressaltar o eloqüente discurso proferido pelo engenheiro Edinaldo Afonso Marques de Mélo. E quando do encerramento, todos brindaram ao sucesso da Reunião com a apresentação musical do Prefeito José Cícero Soares de Almeida, exímio cantor de forró. Uma bela exaltação à cultura local.

A 13ª RPU deixa na lembrança dos 476 participantes uma bela recordação desses três dias de discussões, troca de experiência e confraternização.





Abertura do Eng.º Eduardo Alberto Ricci, Diretor Presidente da ABPv



Mesa das autoridades presentes no evento



Mesa com os palestrantes: Prof.ª Laura Maria Goretti da Motta (ao centro), Eng.º Dultevir Guerreiro de Melo (à esquerda) presidida pelo Prof. Cassio Eduardo Lima de Paiva (à direita).



O coquetel de boas vindas com a bela apresentação do grupo Folclórico SURURU DE CAPOTE



O Coordenador Geral do evento, Eng.º Edinaldo Afonso Marques de Mélo, o Prefeito de Maceió, José Cícero Soares de Almeida e o Diretor Presidente da ABPv, Eng.º Eduardo Alberto Ricci (da esquerda para direita).

PESQUISA SOBRE ENVELHECIMENTO DE MISTURAS ASFÁLTICAS EM USINA

A CENPES/PETROBRAS através de uma parceria com a empresa IMPERPAV Projetos e Consultoria está realizando um estudo sobre o efeito da usinagem nas propriedades mecânicas de misturas betuminosas, principalmente as produzidas nas usinas drum mixer de fluxo paralelo, devido a geração de vapor superaquecido que acarreta a extração de óleos constituintes do CAP, enrijecendo a mistura. O trabalho irá consistir nas seguintes etapas:

- Coleta de amostra de CAP no bico de carregamento do caminhão tanque nas refinarias REVAP, REPLAN, REGAP, REPAR, REFAP e RLAM;
- Coleta de amostra de CAP nos tanques de usinas - gravimétrica, drum mixer fluxo paralelo, contra fluxo ou triple drum;
- Coleta de amostras de agregados após sua mistura (mistura seca);
- Coleta de amostras de misturas recém produzidas;
- Ensaios de destilação por arraste por vapor saturado sobre as amostras de CAP coletadas nas refinarias e nas usinas;
- Determinação do teor de ligante e da distribuição granulométrica dos agregados das misturas recém produzidas;
- Recuperação do ligante das misturas recém produzidas;
- Determinação da distribuição granulométrica dos agregados das misturas secas;
- Correção, se necessário da granulometria das misturas secas;
- Moldagem de corpos de prova Marshall de misturas asfálticas preparadas em laboratório, com agregados constituintes das misturas secas e CAP coletado na usina com o mesmo traço das misturas recém produzidas;
- Moldagem de corpos de prova Marshall de misturas asfálticas das misturas recém produzidas;
- Determinação de resistência à tração e módulo de resiliência dos corpos de prova acima descritos. Os ensaios serão realizados nos laboratórios das Universidades UFRJ, USP São Paulo, UFRGS e UFC;
- Determinação da penetração e do ponto de amolecimento das amostras de CAP coletadas na usina e recuperadas das misturas recém produzidas.



A comparação dos resultados de misturas preparadas em usinas e em laboratório e as propriedades dos ligantes antes e após a usinagem permitirão avaliar o efeito da usinagem no envelhecimento das misturas.

Os resultados deste estudo fornecerão subsídios à Comissão Permanente de Asfalto do Instituto Brasileiro de Petróleo para revisão das especificações de cimentos asfálticos de petróleo, homologadas pela Resolução ANP N° 19, de 11.7.2005.

ARTIGOS TÉCNICOS

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.

A Operação Tapa-buraco e o Sistema de Gerência de Pavimentos

Sérgio Armando de Sá e Benevides

M.Sc. Professor DET/UFC Doutorando na COPPE/UFRRJ

Resumo - A chamada “operação tapa-buraco” iniciada em Janeiro deste ano pelo governo federal objetiva recuperar superficialmente o pavimento asfáltico existente, na profundidade da camada de revestimento asfáltico, além de outras intervenções. Questionamentos sobre esses serviços têm sido constantemente levantados, principalmente no que se refere à eficiência e a durabilidade destas intervenções, assim como sobre a forma emergencial como tem sido tratada. Este artigo procura mostrar que os Sistemas de Gerência de Pavimentos permitem que o planejamento das intervenções e a escolha das alternativas de manutenção e reabilitação (M&R) dos pavimentos sejam tratados de uma forma mais técnica, priorizando e otimizando os recursos disponíveis. Os modelos de previsão de desempenho dos pavimentos são importantes ferramentas que possibilitam um planejamento mais adequado das ações futuras.

1. Introdução - Recentemente um assunto tem sido bastante focado pela imprensa brasileira: a chamada “operação tapa-buraco”. Iniciada em janeiro de 2006 no chamado Programa Emergencial de Trafegabilidade e Segurança nas Rodovias, esta operação deve atingir 26.441 km de estradas federais e estaduais no País, com previsão de conclusão dos trabalhos ainda no primeiro semestre. Serão investidos R\$ 440 milhões no programa, média de aproximadamente R\$ 16.600,00/km. Inclui, além dos serviços para tapar buracos, outras intervenções como recomposição de pequenos trechos contínuos, recapeamento, restauração de pavimento e da sinalização horizontal, além da recuperação de pontes. Lamentavelmente não é a primeira vez que se assiste uma situação desta no setor rodoviário.

Vinte e cinco estados serão contemplados com estas obras. Destes, 14 receberão melhoramentos nas estradas transferidas pelo governo federal, para o controle dos Estados em 2002, que se comprometeu a melhorar a condição destas rodovias, por meio da MP 82. O governo pretende dar continuidade ao projeto, em uma segunda etapa do Programa, e vem acenando com investimentos da ordem de R\$ 1,8 bilhão, por meio de uma ação conjunta entre os Estados e o governo federal.

Alguns questionamentos foram levantados na imprensa, dentre eles, *“Nem todos os trechos tinham necessidade de ser tratados como emergência”*. *“Temos capacidade técnica para fazer a recuperação, mas não conservamos as rodovias”*. *“A obrigação era fazer a recuperação dia-a-dia”*. *“Estas intervenções deveriam ter sido feitas desde o início do governo e não deixadas para um ano eleitoral”*.

Cabe discutir estas afirmações e outras, começando por definir algumas premissas que nem sempre estão claras para os gestores não especializados em pavimentação bem como parece não serem do conhecimento da imprensa não especializada e dos usuários das rodovias em geral.

O primeiro aspecto a ser levantado é o que se aprende como lição inicial num curso de geotécnica rodoviária e de pavimentação: o pavimento é uma estrutura que é dimensionada para uma vida útil bem definida e curta em comparação com as outras obras civis. Quando se faz um projeto de um trecho de uma rodovia, em função do tipo de solo local, do clima e do tráfego previsto, definem-se materiais e espessuras de cada camada que comporá o pavimento em função de um período de tempo pré-definido, tipicamente de 10 a 20 anos. Mas isto não quer dizer que ao final deste tempo haverá necessidade de reconstruir todo o pavimento, mas pressupõe-se que haverá sim um novo aporte de capacidade estrutural através de medidas de reabilitação adequadas. Este tempo previsto de vida do pavimento, em anos, pode ser muito diferente do previsto se o tráfego estimado não corresponder ao realmente existente na rodovia ao longo dos anos: será muito menor se o tráfego for de volume maior ou mais pesado do que o previsto inicialmente no projeto.

A maioria absoluta das rodovias federais tem mais de 10 anos de vida de serviço, grande parte tem mais de 20 anos. Muitos trechos já foram recapeados, mas muitos ainda são os originais!

Em seguida se aprende que o pavimento, qualquer que seja seu revestimento, é uma estrutura que não tem ruptura súbita, ao contrário, apresenta defeitos que vão se acumulando desde a construção e abertura ao tráfego e a cada passagem de veículos, até atingir um nível tal que torna a superfície não adequada ao rolamento por: aumento excessivo da irregularidade, trincamentos, buracos, falta de aderência pneu - pavimento, etc. A degradação do pavimento também pode ser agravada pelo clima: chuvas e temperatura atuam como “carga” solicitando o pavimento e contribuindo para seu envelhecimento e perda de qualidade. O efeito acumulativo dos defeitos faz com que a degradação dos pavimentos tenha uma tendência exponencial, seja, a taxa de crescimento das irregularidades superficiais é crescente não linearmente com o tempo.

Para expressar esta contínua degradação dois conceitos foram estabelecidos desde a década de 1960: **serventia** e **desempenho**. O **desempenho** pode ser definido como a habilidade de um pavimento servir satisfatoriamente ao tráfego ao longo de um período de tempo e a **serventia** como a habilidade de um pavimento servir ao tráfego para o qual foi projetado, medida numa certa data (MOTTA, 1991).

De forma simplificada pode-se definir a serventia como a qualidade da superfície do pavimento sob o ponto de vista de conforto ao rolamento e de segurança ou como a capacidade estrutural que determinado segmento da via apresenta num tempo determinado. Caso se repita a avaliação desta qualidade, num mesmo segmento, em várias épocas distintas, desde a abertura ao tráfego, pode-se definir a curva de desempenho deste trecho. Estas avaliações feitas periodicamente permitem definir etapas de manutenção preventivas e corretivas que vão contribuir para diminuir a taxa de deterioração.

Caso estas intervenções de manutenção não sejam efetuadas, a degradação do pavimento se acelera a partir das primeiras fissuras e trincas que se abrem em função das flexões repetidas provocadas pelos eixos dos veículos em movimento, por permitirem a entrada de água nas camadas inferiores.

Portanto, de forma simplificada, a vida de um pavimento pode ser composta de vários ciclos, cada um resultante de várias etapas de manutenção e reforço estrutural, atualmente até acrescidos de possibilidades de reciclagem de camadas. Situações de correções “emergenciais” em larga escala como a atualmente executada, não deveriam ser necessárias, se o acompanhamento sistemático da serventia dos pavimentos das rodovias federais (ou de qualquer outra instância) fosse executado e os alertas de agravamento dos defeitos fossem seguidos de orçamentos adequados para suas correções à medida que aparecessem. Há normas de levantamento de serventia padronizadas pelo DNER e pelo DNIT que permitem fazer consistentemente estes levantamentos e até são feitos periodicamente pelo que se sabe. O que tem ocorrido sistematicamente é a falta de recurso para aplicar as medidas necessárias de correção dos problemas avaliados. O problema de gestão dos pavimentos não pode ser desvinculado então dos problemas de orçamentos anuais destinados ao setor.

2. A Operação Tapa-Buraco

Algumas considerações sobre a operação tapa-buraco começam com as definições seguintes:

.Tapa-buraco manual/mecânico: é o reparo superficial do pavimento asfáltico existente, na profundidade da camada de revestimento asfáltico, cuja execução se faz por processo manual ou mecânico. A distinção entre os dois processos é feita em função da área a ser recuperada. Pode ser adotado um critério que considere que quando a área é superior a 20 m² o processo seja considerado tapa-buraco superficial mecânico.

. As Painelas e/ou buracos são defeitos que possuem dimensões variadas, de natureza muito grave (alta severidade) que afetam estruturalmente o pavimento, permitindo o acesso indesejável das águas superficiais. Por interferirem no parâmetro de irregularidade longitudinal, afetam também às condições funcionais e, por conseqüência, o custo operacional dos veículos e a segurança do tráfego. As causas prováveis destes defeitos estão relacionadas com o estágio terminal de trincamento por fadiga e/ou desintegração localizada na superfície do pavimento (desagregação ou desgaste com alta severidade). Podem ocorrer em qualquer área do revestimento (DNER, 1998).

As irregularidades longitudinais, que é o parâmetro internacional mais utilizado na avaliação das condições funcionais dos pavimentos, são fortemente afetadas pela existência de painelas e também pela má execução dos remendos em uma operação tapa-buraco. Elas são decorrentes de problemas de construção ou de defeitos oriundos da ação do tráfego e do clima, principalmente das deformações permanentes do revestimento e do subleito.

As especificações da “*American Society for Testing and Materials*” - ASTM E-867-82^a, 1982, conforme PATERSON, 1987, definem as irregularidades longitudinais como sendo “*os desvios da superfície de um pavimento em relação a uma superfície plana, com características e dimensões que afetam a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento, o carregamento dinâmico e a drenagem*”.

Vários fatores causam o aumento da irregularidade com o tempo, dentre eles, a ação do tráfego, o meio ambiente (temperatura, água) e a qualidade da construção. Os movimentos e os esforços indesejáveis

gerados nos veículos pela irregularidade longitudinal levam a uma condição de rolamento desconfortável, insegura e antieconômica. HAAS et al., (1994) citam que a dinâmica dos veículos é afetada pelas distorções na superfície, e que estas causam desgaste, acréscimos no tempo de viagem e na manutenção. Portanto, as distorções que originam as irregularidades têm grande influência no custo de operação dos veículos, provocando também neles, os deslocamentos verticais e laterais, originados das respectivas acelerações.

Dada a sua importância na percepção de conforto dos usuários, vários países adotam índices de serventia baseados exclusivamente em medições de

irregularidade. A irregularidade longitudinal é, quase sempre, utilizada como fator decisivo na estimativa da vida útil do pavimento. HAAS E HUDSON, (1978), destacam que a irregularidade longitudinal não só é uma função do perfil do pavimento, como também é das características do veículo, incluindo pneus, suspensão, etc., assim como dependem da sensibilidade dos usuários quanto às variações de velocidades e de acelerações.

Há, notadamente, uma forte evidência de negligência dos administradores no setor rodoviário nos últimos anos, ocasionando, portanto, um processo de deterioração acelerada das rodovias e em consequência uma redução do patrimônio viário, avaliado em 300 bilhões de dólares, considerado o maior investimento público do país. Devido à importância econômica e ao valor patrimonial representado pelas rodovias, a conservação deve merecer uma especial atenção. O Estado tem o dever de proporcionar aos usuários, que pagam caros impostos, um alto padrão de serventia nas rodovias, devendo esta tarefa ser executada de forma contínua e não apenas em “determinadas ocasiões”. Acrescente-se também, outra grande deficiência, a evidente falta de controle de carga por eixo por meio de balanças, que sabidamente causa o desgaste prematuro dos pavimentos provocado pelo excesso de peso por eixo dos veículos. Deve-se também salientar que as atividades de manutenção e reabilitação (M&R) têm sido realizadas, na maioria das vezes, fora das recomendações técnicas, ocasionando grandes prejuízos financeiros para o poder público e para os usuários.

Partamos do princípio de que qualquer intervenção feita em termos de recuperação das rodovias é válida. Pior é não fazer nada quando é necessário. Porém, estas intervenções devem ser analisadas no ponto de vista técnico. Serão consideradas intempestivas? Será jogar

dinheiro fora? A estratégia adotada é viável? Há acompanhamento técnico na execução da operação pelos órgãos competentes? Estas perguntas podem ser respondidas de pronto por qualquer órgão ou agência que possua um sistema de gestão ou gerência de pavimentos, instalado e adequadamente funcionando.

3. Sistema de Gerência de Pavimento

A ausência de uma política consistente para a gerência de um sistema viário, do qual os pavimentos representam parcela significativa, tem contribuído para que haja desperdícios de recursos financeiros, de mão-de-obra qualificada e de equipamentos (PATERSON, 1987). Os Órgãos Rodoviários, de maneira geral, não detêm autonomia para definir a aplicação dos recursos financeiros para conservação e manutenção da sua malha rodoviária. Esta decisão geralmente é tomada por gestores da área financeira, sem maiores conhecimentos técnicos. Portanto, se faz necessária a existência de uma ferramenta com embasamento técnico confiável que expresse o estado atual e futuro da malha rodoviária, caso não sejam aplicados os recursos no momento adequado. A manutenção tardia desse patrimônio poderá gerar envelhecimentos precoces dos pavimentos, atingindo seu esgotamento num processo de deterioração irreversível. É nesse momento que a sociedade, através de seus usuários insatisfeitos, reclama por medidas urgentes para sanear a crise que poderia ser evitada com políticas de manutenção e reabilitação adequadas (BENEVIDES et al, 2004).

Os administradores dispõem de uma ferramenta essencial para suprir esta lacuna que é o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP). O SGP um conjunto de ferramentas que serve para auxiliar os tomadores de decisão na busca de estratégias viáveis, para avaliar, prover e manter os pavimentos em boas condições durante um determinado período de tempo (AASHTO, 1990). O objetivo principal do SGP é a utilização de um maior número possível de informações confiáveis e critérios de decisão que possibilitem o estabelecimento de um programa de construção, manutenção e reabilitação de pavimentos, dando o máximo retorno possível para os recursos disponíveis. Para que este objetivo seja alcançado, o SGP deve ser capaz de comparar, priorizar e alocar os recursos do seu programa de manutenção e reabilitação (M&R).

A manutenção é a preservação da condição do pavimento, da segurança e da qualidade de rolamento, enquanto que a reabilitação é um melhoramento estrutural ou funcional que produz uma extensão significativa na vida útil, melhorando substancialmente a condição do pavimento e a qualidade de rolamento. A manutenção e a reabilitação têm dois objetivos diferentes. Descrevê-los como grupos de técnicas distintas, obscurece a distinção entre eles, porque muitas técnicas são usadas tanto para manutenção quanto para reabilitação. Milhões de dólares são gastos em manutenção e reabilitação de pavimentos todos os anos. Porém, ainda não podem ser quantificados os efeitos iniciais e em longo prazo de diferentes tratamentos de manutenção e de reabilitação em desempenho de pavimentos (LTPP, NCHRP, 2002, Project 20-50(03/04)).

As atividades de manutenção geralmente utilizadas são preventivas e corretivas. A primeira é aplicada no estágio inicial e a última na fase mais extensiva de deterioração do pavimento (KHATTAK e ALRASHIDI, 2004). Sempre que possível, é recomendável a execução das atividades de manutenção preventiva e/ou rotineira, por resultarem em um baixo custo e, se executadas de

forma correta e periódica, irão adiar por longos períodos as atividades de manutenção programadas, que resultam em um custo muito superior. A figura 1 apresenta o Fluxograma de um SGP com alternativas das estratégias de M&R (FERNANDES, JR. et al., 2003).

A Figura 2, modificada de (HAAS e HUDSON, 1978), é bastante conhecida no meio técnico rodoviário, mas parece não ser do conhecimento dos gestores dos recursos federais. Apresenta a inter-relação entre o Índice de Serventia, a vida útil do pavimento e o efeito causado pela postergação na aplicação das atividades de manutenção requeridas. Verifica-se que o Índice de Serventia teve uma queda de 40%, após o pavimento consumir 75% de sua vida útil. Nos 17% seguintes de vida útil, o Índice de Serventia caiu mais 40% evidenciando a importância da intervenção de manutenção. Como se pode notar na figura 2, ao se deixar de aplicar R\$ 1,00 na época certa, com índice de serventia de aproximadamente 2,5, este valor passa de R\$ 1,00 para R\$ 4,00 se aplicado após a perda de serventia (índice de serventia menor do que 1), implicando em um aumento de 300% no custo das atividades de manutenção, devido à postergação.

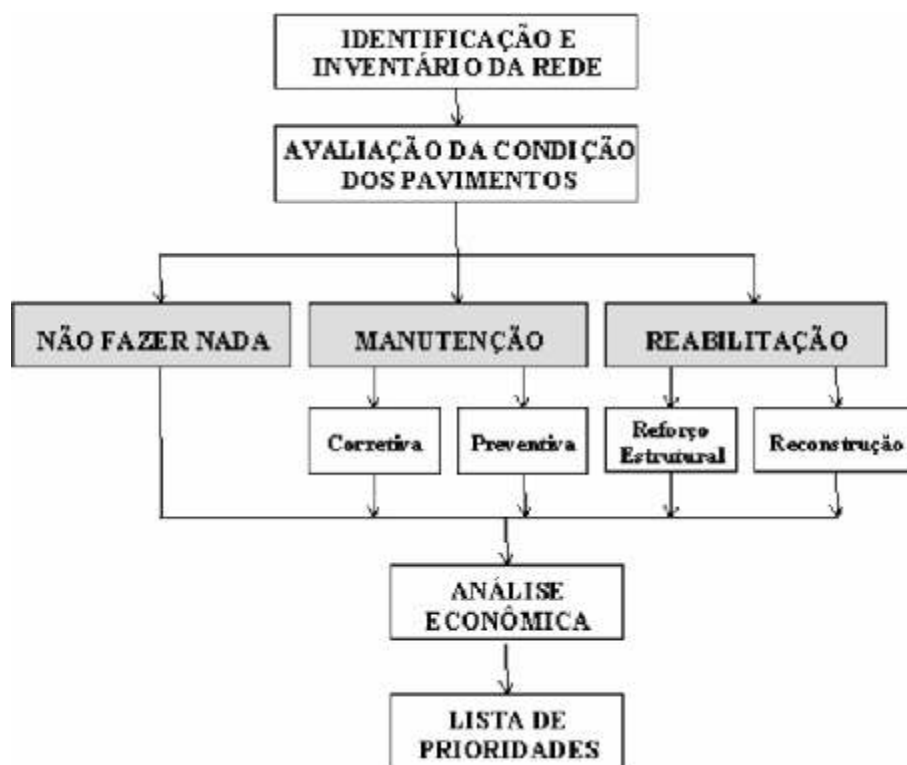


Figura 1 Fluxograma de um SGP com alternativas das estratégias de M&R (FERNANDES, JR. et al., 2003).

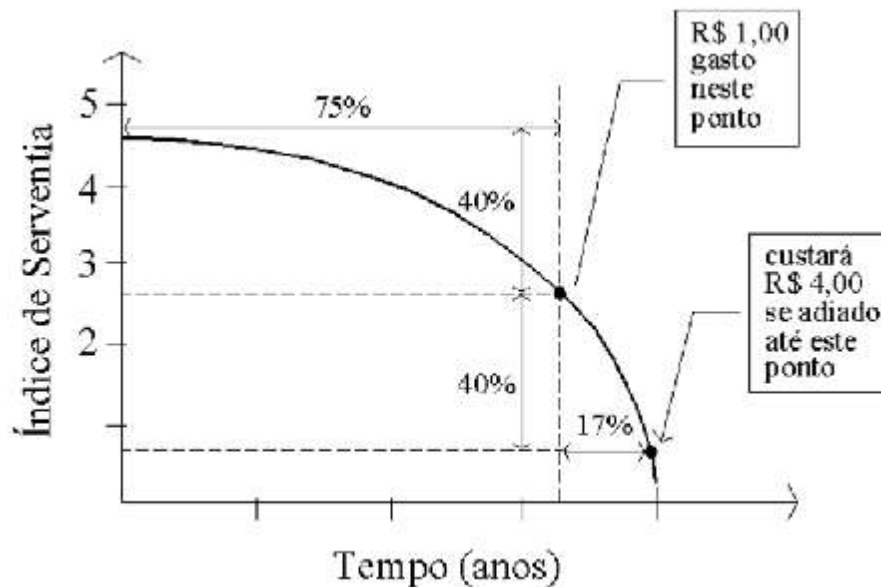


Figura 2 Inter-relação entre Índice de Serventia, a vida útil do pavimento e o efeito causado pela postergação na aplicação das atividades de manutenção, adaptado de (HAAS e HUDSON, 1978).

O SGP deve permitir que os tomadores de decisão possam escolher as melhores estratégias de M&R e posteriormente analisar e avaliar os resultados. O SGP é projetado como uma ferramenta de planejamento estratégico para a administração superior e como uma ferramenta de engenharia para os tomadores de decisões técnicas (AASHTO, 1990).

O processo de tomada de decisão em um SGP tem sido dividido em dois níveis (HAAS et al., 1994): de rede e de projeto. As atividades de planejamento, de programação e de orçamento estão incluídas nas decisões em nível de rede, enquanto que em nível de projeto, estão as atividades de dimensionamento, de construção e de manutenção.

Os dois níveis têm como referência o banco de dados que deve ser atualizado por retro - alimentação, seja um procedimento que periodicamente revê os dados e as informações de uma rede. Esta atualização é realizada com o uso de pesquisas e estudos especiais. Na Figura 3 é apresentado um Fluxograma de um sistema de gerência de pavimentos, modificada de HAAS et al., 1994.

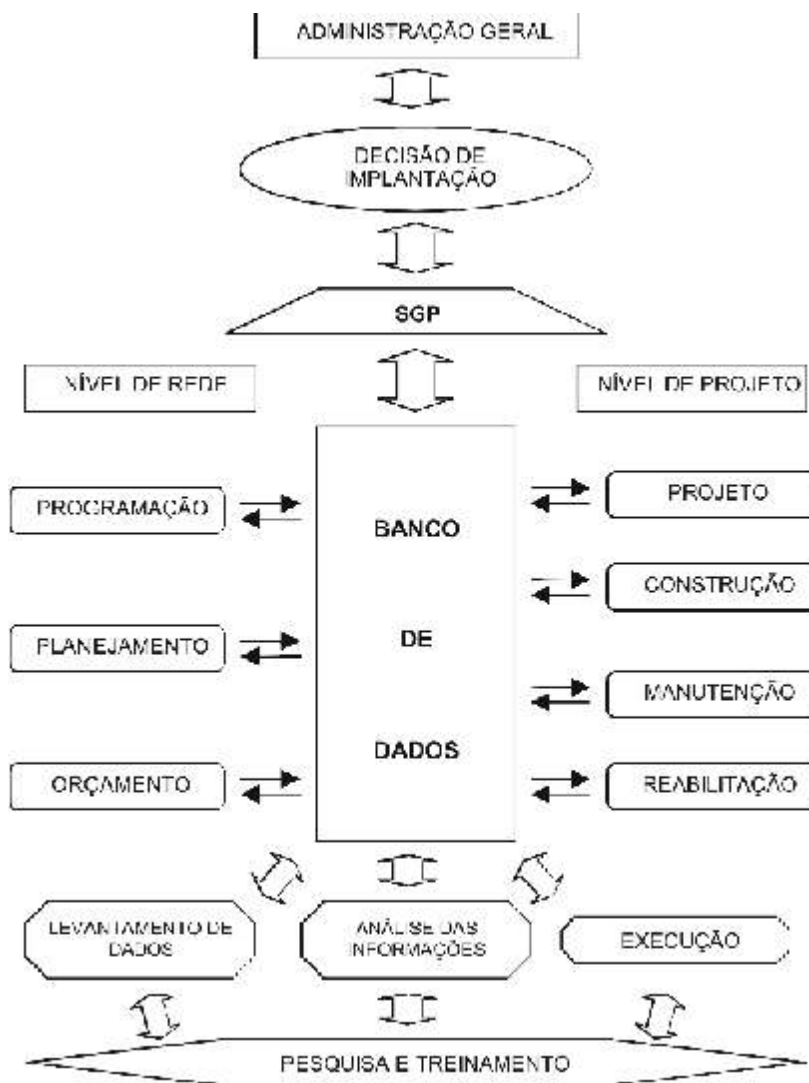


Figura 3 Fluxograma de um sistema de gestão de pavimentos, modificada de HAAS et al., 1994.

O SGP possibilita, para um determinado período de análise, onde são utilizados parâmetros de fácil medição para avaliação de condição, além do banco de dados, que sejam consideradas as alternativas de estratégias de manutenção, gerando assim modelos de previsão de desempenho e deterioração. Um elemento essencial em qualquer SGP é a disponibilidade de dados precisos e confiáveis. Para muitos administradores, nos custos totais de um SGP, a coleta de dados é o componente de maior custo unitário. Por causa disso, existe uma tendência para o uso de equipamentos automáticos, permitindo que uns significativos volumes de dados sejam coletados e processados rapidamente, utilizando altas velocidades e com pequenas interrupções do tráfego. Os itens mais comuns que são coletados desta forma nos pavimentos asfálticos, são:

irregularidade, trilha de roda e rugosidade (BENNETT, 1998).

A análise econômica permite que sejam avaliadas as alternativas de M&R e se constitui numa ferramenta de tomada de decisão, em função de critérios preestabelecidos. Devem ser levados em consideração nesta análise os fatores: políticos, econômicos e sociais. A função social de uma rodovia não pode ser desprezada quando se efetua a análise da relação benefício/custo. As análises das prioridades se fazem necessárias para que sejam otimizadas as aplicações dos recursos. A finalidade é maximizar os benefícios ou minimizar os custos sob restrições.

Para uma política adequada de gestão da malha rodoviária é preciso que se estabeleça um

planejamento das ações de conservação e manutenção. Para o desenvolvimento destas ações estão incluídos os seguintes fatores (BENEVIDES et al, 2004):

- Conhecimento da malha rodoviária conservada;
- Conhecimento das condições estruturais dos pavimentos;
- Conhecimento das condições estruturais e funcionais dos elementos rodoviários (extrapista);
- Definição dos serviços aplicáveis à conservação e manutenção da malha rodoviária;
- Elaboração de algoritmos para o cálculo estimado dos tipos e das quantidades de serviços necessários à conservação e manutenção;
- Determinação dos custos dos serviços previstos;
- Cálculo dos recursos necessários para garantir um nível de qualidade satisfatório para a malha rodoviária;
- Priorização das atividades de acordo com os recursos disponibilizados pelas fontes de financiamento da conservação e manutenção da malha;
- Elaboração dos Planos Periódicos de Conservação e Manutenção.

Um aspecto importante de ser destacado é o fato de que os resultados de uma gerência deficitária de uma rede pavimentada, que não contempla o estabelecimento adequado de Planos Plurianuais de Investimentos (PPI), somente são sentidos com o decorrer do tempo. A definição dos investimentos em manutenção por parte de um órgão rodoviário passa por um processo decisório de elevada complexidade. Os PPIs visam estabelecer as prioridades para intervenções periódicas, bem como preestabelecer as soluções, os custos e as épocas adequadas.

4. Modelos de Previsão de Desempenho

Os modelos de previsão de desempenho se tornaram os elementos-chave em um Sistema de Gerência de Pavimentos (ROHDE et al., 1998). Eles permitem por meio de parâmetros estabelecidos que sejam controladas as condições funcional e estrutural dos pavimentos.

Nos procedimentos de Gerência de Pavimentos, os órgãos governamentais, de todos os níveis, eram solicitados a tomar decisões considerando a escolha do tipo e do momento de execução dos serviços de manutenção, de reabilitação e de reconstrução dos pavimentos. O processo de decisão era usualmente baseado em abordagem tradicional, ou seja, muitas vezes se considerava experiências locais, quase sempre sem dados devidamente documentados e que, na maioria das

vezes, as preferências ou prioridades eram estabelecidas de forma subjetiva e muitas vezes por necessidades ou ações políticas. Esse procedimento está sendo menos aceitável e se deve ter um maior rigor na aplicação dos recursos públicos que estão cada dia mais limitados (AASHTO, 1990).

A acurácia na previsão do desempenho dos pavimentos é importante para a eficiência do gerenciamento da infraestrutura de transportes. Reduzindo o erro na previsão de deterioração dos pavimentos, os órgãos rodoviários podem obter significativos ganhos orçamentários, tomando medidas de decisões no tempo certo, advindas de um planejamento mais eficiente. Os modelos de deterioração dos pavimentos não são somente importantes para os órgãos rodoviários gerenciarem as suas redes de rodovias, mas são também utilizados em estudos para regulagem de cobrança de tarifas nas rodovias. Nestes estudos, são elementos fundamentais, os dados de entrada, o acompanhamento da deterioração dos pavimentos em função do tempo e a relativa contribuição de vários fatores para a deterioração. Os modelos de previsão possibilitam quantificar a contribuição das variáveis mais relevantes para a deterioração dos pavimentos (PROZZI e MADANAT, 2003).

Os usos dos modelos de previsão em um SGP abrangem (HAAS et al., 1994 e PATERSON, 1987):

a) Em nível de rede:

- Planejamento orçamentário;
- Programação de Inspeção;
- Priorização de serviços;
- Análise de contingências.

Os objetivos principais são:

- Decisão sobre tipo de M&R requerida;
- Decisão sobre oportunidade de intervenção;
- Decisão sobre abrangência e vulto de M&R.

b) Em nível de projeto:

- Definição de alternativas específicas de M&R;
- Projeto preliminar das alternativas;
- Análise dos custos no ciclo de vida da cada alternativa.

Os objetivos principais são:

- Análise comparativa econômica de cada alternativa;
- Seleção de projeto.

Os modelos de previsão de desempenho são concebidos por critérios estabelecidos que condicionem os níveis mínimos de serventia exigidos e as limitações de recursos. O sistema deve ser ajustado de forma contínua para que haja aferição das previsões e para que as condições estabelecidas sejam atendidas. Deve haver também, de uma forma dinâmica, uma participação integrada e coordenada das áreas que estão envolvidas com a construção, com a manutenção e com as suas interfaces (SILVA, 2002)

QUEIROZ, (1981), destaca que os modelos de desempenho exprimem os comportamentos dos

pavimentos em função das variáveis: dependentes (irregularidade longitudinal, afundamentos, índice de serventia, deflexões, trincas) e explicativas (estrutura do pavimento, tráfego e condições climáticas).

DEWAN e SMITH, (2002), utilizaram modelos relacionando o Índice de Irregularidade longitudinal (IRI) com o Custo de Operação dos Veículos COV (VOC), com a fadiga (F) e com Afundamento (A) e com o ICP (PCI) que é um índice de condição composto para o segmento da rodovia, calculado para os tipos de defeitos presentes na superfície do pavimento. Os valores do ICP variam de 0 (zero) para a pior condição a 100 (cem) para a melhor. As constantes a e b são valores tirados em função dos quatro tipos de veículos (carro de passageiro, caminhões pequenos, médios ou articulados). Os modelos são mostrados nas equações 1 a 4, a seguir:

$$VOC = e^{(a + b \cdot IRI)} \quad (1)$$

$$IRI = 0,15 (100 - ICP) \quad (2)$$

$$IRI = 0,597 \cdot IRI \text{ (inicial)} + 0,0094 \cdot (\% \text{ de F}) + 0,00847 (A) + 0,382 \quad (3)$$

$$VOC = e^{a + 0,15 b (100 - ICP)} \quad (4)$$

SALEH e MAMLOUK, (2002), desenvolveram um modelo de regressão para estimar a irregularidade em função do número de repetições de carga, do eixo de carga, da espessura da camada de concreto asfáltico e da irregularidade inicial. O modelo é apresentado na equação 5.

$$IRI = -1.415 + 0.00129 \sqrt{N} + 0.000113T + 2.923 \sqrt{IRI_0} - 5.485 * 10^{-10} P^4 - 10^{-5} T \sqrt{N} + 5.777 * 10^{-12} P^4 \sqrt{N} \quad (5)$$

onde:

IRI = Índice Internacional de Irregularidade, m/km;

N = Número de Cargas Repetidas;

P = Carga Axial, em kN;

T = Espessura da camada de concreto asfáltico em mm;

IRI₀ = Valor do IRI inicial, em m/km.

Na Pesquisa de Inter-relacionamento de Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias (PICR) foram desenvolvidos diversos modelos de previsão de desempenho com dados coletados em sessenta e três segmentos de pavimentos (GEIPOT, 1981). As equações que expressam os modelos foram obtidas, umas classificadas como empírico - mecánísticas, algumas empíricas, utilizando análise de cumieira ou por regressão múltipla utilizando o método dos mínimos quadrados (QUEIROZ, 1981).

Alguns modelos empíricos, utilizando regressão são a seguir apresentados. Para estimar a irregularidade longitudinal do pavimento, com variáveis independentes deflexões, número N, idade e número estrutural, tem-se as expressões seguintes:

$$\bullet \quad QI = 12,63 - 5,16ER + 3,31TS + 0,393A + 8,66 (\log NA/NEC) + 7,17 \times 10^{-5} + (D_{VB} \times \log NA)^2 \quad (6)$$

$$R^2 = 0,52 \quad EP = 10,22$$

$$\bullet \quad \text{Log } QI = 1,487 - 0,1383 ER + 0,000795 A + 0,0224 (\log NA/NEC)^2 \quad (7)$$

$$R^2 = 0,26 \quad EP = 0,13$$

Estimativa do valor de N necessário até o surgimento da primeira trinca:

$$\bullet \quad \text{Log } N = 1,205 + 5,96 \log NEC \quad (8)$$

$$R^2 = 0,52. \quad EP = 0,44$$

Estimativa de evolução do trincamento dos pavimentos:

$$\bullet \quad CR = -18,53 + 0,0456 (D_{VB} \times \log NA) + 0,00501 (D_{VB} \times A \times \log NA) \quad (9)$$

$$R^2 = 0,64. \quad EP = 12,62.$$

onde:

Log QI = logaritmo decimal do índice de quarto de carro;

QI = quociente de irregularidade (contagens/Km);

ER = variável indicadora do estado de reabilitação (ER = 0, como construído; ER = 1, reabilitado);

TS = variável indicadora do tipo de revestimento (TS = 0, para concreto asfáltico; TS = 1, para tratamento superficial duplo);

A = idade do pavimento desde a reconstrução ou reabilitação, em anos;

NA = número equivalente de solicitações do eixo padrão de 80 KN ou 8,2 tf, calculado pelo método da AASHTO ou GEIPOP;

NEC = número estrutural corrigido;

D_{VB} = deflexão máxima medida pela viga Benkelman, em 0,01 mm;

R^2 = coeficiente de determinação;

EP = erro padrão.

A Figura 4 mostra a evolução do trincamento dos pavimentos em relação ao tráfego e a idade do pavimento, tendo como base a expressão 8.

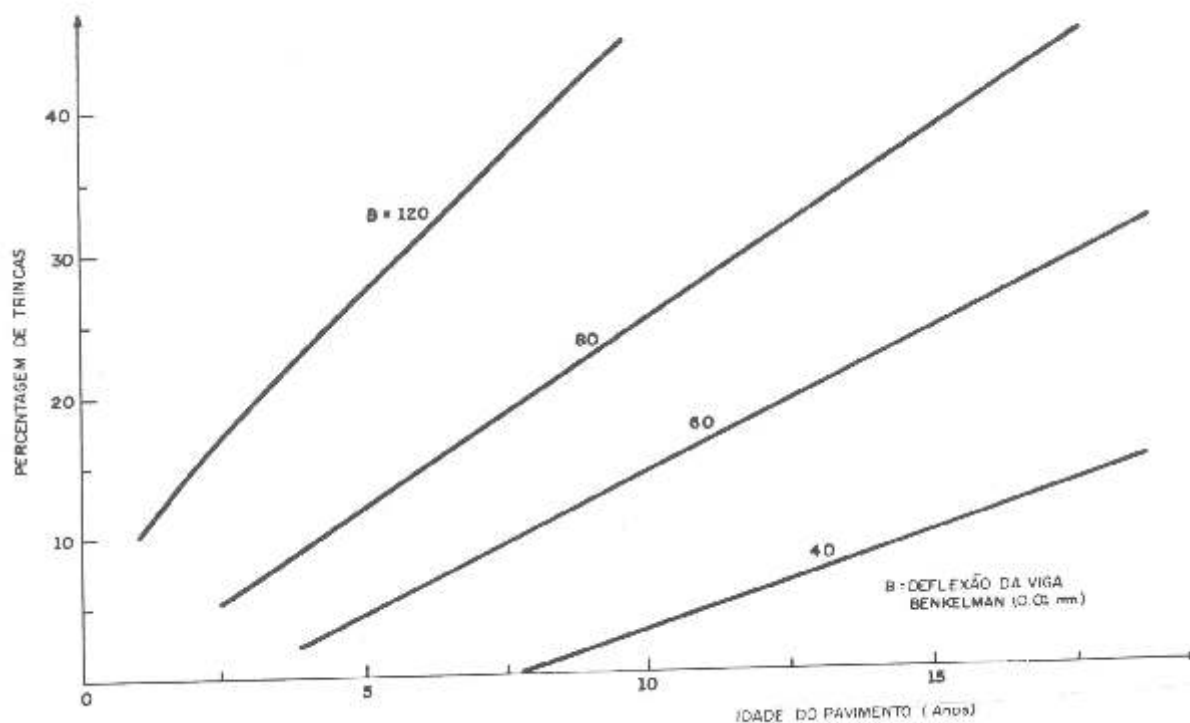


Figura 4. Evolução dos trincamentos dos pavimentos, de acordo com a equação 8 (GEIPOP, 1981).

5. Exemplo de aplicação de SGP

A título de exemplificar a aplicação do SGP no planejamento das ações de M&R, e de como as restrições orçamentárias interferem neste planejamento, mostra-se na Tabela 1 um resumo da condição da malha federal avaliada em 2001 e nas figuras 5 a 8 as propostas de M&R sob vários cenários de restrições orçamentárias. Para se proceder uma análise econômica, desenvolveu-se uma

avaliação através de cenários, variando-se desde um orçamento sem restrição até uma forte restrição orçamentária, utilizando o modelo de avaliação econômica HDM/EBM, com base em critérios adotados pelos bancos financiadores de obras rodoviárias no país, o que é mostrado nas figuras 5 a 8.

Tabela 1. Condição da malha federal pavimentada e não concessionada em levantamento gerencial de 2001 (DNER, 2001)

Região	Extensão Levantada	Bom	Regular	Mau
Centro-Oeste	8.234,1	11,8%	34,9%	53,3%
Nordeste	16.086,7	15,6%	45,0%	39,4%
Norte	4.010,9	25,9%	31,4%	42,7%
Sudeste	8.725,7	8,9%	47,4%	43,7%
Sul	5.075,3	19,9%	49,1%	31,1%

Algumas conclusões deste levantamento foram (DNER, 2001):

- Com relação ao padrão de conforto e segurança ao rolamento, aproximadamente 58% da extensão total da malha apresentava características de estado de superfície regular e boa,
- Tendo em vista que a idade média das últimas restaurações em 80% dos casos era superior a 10 anos, esperava-se que grande parte dos pavimentos dessa malha não apresentasse deficiências de natureza estrutural, porém era fácil verificar que como o volume de investimentos no setor era (à época e ainda é, lamentavelmente) muito baixo, este quadro tende a se alterar em pouco tempo;
- Observou-se que 55% da malha apresentava Volume Médio Diário de Tráfego (VMD) inferior a 2.000 veículos e 23% apresenta VMD entre 2.000 e 3.000 veículos/dia, favorecendo dessa forma a manutenção das condições estruturais originais dos pavimentos;
- Em rodovias predominância de tráfego de veículos pesados observa-se menor tempo de vida útil do pavimento; geralmente ocasionando afundamento, devido ao excesso de peso que ocorre com grande frequência;
- As conclusões acima indicam que a recuperação dos pavimentos da malha rodoviária federal está associada predominantemente a medidas de intervenção dos tipos *correção de superfície* ou *recuperação do revestimento asfáltico*.

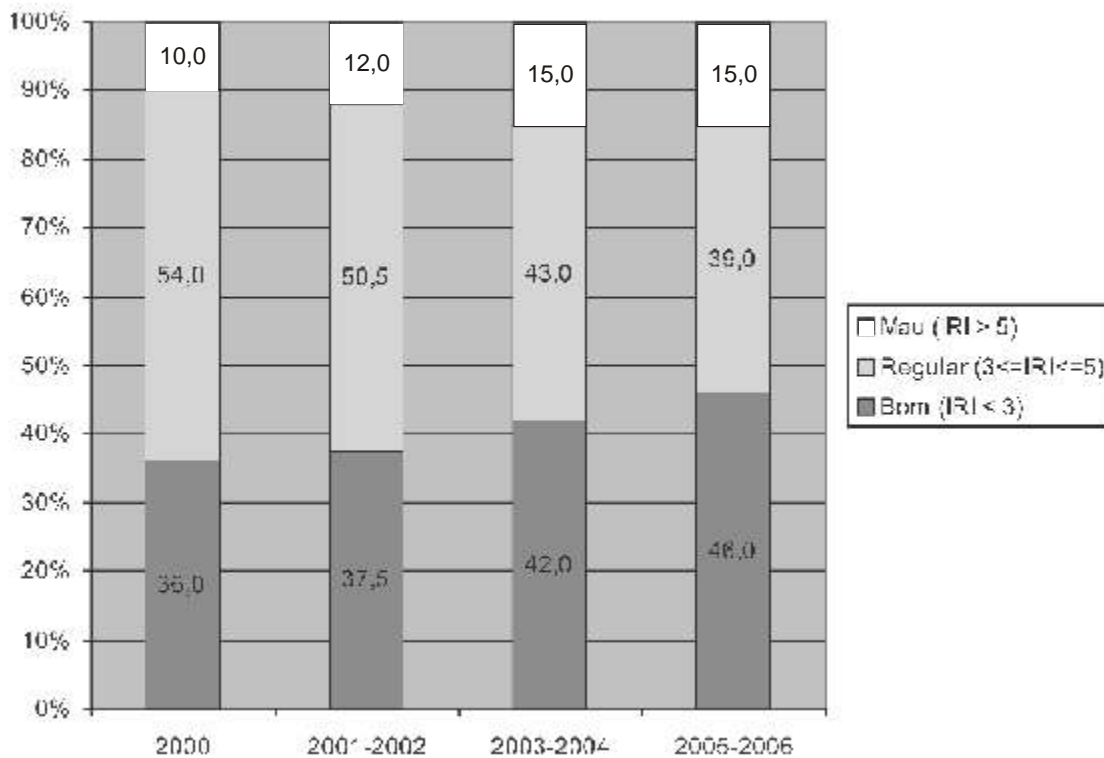


Figura 5. Análise da condição da rede rodoviária federal em 2001
Cenário 1 - R\$ 470 Milhões/Ano

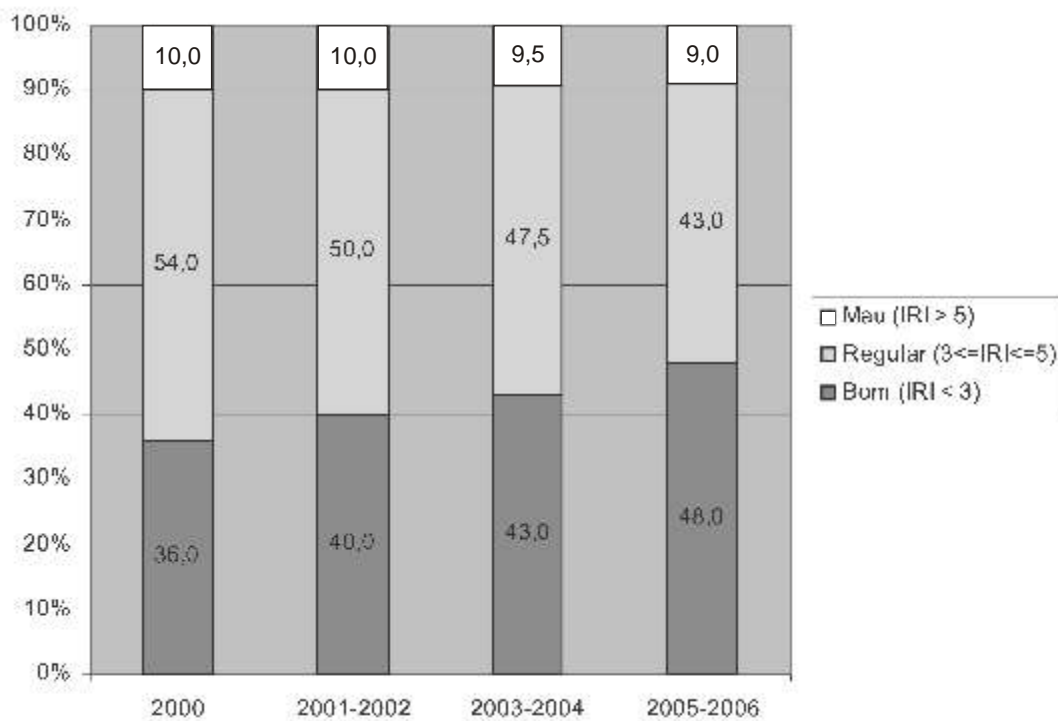


Figura 6. Análise da condição da rede rodoviária federal em 2001
Cenário 2 - R\$ 650 Milhões/Ano

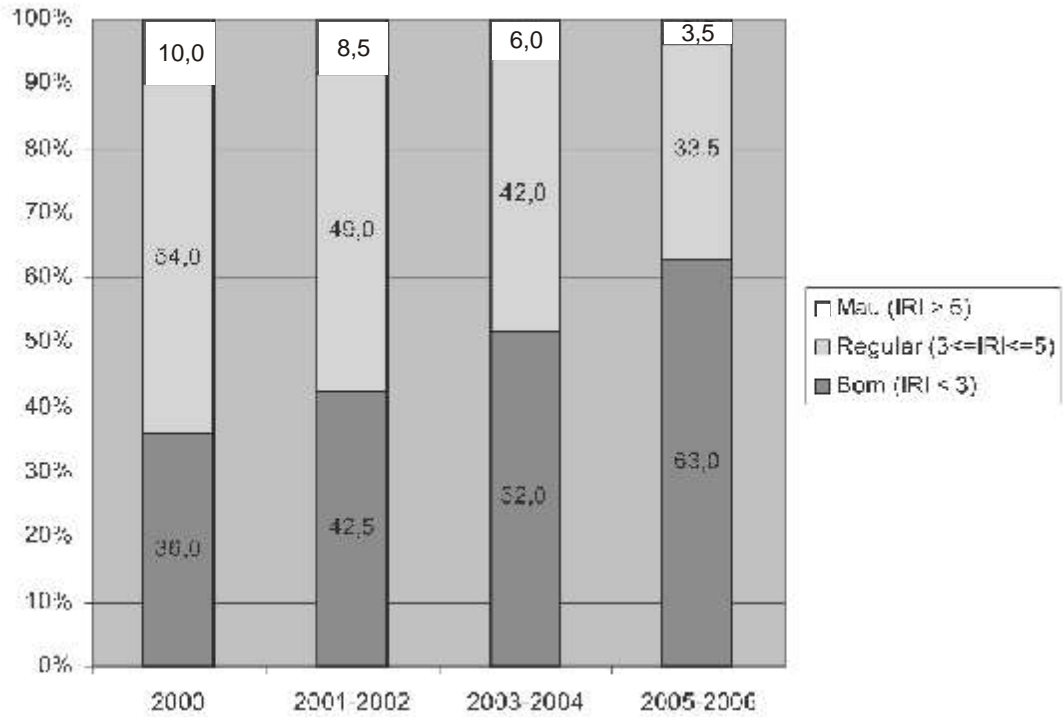


Figura 7. Análise da condição da rede rodoviária federal em 2001
Cenário 3 - R\$ 790 Milhões/Ano

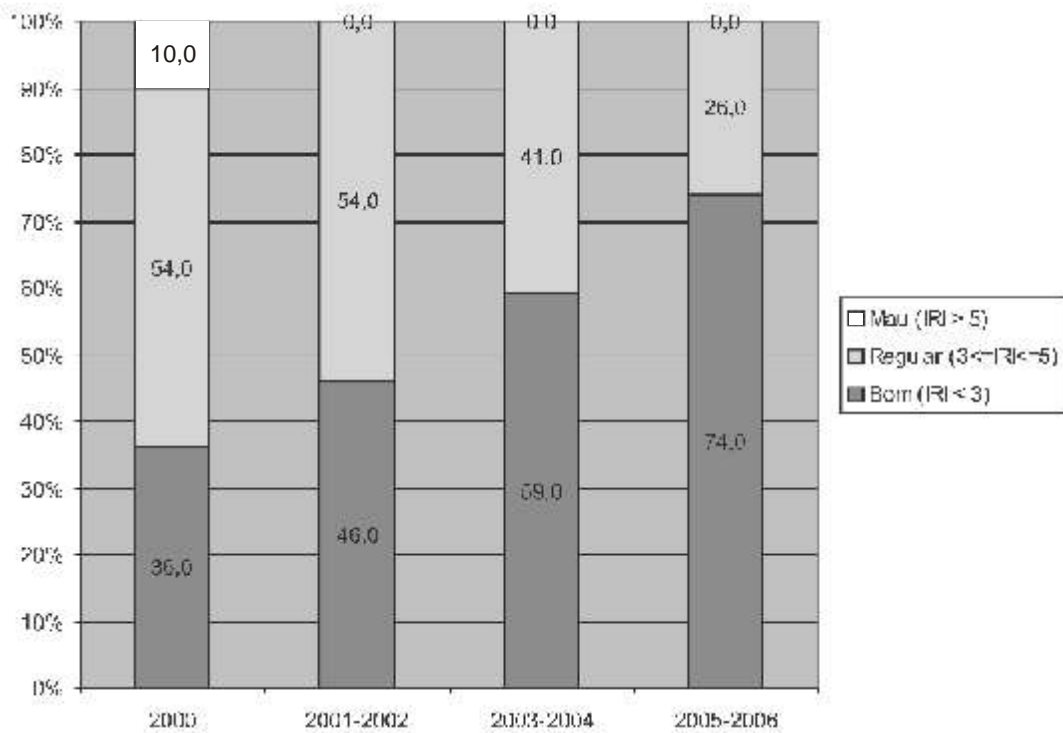


Figura 8. Análise da condição da rede rodoviária federal em 2001
Cenário 4 - Sem restrições orçamentárias - R\$ 1200 Milhões/Ano

Percebe-se claramente das figuras 5 a 8 que a situação de serventia esperada da malha rodoviária federal só podia ter se agravado a cada ano pois os orçamentos realizados, não só agora mas há muito tempo, foram muito aquém dos necessários. Portanto, técnicas de avaliação e planejamento existem e têm sido aplicadas, para demonstrar a necessidade de manutenção do setor rodoviário, os financiamentos ao contrário não têm sido adequados e continuam escassos.

6. Conclusão

Neste trabalho procura-se mostrar a importância de um Sistema de Gerência de Pavimentos na priorização de

serviços de restauração de pavimentos. Espera-se que caso haja continuidade dos trabalhos da chamada “operação tapa-buraco” de 2006, para a utilização de 1,7 bilhão previstos para uma próxima etapa, seja feito melhor planejamento das intervenções e a escolha das alternativas de manutenção e reabilitação (M&R) dos pavimentos sejam tratados de forma técnica, priorizando e otimizando os recursos mas que há necessidade que estes estejam disponíveis anualmente, com continuidade e com volume adequado para atender as necessidades que se crescem a cada ano.

Referências:

- AASHTO, 1990, “Guide for Design Management Systems”. American Association of the State Highway and transportation Officials. Washington DC.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM E-867-82A., 1982, Standard Definition of Terms Relating to Traveled Surface Characteristics. In: Annual Book of ASTM Standards Philadelphia, v. 01.05.
- BENEVIDES, S.A. S., CHAVES, F. J, MOTTA, L. M. G. et al., 2004, “Análise do Comportamento da Malha Rodoviária do Estado do Ceará sob Condições de Restrição Orçamentária”. In: 35ª Reunião Anual de Pavimentação, Rio de Janeiro, Brasil.
- BENNETT, C.R., 1998, “Evaluation of a High Speed Transverse Profile Logger”. 4th International Conference on Manening Pavements, South Africa.
- BERTOLLO S. A. M. e FERNANDES JÚNIOR, J. L., 1997, “Métodos Estocásticos para Previsão de Desempenho e sua Utilização em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos”. In: *Anais XI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET*, v. 3, p. 357-369.
- DEWAN, S. A. e SMITH, R. E., 2002, “Estimating IRI from Pavement Distress to Calculate Vehicle Operate Costs for the Cities and Counties of san Francisco Bay Area”. In: Transportation Research Board 81nd Annual Meeting Washington, D.C.
- DNER SGP, 2001, “DNER : Sistema de Gerência de Pavimentos”. Resultados de Setembro 2001.
- DNER, 1998, “Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos”. IPR/DNER/ABNT Publ. 704, 1 ed. Rio de Janeiro, 243 p.
- GEIPOT, 1981, “Pesquisa de Inter-Relacionamento de Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias (PICR)”. Relatório final 12 volumes, Brasil.
- HAAS, R., HUDSON, W. R., 1978 *Pavement Management Systems*. EUA: McGraw-Hill.
- HAAS, R., HUDSON, W.R. e ZANIEWSKI., 1994, “Modern Pavement Management”. *Krieger Publishing Company*, Malabar/Florida.
- KHATTAK, M.J. e ALRASHIDI, M., 2004, “Evaluation of Maintenance Treatments of Flexible Pavements Using LTPP Data”. In: Transportation Research Board 83th Annual Meeting Washington, D.C.
- LTPP, 2002a, “Data Analysis: Effectiveness of Maintenance and Rehabilitation Options”. NCHRP Web Documents 47, Project 20-50(3/4). In: Transportation Research Board.
- MOTTA, L. M. G., 1991, *Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis; Critério de Confiabilidade e Ensaio de Cargas Repetidas*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- PATERSON, W.D.O., 1987, “Road Deterioration and Maintenance Effects Models for Planning and Management”. The World Bank, Baltimore. The John Hopkins University Press.
- PROZZI, J.A. e MADANAT, 2003, “Empirical-Mechanistic Model for Estimating Pavement Roughness”. In: Transportation Research Board 82th Annual Meeting Washington, D.C.
- QUEIROZ, C.A.V., 1981, “Performance Prediction Models for Pavement Management in Brasil”. Austin. *Dissertation for Degree of Doctor of Philosophs*. University of Texas, Austin.
- ROHDE, G. T.; JOOSTE, F., SADZIK, E. Et al, 1998, “The Calibration and Use of HDM-IV Performance models in a Pavement management System”. In: 4th International Conference on Manening Pavements, South Africa.
- SALEH, M. F. e MAMLOUK, M.S., 2002, “Calibration and Verication of a Mechanistic Pavement Roughness Performance Model”. In: Transportation Research Board 81nd Annual Meeting Washington, D.C.
- SILVA, L.F.M., 2002, “Fundamentos Teórico-Experimentais da Mecânica dos Pavimentos Ferroviários e Esboço de um Sistema de Gerência Aplicado à Manutenção da Via Permanente”. Tese D.Sc. COPPE/UFRJ.

Critério de Escolha e Recomendações Construtivas para Base de Pavimentos de Solo Arenoso Fino Laterítico (SAFL)

Douglas Fadul Villibor

LENC - Laboratório de Engenharia e Consultoria Ltda.

douglas.villibor@lenc.com.br

Tel (11) 2134-7577

1 INTRODUÇÃO

Inicialmente, ressalta-se que esta publicação técnica é resultado dos trabalhos desenvolvidos pelo autor e pelo Eng. Job Shuji Nogami e, portanto, sua autoria deve ser creditada a ambos.

No Estado de São Paulo, o uso rotineiro de bases de “Solo Arenoso Fino Laterítico” (SAFL), deu-se praticamente após 1975. Até então esses solos “in natura” só eram usados, rotineiramente em pavimentação, como camadas de reforço do subleito ou sub-bases.

Por consequência a técnica conhecida, empregada e testada para a construção dessas camadas, era aquela compatível com as funções de camadas inferiores do pavimento. Como essas camadas são confinadas pela base e, eventualmente, pela sub-base, não havia preocupação do meio técnico com outros aspectos tais como trincamento, qualidade do acabamento da superfície, etc. Para aferir a qualidade dos subleitos e sub-bases, limitava-se à obtenção de um grau de compactação que garantiria um suporte, expresso em termos de CBR especificado para a camada.

Já no caso do uso do SAFL como base, ou-

tras características são decisivas para o seu sucesso. A camada de base, embora seja igualmente construída com o solo “in natura” – que pode ser exatamente igual ao do reforço – não mais terá o confinamento superior pois receberá, apenas, uma camada de revestimento betuminoso esbelto, com espessura da ordem de 1,5 a 2,5 cm. A camada deverá resistir aos esforços da construção desse revestimento e ligar-se bem a ele, pois estará sujeita a esforços verticais e horizontais intensos, do tráfego, e mais exposta à ação das intempéries.

Para a construção de camadas que tenham essas propriedades, foi necessário o desenvolvimento de certos detalhes da técnica construtiva que serão aqui expostos. As características principais, além da capacidade de suporte, seriam: a boa ligação da base com a capa, a resistência dessa interface e uma integridade estrutural caracterizada por ausência de “lamelas” e por apresentar determinadas características hídricas adequadas.

Um dos aspectos mais importantes dessa abordagem diz respeito à densidade da camada. O conceito generalizado no meio técnico de que, para obter-se uma camada com características satisfatórias o que importa é a obtenção de uma densidade seca máxima, no caso do SAFL precisa ser

encarado com reserva e cuidado, como será mostrado. Mostrar-se-á também que, embora todos os solos usados em bases de SAFL sejam arenosos, a amplitude de propriedades mecânicas e hídricas é grande, a qualidade da camada pode diferir substancialmente e a técnica construtiva não é a mesma para todas as suas variedades. O princípio um tanto difundido de que, para todos os solos arenosos pode-se usar a mesma técnica de execução, não se aplica aqui.

A divulgação da técnica e dos defeitos, reveste-se de considerável importância pois essas bases vêm sendo largamente utilizadas em rodovias vicinais, pavimentação urbana e pequenos aeródromos e, se não forem construídas com a técnica correta, podem redundar em fracassos. O técnico desavisado pode atribuir esses defeitos ao material quando, em realidade, a causa pode ter sido o emprego de métodos de construção que não são apropriados ao material usado.

Isto posto, este trabalho tem por meta dar um critério de escolha e uma orientação sobre a técnica construtiva adequada a cada variedade de solo, dentre os solos arenosos finos lateríticos; também serão comentados os defeitos causados pelo emprego de técnicas construtivas inadequadas. As recomendações são baseadas na experiência dos autores, adquirida na supervisão da construção de diversos trechos nos Estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, completada pelas informações de técnicos que executam esse tipo de base. O texto fundamenta-se, em parte, em Villibor (1981), mas traz, também, os progressos mais recentes. São leituras complementares os trabalhos apresentados às XX e XXI Reunião Anual de Pavimentação por Villibor e Nogami (1985), Villibor, Nogami e Fabbri (1986) e, principalmente, o livro "Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos"(Nogami e Villibor, 1995).

2 CONDIÇÕES PARA O USO DE BASES DE SAFL E CRITÉRIO DE ESCOLHA

Antes de mais nada deve-se ressaltar que um estudo adequado do solo e o uso de uma técnica construtiva satisfatória, não garantem, por si só, o sucesso do empreendimento. Além do solo que deve, imperativamente, encaixar-se dentro do especificado e da técnica construtiva que será aqui abordada, há outros condicionantes para o uso da base de SAFL. São requisitos que procuram garantir que esta base será empregada dentro das condições para as quais ela é adequada, e será construída segundo o projeto específico desenvolvido e testado para as mesmas. Esses requisitos espelham o atual estágio de desenvolvimento da técnica e, futuramente, poderão sofrer alterações que permitam uma aplicação mais ampla das bases de SAFL.

2.1 Condições Ambientais

A grande maioria das pistas construídas com sucesso localiza-se em regiões onde o clima se encaixa num dos seguintes tipos climáticos, do sistema Kopen:

- CWa (quente com inverno seco)
- Aw (tropical com inverno seco)
- Cwb (temperado co inverno seco)

e com precipitação anual entre 1000 e 1800 mm.

Ressalta-se que estas condições ocorrem em mais de 60% do território nacional .

O volume anual de chuvas é um forte condicionante; deve ser respeitado para que o teor de umidade da base se mantenha dentro dos limites recomenda-

dos. Essa restrição, de ordem geral, pode ser levantada desde que sejam tomados cuidados, com o projeto e com a técnica de construção específica, que garantam boa drenagem e impermeabilização eficaz da superfície, de modo que a base se mantenha com umidade adequada de equilíbrio ao longo de toda a sua vida de serviço. Alguns trechos foram executados, com sucesso, em regiões de clima equatorial com volume anual de chuvas acima de 2000 mm como, por exemplo, na pavimentação de ruas da cidade de Rio Branco- Acre. No caso, o pavimento acha-se confinado por guias e sarjetas e o revestimento é de concreto betuminoso usinado a quente com agregado de concreções lateríticas. Sobre a base foi executada uma camada de proteção anti-cravamento.

2.2 Tráfego

O volume máximo de tráfego especificado é:

$VDM < 1500$ veículos com, no máximo, 35% comerciais e,

$Nt < 5 \times 10^6$ solicitações do eixo padrão.

No entanto, muitas rodovias, inicialmente projetadas para estas condições de tráfego e executadas em meados da década de oitenta, acham-se atualmente, após recapeamento intermediário, com volume de tráfego muito superior ($Nt > 10^7$ solicitações). Estas rodovias continuam apresentando comportamento altamente satisfatório o que, mais uma vez, atesta a alta qualidade das bases de SAFL. Registre-se porém que, oficialmente, o volume máximo de tráfego ainda é aquele especificado acima.

2.3 Critério de Escolha do Solo Arenoso Fino Laterítico para Base

Para escolha do SAFL, usa-se basicamente

a Metodologia MCT, desenvolvida por Nogami e Villibor. Os solos devem satisfazer às exigências:

- a) Ter composição granulométrica, determinada pelo método DER M 6-61, enquadrada em uma das faixas de graduação indicadas no Quadro I, ou enquadrada entre faixas.

Quadro I

Peneiras (mm) (NBR - 5734/80)	Graduações		
	% em peso , que passa		
	A	B	C
2,00 mm nº 10	100	100	100
0,42 mm nº 40	75 - 100	85 - 100	100
0,150 mm nº 100	30 - 50	50 - 65	65 - 95
0,075 mm nº 200	23 - 35	35 - 50	35 - 50

- b) Ter comportamento laterítico, isto é, ser da classe L e pertencer a um dos grupos LA, LA' e LG' da classificação MCT utilizando, para tanto, o método DER M 197-88 (vide figura 1).

- c) Apresentar, obrigatoriamente, as propriedades mecânicas e hídricas correspondentes a corpos de prova compactados na umidade ótima, com energia intermediária do DER M 191-88, dentro dos intervalos de valores constantes no Quadro II.

Quadro II

Exigências Mecânicas e Hidráulicas	Valores Admissíveis
Mini-CBR sem imersão	$\geq 40 \%$
Perda de suporte: Mini-CBR por imersão em relação ao sem imersão	$\leq 50 \%$
Expansão com sobrecarga padrão	$\leq 0,3 \%$
Contração	0,1 % a 0,5 %
Coeficiente de Infiltração	10^{-2} a 10^{-4} cm $\sqrt{\text{minuto}}$

3 TIPOS DE SAFL PARA BASE, SEGUNDO A SISTEMÁTICA MCT

3.1 Principais Tipos

Preliminarmente, a escolha dos tipos mais recomendados pode ser feita através do simples uso da classificação MCT, por procedimentos expeditos visual-tácteis como o método das “pastilhas”. Na fase de projeto, deve-se utilizar o procedimento baseado no comportamento de amostras compactadas pela sistemática MCT.

As diversas áreas a serem consideradas, para a escolha dos tipos de SAFL mais recomendados para base de pavimentos, estão discriminadas na Figura 1. Recomenda-se que seja obedecida a ordem de preferência dos tipos, para as condições prevalentes no interior do Estado de São Paulo ou similares, de acordo com o seguinte:

- 1º - tipo I, com prioridade da subárea próxima à interface com o tipo II.
- 2º - tipo II, com prioridade da subárea próxima à interface com o tipo I;
- 3º - tipo III.
- 4º - tipo IV, para pavimentos urbanos (para solos que se situam nesta área, convém executar solo-cimento, em faixas de 1 m, próximas às sarjetas).

Os problemas de construção, associados aos tipos de solos que se situam nas áreas acima discriminadas, serão objeto de considerações apresentadas nos itens a seguir.

Observe-se que, se as condições ambientais e os tipos genéticos de solos forem distintos daqueles prevalentes no interior do Estado de São Paulo, as prioridades poderão diferir das acima

consideradas. Além disso, regionalmente, podem ser desenvolvidas não só novas prioridades, como serem introduzidas condições adicionais. Assim, por exemplo, no interior do Estado de São Paulo dentro de cada área, as prioridades são definidas de acordo com detalhes granulométricos (vide Manual de Normas Pavimentação, DER-SP, 1991, seção 3.09, item 2, ou em Villibor e Nogami, 1982).

O fato de um solo localizar-se numa área da classificação MCT considerada favorável, não dispensa a necessidade de o mesmo obedecer às exigências estabelecidas anteriormente, para que possa ser utilizado em bases de pavimentos de baixo custo.

3.2 Peculiaridades da Técnica Construtiva dos Tipo de SAFL

O tipo de SAFL influencia, consideravelmente, as operações construtivas da base. A identificação dos vários tipos pode ser feita com uso da classificação MCT, conforme ilustrado na Figura 1. As peculiaridades desses tipos de solos são (Villibor, Nogami e Sória, 1987):

a) SAFL do tipo II (c' de 1,0 a 1,3)

- a-1) Excelente compactabilidade, alcançando facilmente o grau de compactação 100%, relativamente à Massa Específica Aparente Seca Máxima (MEAS_{máx}) da energia intermediária;
- a-2) Fácil acabamento da superfície da base e baixo desgaste superficial sob a ação do tráfego de serviço;
- a-3) Baixa contração por secagem, resultando placas de dimensões de aproximadamente 50x50cm (vide Figura 10);
- a-4) Satisfatória receptividade à imprimadura betuminosa, proporcionando boa aderência ao revestimento;

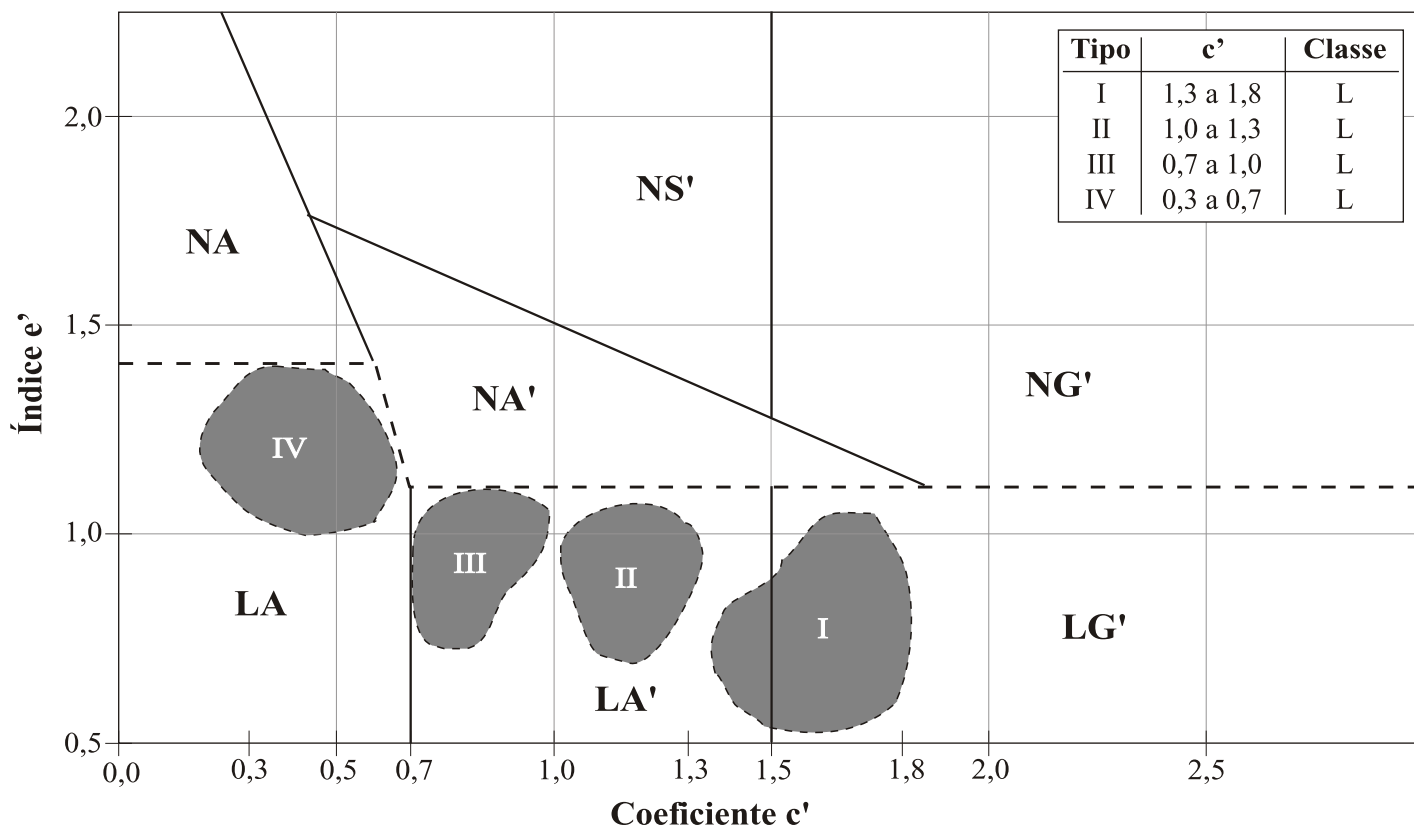


Figura 1 - Gráficos da classificação MCT, com a hierarquização dos SAFL para uso em bases.

a-5) Superfície e borda da base pouco susceptíveis ao amolecimento por umedecimento excessivo, proporcionando boa resistência à erosão hídrica.

b) SAFL dos tipos III e IV (c' de 0,3 a 1,0)

b-1) Má compactabilidade, de modo que, com os equipamentos normalmente utilizados, o grau de compactação atingido geralmente alcance valores próximos de 90% da $MEAS_{máx}$ correspondente à energia intermediária.

b-2) Propensão para formação de lamelas, no acabamento da base.

b-3) Dificuldade de acabamento superficial da base e desgaste excessivo sob a ação do tráfego de serviço.

b-4) Superfície e bordas da base muito suscetíveis ao amolecimento por molhagem, apresentando, ainda, elevado grau de erodibilidade hídrica.

Observe-se que os problemas acima considerados, de uma maneira geral, acentuam-se no sentido do tipo III para o tipo IV.

c) SAFL do tipo I (c' de 1,3 a 1,8)

c-1) Possibilidade de contração excessiva por secagem, produzindo, na base, trincamento que conduz à formação de placas de dimensões reduzidas, da ordem de 20x20 cm (vide Figura 11).

c-2) Danificação excessiva na superfície da base, sob a ação do tráfego de serviço; a desagregação das bordas das placas, resulta no alargamento das trincas, na sua parte superficial, o que possibilita aumento da umidade por penetração da água pluvial.

c-3) Recomenda-se, sempre que possível, usar os solos com c' entre 1,3 a 1,6, onde os fenômenos acima, são minimizados.

4 RECOMENDAÇÕES SOBRE A TÉCNICA CONSTRUTIVA DA BASE E DA IMPRIMADURA

4.1 Principais operações

A construção de uma base de SAFL compreende, fundamentalmente, as seguintes operações:

- **Exploração da jazida**, compreendendo a remoção das camadas estéreis, sobretudo a de capeamento. De uma maneira geral, as jazidas de SAFL não apresentam problemas quanto à sua exploração, devido à pequena espessura do capeamento e grande espessura aproveitável, como ilustra a Figura 2. Pode envolver, em alguns casos, providências para diminuição ou aumento do seu teor de umidade;
- **Escavação, carga, transporte e descarga** do SAFL. Geralmente utilizam-se caminhões basculantes para o transporte e, nesse caso, a descarga é feita em leiras de dimensões constantes.
- **Distribuição, misturação, umedecimento ou cura por secagem, compactação, acabamento superficial, secagem, imprimação** e, eventualmente, execução da **camada anticravamento**. Essas operações, quando envolvem o SAFL, exigem técnicas específicas, razão pela qual serão consideradas especialmente nos sub-itens seguintes.

4.1.1 Distribuição e homogeneização da umidade

Usualmente a distribuição e o acerto, do colchão de solo a ser compactado, são executados com motoniveladora, e o ajuste e a uniformização

da umidade, são conseguidos pela ação combinada de grade de discos, pulvi-misturadoras (vide Figura 3) e irrigadeiras.

A maioria dos problemas relacionados com a uniformização do teor de umidade é proveniente do mau uso da irrigadeira que, frequentemente, distribui de maneira irregular a água, em sentido tanto transversal como longitudinal. Outro problema está relacionado com a perda de umidade decorrente de insolação e ventos. Tem sido constatada, em diversas ocasiões, uma nítida diminuição da umidade na parte superior do colchão, numa espessura de cerca de ± 5 cm, em especial nos SAFL pertencentes aos tipos III e IV.

As variações no teor de umidade no colchão têm provocado heterogeneidade na compactação, tanto em profundidade como transversalmente, face às peculiaridades do SAFL, que apresenta grandes variações de massa específica aparente com pequenas variações no teor de umidade.

Visando a obtenção de umidades mais uniformes no colchão de SAFL a compactar, recomenda-se, além do cuidado e rigor na irrigação, a seguinte ordem nas operações construtivas:

- Pulverização e umedecimento feitos no fim da tarde.
- Logo cedo, na manhã seguinte, uma nova pulverização eventual.
- Ajuste no teor de umidade.
- Início imediato da compactação.

4.1.2 Compactação

A compactação deve ser, de maneira geral, iniciada com rolo pé-de-carneiro de patas longas

(vide Figura 4) não vibratório, e prosseguir seu uso até que não haja mais penetração das suas patas na camada em compactação. Em seguida, deve ser utilizado rolo de pneus ou corrugado vibratório (Figura 5).

A complementação do grau de compactação, se necessária, e o acabamento, deverão ser feitos de preferência com rolo de pneus de pressão variável (Figura 6) ou, quando esse equipamento não for disponível, com rolo liso vibratório (Figura 7). Quando esse equipamento for utilizado, não se recomenda dar mais que duas coberturas, porque isso provoca a formação de corrugações e lamelas, especialmente nas variedades de SAFL dos tipos III e IV (mais raramente no tipo II).

Para evitar lamelas, são recomendados somente os rolos compactadores com patas de superfície plana. Em especial, para muitos solos do tipo IV, a compactação poderá ser executada apenas com rolo de pneus de pressão variável, tipo SP12 000 ou similar. Para se conseguir alta produtividade, poderá ser usado rolo pé-de-carneiro vibratório pesado (Figura 5), após o uso do rolo pé-de-carneiro de patas longas, em especial para os tipos I e II..

O uso de rolo pé-de-carneiro de patas curtas não deve ser permitido no início da compactação, pois a camada inferior da base ficaria com uma massa específica aparente relativamente baixa. Agravando essa deficiência, a compactação demasiadamente intensa da parte superficial pode provocar a formação de lamelas muito prejudiciais.

A Tabela 1, apresenta, como orientação, dois conjuntos típicos de equipamentos com os respectivos esquemas de compactação, em função do tipo de solo, segundo a classificação MCT.

Quanto ao percurso a ser seguido pelos compactadores, devem ser obedecidas as recomendações gerais, lembrando que a operação deverá ser iniciada pelas bordas. Nos trechos em tangente a compactação caminhará das bordas para o centro, em percursos equidistantes da linha base (eixo). Os percursos, ou passadas do compactador utilizado, serão distanciados entre si de maneira que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa coberta no percurso anterior. Nos trechos em curva, devido à sobrelevação, a compactação caminhará da borda mais baixa para a borda mais alta, de forma análoga à descrita para os trechos em tangente.

Na parte adjacente ao início e ao fim da base em construção, a compactação será executada transversalmente à linha base (eixo). Nos locais inacessíveis aos rolos compactadores (como, por exemplo, cabeceiras de obras de arte), a compactação será executada com compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

Deve ser tomado especial cuidado com a compactação nas bordas do pavimento, muitas vezes negligenciada, o que ocasiona o aparecimento dos defeitos que serão considerados nas seções seguintes.

A outra fase crítica é o término da compactação da base, quando se utilizam equipamentos inadequados. O uso de pé-de-carneiro tipo pata-curta, por exemplo, provoca em geral baixa massa específica aparente na parte inferior da base, exigindo utilização de rolos pesados ou vibratórios na parte superior, o que provoca supercompactação na superfície para se conseguir o grau de compactação médio exigido para a camada. Este procedimento, geralmente, leva a uma fissuração excessiva e à formação de “lamelas”, na parte superior da base,

que se desprenderão no futuro (na fase de acabamento ou após abertura ao tráfego), conforme ilustrado nas Figuras 13 a 15.

As operações de compactação deverão prosseguir até que, em toda a espessura e superfície da base, o grau de compactação atinja um mínimo de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima dada pelo método DNER-DPT-M 48-64 (Ensaio Intermediário), ou equivalente.

Para solos em que não se consiga, por motivos práticos, esse grau de compactação, o mínimo exigido deverá ser obtido em trechos experimen-

tais, sendo utilizado, como referência, o grau de compactação que produza, no mínimo, um Mini-CBR “in situ” igual ou superior a 40% (20% para a sub-base).

Não é raro que, após a execução do trecho experimental, seja fixado um grau de compactação da ordem de 90% a 95%. Isso tem ocorrido, principalmente, nos SAFL dos tipos III e IV da Figura 1. A insistência na compactação desses solos, em lugar de benéfica, em geral é prejudicial. Essa tentativa de se conseguir o grau de compactação especificado, com base exclusivamente no ensaio laboratorial de compactação,

Tabela I - Orientação sobre conjuntos de equipamentos e produtividade, em função dos tipos de solos

SOLOS DE TIPOS I E II (mais argilosos)				
Conjunto A	Pé-de-carneiro pata longa estático rebocável	Pé-de-carneiro pata curta estático rebocável	Rolo liso vibratório rebocável (opcional)	Rolo de pneus de pressão variável (acabamento)
	8 a 14 passadas	4 a 8 passadas	1 passada	1 a 2 passadas
	Produção para 300 m de pista. Período de compactação 3 a 4 h.		Largura a base: 3 m. Espessura da base compactada: 0,15 m.	
Conjunto B	Pé-de-carneiro pata curta vibratório auto-propulsor (CA-25 ou similar)	Pé-de-carneiro pata curta vibratório auto-propulsor VAP-70 ou similar	Rolo liso vibratório auto-propulsor (opcional) (CA-25 ou similar)	Rolo de pneus de pressão variável (SP-10.000 ou similar)
	8 a 12 passadas	4 a 6 passadas	1 passada	1 a 2 passadas
	Produção para 500 m de pista. Período de compactação 3 a 4 h.		Largura a base: 9 m. Espessura da base compactada: 0,15 m.	
SOLOS DE TIPOS III E IV (mais arenosos)				
Conjunto A	Pé-de-carneiro pata curta estático rebocável	Rolo liso vibratório rebocável		Rolo de pneus de pressão variável (SP-10.000 ou similar)
	4 a 8 passadas	1 a 2 passadas		8 a 12 passadas
	Produção para 300 m de pista. Período de compactação 3 a 4 h.		Largura a base: 9 m. Espessura da base compactada: 0,15 m.	
Conjunto B	Pé-de-carneiro pata longa vibratório auto-propulsor (CA-25 ou similar)	Rolo liso vibratório auto-propulsor (VAP-70 ou similar)		Rolo de pneus de pressão variável (SP-10.000 ou similar)
	3 a 6 passadas	1 a 2 passadas		6 a 10 passadas
	Produção para 500 m de pista. Período de compactação 3 a 4 h.		Largura a base: 9 m. Espessura da base compactada: 0,15 m.	

pode produzir uma base lamelada e estruturalmente fraca.

4.1.3 Acabamento da base

O acabamento superficial da base deve ser feito exclusivamente por corte, com motoniveladora (vide Figura 8), logo após um ligeiro umedecimento. Não deve ser feito o preenchimento de depressões ou a complementação de espessura, porque o solo sobreposto ficaria com uma ligação deficiente com a parte subjacente, formando lamelas ou lâminas finas que podem desprender-se, facilmente, pela ação do trânsito.

A conformação final é geralmente feita com motoniveladora pesada, combinada com a utilização de rolos pneumáticos ou lisos. Nesta fase, um procedimento incorreto no acabamento da base pode levar à formação de “aterrinhos” de pequena espessura, conforme mostra a Figura 16, os quais, apesar de recompactados pela ação dos rolos, não apresentam aderência perfeita e se desprendem da camada inferior formando lamelas que, posteriormente, sob a ação do tráfego, provocam a formação de panelas na pista.

O solo cortado deve ser levado para fora da pista. A lâmina da motoniveladora precisa estar em perfeitas condições de fio, sem desgastes ou irregularidades. Nas bordas, a base deve ser cortada a 45°, para ser, em seguida, imprimada (vide Figura 9).

4.1.4 Secagem ou “Cura” da Base

O processo de secagem ou “cura” da base de SAFL é de fundamental importância. A base,

depois de compactada e acabada superficialmente, deverá ser deixada secar, livremente, por um período que pode variar de 48 a 60 horas.

A secagem considerada proporciona um aumento considerável de suporte e melhora as condições de recebimento da imprimadura betuminosa. Além disso, permite examinar o padrão de trincamento que se desenvolve após essa operação. O padrão de trincamento depende do grupo ao qual pertence o SAFL, conforme ilustram as Figuras 10 e 11, servindo, portanto, para verificar o trincamento da base executada nas variedades mais típicas identificadas no Estado de São Paulo.

4.1.5 Imprimadura (ou Imprimação)

Após o período de cura por secagem a base deve ser, se necessário, varrida energeticamente, para eliminar o material solto eventualmente presente e, em seguida, irrigada levemente, com uma taxa de água variando de 0,5 a 1,0 litro/m², para facilitar a penetração da imprimadura. A distribuição do material betuminoso deve ser feita cerca de 15 minutos após o término da irrigação.

A boa ligação da base de SAFL com o revestimento e a integridade e impermeabilidade da camada superior da base, são fatores importantes para o sucesso do pavimento. A penetração excessiva da imprimadura deixa de conferir, à superfície da base, parte da coesão necessária, e a interface, com o revestimento, fica frágil. Se, por outro lado, a imprimadura penetrar pouco, deixará excesso de resíduo betuminoso, que provocar exsudações e até instabilidades.



Figura 2 - Jazida de SAFL para exploração do solo da base.



Figura 3 - Pulverização do solo com pulvi-misturadora.



Figura 4 - Início da compactação com rolo pé-de-carneiro de pata longa.



Figura 5 - Compactação intermediária com rolo pé-de-carneiro vibratório pesado.



Figura 6 - Complementação da compactação da base intermediária, com rolo de pneus de pressão variável



Figura 7 - Complementação da compactação de campo, com rolo liso vibratório.



Figura 8 - Acabamento da superfície da base por corte com motoniveladora.



Figura 9 - Acabamento da borda da base por corte.

A imprimação deve ser feita com material e taxa definidos na especificação de serviço ou no projeto, de tal modo que, na base, haja uma penetração de 6 a 10 mm. Não deve ser permitido tráfego sobre a base imprimada antes que esteja seca o que, em geral, ocorre 72 horas depois da aplicação da imprimadura. A Figura 12 ilustra o aspecto de uma base de SAFL devidamente imprimada.

Nas bases de SAFL que não necessitam de camada de proteção, recomenda-se que, após a imprimadura, sejam as mesmas submetidas a um tráfego controlado, não muito intenso, por um período de até 20 (vinte) dias.

4.1.6 Camada de Proteção (ou Anticrramento)

De maneira geral, os solos dos tipos I e II da Figura 1 conduzem a bases coesivas, enquanto que os solos dos tipos III e IV têm baixa coesão, podendo resultar, mesmo após a imprimadura, em uma superfície demasiadamente frágil. Quando isso acontece, o agregado da primeira camada do revestimento rompe a superfície da base, logo durante a sua rolagem. Consequentemente, o revestimento se solta e o agregado penetra base adentro, deixando livre o betume e provocando exsudações.

Para que esses fenômenos não aconteçam, nos casos de bases pouco coesivas, deve-se construir sobre a imprimadura uma camada de proteção, que consiste num tratamento superficial simples invertido. Sobre essa camada, será construído o revestimento.

Outra situação, em que a camada anticrramento é necessária, ocorre quando o tráfego excede determinados limites. A experiência atual mostra que para um tráfego maior que 10^6 solicitações do eixo padrão, quando não existe camada de proteção, ocorre a penetração do agregado do revestimento na base. A construção da camada considerada tem-se mostrado muito eficaz para evitar esse fenômeno.

Terminada a construção da camada anticrramento, o tráfego deve ser liberado por um período superior a cerca de um mês, a fim de se verificar o surgimento de eventuais áreas com problemas. Somente após esse período, e correção dos eventuais defeitos, é que deve ser executada a camada de revestimento sobrejacente.

5 CONTROLE TECNOLÓGICO DA BASE E DA IMPRIMADURA

5.1 Controle Tecnológico Proposto

5.1.1 Controle do SAFL e da Base Construída

O acompanhamento tecnológico da execução objetivando, garantir a aplicação adequada de materiais e o uso de procedimentos construtivos apropriados, é indispensável para o sucesso do pavimento. Para isso, é necessário executar uma

quantidade mínima de ensaios, por uma equipe adequadamente treinada.

Para a finalidade em vista, recomenda-se a execução dos seguintes programas de ensaios:

- a) Determinação da granulometria por peneiramento, segundo por exemplo o método DER M 6.61, com espaçamento máximo de 200 m.
- b) Ensaio da sistemática MCT, em amostras com espaçamento máximo de 200 m, a saber:

b1- Ensaio classificatórios

b2-Ensaio das propriedade mecânicas e hídricas:

Mini-CBR sem e com imersão;

Expansão;

Contração axial.

- c) Determinação do teor de umidade, a cada 40 m, imediatamente antes da compactação.
- d) Determinação da massa específica aparente úmida, “in situ”, e do respectivo teor de umidade, com espaçamento de, no máximo, 40m de pista, em pontos obedecendo à ordem: borda direita, eixo, borda esquerda.

5.1.2 Condições para o Recebimento

I) Para o recebimento do SAFL:

No que diz respeito à curva granulométrica do solo, enquadrar-se em uma das Faixas do Quadro I.

No que diz respeito ao comportamento laterítico do solo, pertencer aos grupos LA, LA' ou LG' da classificação MCT.

No que diz respeito às propriedades mecâ-

nicas e hídricas, os valores máximos e mínimos, decorrentes da amostragem, devem atender aos seguintes requisitos:

a) Mini-CBR sem imersão:

$$\bar{X} - K.S \geq 40\%$$

b) Perda de suporte do Mini-CBR com imersão em relação ao sem imersão:

$$\bar{X} + K.S \leq 50\%$$

c) Expansão com sobrecarga padrão:

$$\bar{X} + K.S \leq 0,3\%$$

d) Contração:

$$\bar{X} - K_1 . S \geq 0,1\%$$

$$\bar{X} + K_1 . S \leq 0,5\%$$

Sendo:

\bar{X} – média aritmética das propriedades obtidas no controle.

S – desvio padrão.

K e K_1 – coeficientes em função do número de elementos da amostra, no mínimo igual a cinco.

Os coeficientes K e K_1 , são indicados no Anexo I, Seção 3.09, pág. 124 do “Manual de Normas de Pavimentação do DER-SP”.

II) Para Recebimento da Execução da Base:

No que diz respeito ao grau de compactação, calculada a Massa Específica Aparente Seca “in situ” (pelo método DER M 23-57), deve ser atendida uma das condições abaixo:

- a) Se não for obtido nenhum valor menor que 100% da Massa Específica Aparente Seca Máxima do projeto; ou

b) Se for satisfeita a seguinte condição:

$$\overline{X} - K.S \geq 100\%$$

Sendo

\overline{X} – média aritmética dos graus de compactação obtidos.

5.1.3 Controle geométrico da base

Após a execução da base, deve-se proceder à relocação e nivelamento do eixo e bordas, permitindo-se as tolerâncias consideradas apropriadas pela fiscalização. Resultados satisfatórios têm sido obtidos com o uso de tolerâncias adotadas pelo DNER e pelo DER-SP (Manual de Normas de Pavimentação).

5.2 Controle Tecnológico da Imprimadura

5.2.1 Considerações preliminares

Com o tipo e taxa preconizada em projeto (geralmente de 1,0 a 1,2 l/m² de CM-30), aplica-se a imprimadura (precedida de irrigação leve $\pm 0,5$ l/m²) sobre a base, já submetida a um período de “secagem” de, no mínimo, 60 horas. Após 48 horas de cura da imprimadura, verificar sua penetração na base (mínimo de 36 determinações). O valor médio obtido para a penetração, pode encaixar-se em um dos três casos:

1º) Penetração entre 6 e 10 mm

2º) Penetração superior a 10 mm

3º) Penetração inferior a 6 mm.

Verificando-se o 1º caso, usar o tipo e taxa de imprimadura recomendada em projeto. Para o 2º caso recomenda-se usar asfalto diluído menos viscoso (por exemplo CM-70) e a mesma taxa de projeto ajustada, no campo, para se obter a penetração entre 6 e 10 mm. Para o 3º caso, utilizar o mesmo tipo de material betuminoso do projeto, porém com taxa de aplicação de 0,8 l/m² aceitando, inclusive, penetrações inferiores a 6 mm.

5.2.2 Recomendações para o controle da imprimadura

Obtida a taxa e o material betuminoso recomendado, efetuar os seguintes ensaios de controle:

- a) Controle de qualidade dos materiais betuminosos
 - consistindo na realização de um conjunto dos ensaios previstos na especificação correspondente, para cada lote de material.
- b) Controle de qualidade do material aplicado – consistindo na determinação das taxas de aplicação dos materiais betuminosos (l/m²), para cada subtrecho executado no dia. As taxas de aplicação poderão ser determinadas:
 - Pesando o veículo distribuidor, antes e depois da aplicação.
 - Determinando a quantidade de material consumido, por intermédio da diferença de leituras da régua, aferida e graduada em litros, que acompanha o veículo distribuidor.
 - Pelo método da bandeja (mínimo três determinações). Recomenda-se utilizar sempre, este método.

c) Controle da penetração da imprimadura – deverá ser realizado 48 horas após a aplicação e conter 9 determinações, no mínimo.

Para a aceitação da imprimadura recomenda-se:

- No que se refere à qualidade do material da imprimadura: deverá atender às especificações pertinentes;
- No que se refere à distribuição: não existirem falhas nem diferenças, de taxas de aplicação, maiores que $0,1 \text{ l/m}^2$, relativamente à taxa de projeto.
- No que se refere à penetração: deverá ser uniforme e a média das penetrações deverá estar compreendida na faixa fixada e ajustada, conforme 5.2.1.

6 DEFEITOS ASSOCIADOS À FALHAS OU INADEQUAÇÕES DO PROJETO E/OU TÉCNICA CONSTRUTIVA

6.1 Generalidades

O elenco de propriedades mecânicas e hídricas da base de SAFL, consideradas na metodologia MCT, está diretamente relacionado com o desempenho do pavimento que contém esse tipo de base na sua estrutura. Muitos dos defeitos do pavimento podem ser atribuídos a uma ou mais de suas propriedades. Um relacionamento, das propriedades consideradas com os defeitos do pavimento, consta na Tabela II.

Ressalte-se que essa filosofia, de procurar ensaios que retratem de perto as propriedades e o comportamento do pavimento, representa um passo avançado, quando comparada com a abordagem tradicional,

baseada na granulometria e nos limites de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP). Essa abordagem apresenta limitações já comprovadas, por exemplo, por Nogami e Villibor (Pavimento de Baixo Custo com Solos Lateríticos).

6.2 Recalques Longitudinais

Tanto nas rodeiras como nas bordas dos pavimentos, podem ocorrer recalques longitudinais que são causados por:

- a) Deficiência de compactação da base e/ou camadas subjacentes que, sob a ação do tráfego, provocam recalques permanentes que atingem profundidades máximas da ordem de 1 a 2 cm. Esses recalques, geralmente, estabilizam-se sem ocasionar outros problemas mais sérios no pavimento.
- b) Perda de suporte por umedecimento excessivo, provocado pela entrada da água pelas bordas do pavimento. Os recalques, assim originados, tendem a evoluir para a formação de panelas ou para a ruptura da base, com deslocamento lateral do SAFL.
- c) Deslocamento lateral do SAFL da base, devido à presença de lamelas, geralmente acelerado ou intensificado pelo tráfego excessivamente pesado para a estrutura do pavimento construído. A evolução dessa deformação depende, sobretudo, da intensidade do tráfego.

Os recalques, acima considerados, são mais comuns nas bases de SAFL que se enquadram nos tipos III e IV da Figura 1 e onde o acostamento, pavimentado, possui largura insuficiente para as características de infiltrabilidade d'água e regime de equilíbrio hídrico prevalente no trecho.

Além disso, o aumento do teor de umidade, conseqüente à infiltração lateral d'água, pode ser provocado pela presença, junto das bordas, de solo mal

compactado ou leiras de material terroso. A Figura 17 ilustra o aspecto final do pavimento com intensa incidência de recalques do tipo considerado neste item.

Os procedimentos adotados para se evitar os defeitos considerados neste item são:

- Compactação adequada das camadas e do acostamento;
- Uso de acostamentos com largura de $\geq 1,20$ m e de rampa mínima de 1% nos trechos em corte e em raspagem;
- Colocação de uma camada anticravamento quando o trânsito previsto é de médio a alto.

6.3 Ondulações no Revestimento e Lamelas

Esse defeito está ligado, frequentemente, à ocorrência de lamelas na parte superficial da base de SAFL, as quais, sob a ação do tráfego, produzem ondulações no revestimento, com fendilhamento e posterior desprendimento ou deslizamento do mesmo. Dependendo do estágio de evolução desse defeito, a base pode ficar exposta ao tráfego, ocasionando a formação de painéis. Essas painéis evoluem rapidamente nos SAFL que se encaixam nos tipos III e IV da Figura 1 e podem exigir re-

Tabela II - Ensaio e determinações da metodologia MCT, e fenômenos físicos associados (Villibor, 1981, com modificações)

Ensaio e Determinações	Associação com as Propriedades Físicas da Base	Principais Problemas e Defeitos Construtivos
MINI-CBR	Capacidade de suporte.	DE (1) RP (1)
EXPANSÃO	Aumento de volume com o teor de umidade.	DE x RP (1); ruptura do pavimento (RP); trincamento do revestimento
INFILTRABILIDADE	Movimentação da água em camadas de base não saturadas. Envolve a consideração do coeficiente de sorção e a velocidade de deslocamento da frente de umidade.	Amolecimento da parte superior da base, devido às chuvas na fase construtiva. Amolecimento da borda da base, reforço e subleito causando (DE) e (RP) (1).
PERMEABILIDADE	Movimentação da água em camadas de bases não saturadas, caracterizada pelo coeficiente de permeabilidade.	Camada drenante, podendo ocasionar aumento excessivo do teor de umidade das camadas adjacentes, provocando (DE) e (RP) (1).
CONTRAÇÃO	Diminuição do volume, por perda de umidade, com possibilidade de desenvolvimento de trincas.	Desagregação das bordas; trincas na fase construtiva da base. Trincas de reflexão no revestimento que podem aumentar o teor de umidade do pavimento, ocasionando (DE) e (RP) (1).
COMPACTAÇÃO	Massa específica aparente e teor de umidade de compactação, apropriados para camada de base.	Teores de umidade e grau de compactação inadequados, que podem ocasionar (DE) e (RP) (1).
PENETRAÇÃO DA IMPRIMADURA	Espessura e quantidade de material betuminoso penetrado na superfície a base.	Escorregamento do revestimento. Exsudação de asfalto no revestimento.

(1) Abreviaturas: (DE)= Deformação excessiva do pavimento (RP)= Ruptura do Pavimento



Figura 10 - Trincamento devido à secagem do SALF - solo arenoso, grupo LA'.



Figura 11 - Trincamento devido à secagem do SAFL - solo argiloso, grupo LG'.



Figura 12 - Aspecto da base devidamente imprimada.



Figura 13 - Fissuramento da parte superior da base. Compactação excessiva com rolo vibratório



Figura 14 - Lamelas soltas pela ação do tráfego de serviço (Trecho: Cândido Rodrigues-SP).

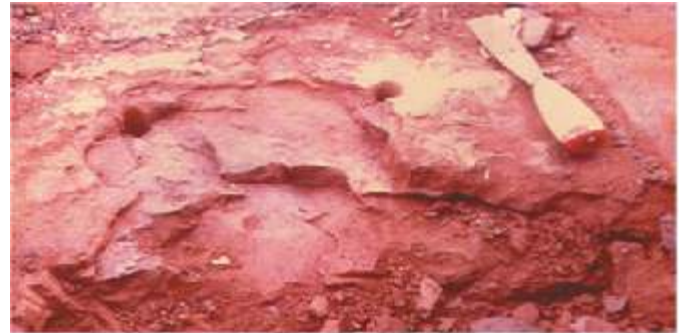


Figura 15 - Base em camadas apresentando lamelas construtivas (Trecho: Aeroporto-Araraquara-SP).



Figura 16-Acabamento da base em "aterrinhos", causando a formação de "panelas". (Aeroporto-Araraquara).



Figura 17 - Recalques longitudinais no pavimento.

construção da parte afetada pelo defeito. As ondulações podem ocorrer associadas a recalques, já considerados na seção 6.2.

As lamelas nas bases de SAFL podem ser provocadas pelos fatores abaixo discriminados, que podem atuar conjuntamente:

- a) Superposição de camada de pequena espessura (menor que 5 cm) sobre outra já compactada. A Figura 19 ilustra uma lamela decorrente da superposição de camadas. Naquele local, observa-se um bom padrão de trincamento da base. O revestimento é um tratamento superficial simples e o tráfego leve.
- b) Uso excessivo de rolo vibratório na compactação.
- c) Supercompactação, para o teor de umidade da camada, mesmo sem uso de rolo vibratório.

6.4 Painelas

As painelas são defeitos localizados, conseqüentes ao desaparecimento do revestimento e formação de uma depressão na base, com forma aproximadamente circular, com diâmetro de até dezenas de centímetros. Em geral, elas decorrem de deficiências da imprimadura, em pontos alinhados ou isolados (defeitos de falhas de bico na distribuição da imprimadura), quando o material betuminoso não adere convenientemente à base de SAFL.

As painelas podem, também, resultar de lamelas que se desprendem, soltando a parte superior da base junto com o revestimento ou, ainda, ter sua origem nos defeitos apontados nos itens anteriores. Elas evoluem aumentando de diâmetro e causando umedecimento prejudicial da base nas suas vizinhanças,

com conseqüentes deformações localizadas. Uma painela típica está ilustrada na Figura 20.

6.5 Trincas de Reflexão

Quando a base de SAFL perde umidade logo após a compactação, ocorre um trincamento devido à contração, que normalmente não causa problemas, podendo até mesmo identificar o tipo de solo quanto ao seu desempenho como base. Contudo, se a base for compactada com umidade excessiva, o trincamento resultante pode associar-se a trincas demasiadamente abertas e, por isso, prejudiciais.

Segundo ensaios laboratoriais nos SAFL, para a mesma energia de compactação, quanto maior for a umidade de compactação (ou de moldagem), maior será a contração. Para o mesmo teor de umidade, a previsão da contração, em função da energia de compactação, não obedece a uma lei simples. Em corpos de prova compactados acima da umidade ótima, são frequentes contrações superiores a 1%.

Outros fatores contribuem para a variação da contração, sendo dos mais importantes a porcentagem e tipo de finos e os detalhes granulométricos da fração granular (areia). Informações adicionais sobre o assunto podem ser encontradas na seção 3.6.4 de Nogami e Villibor (1995).

As trincas consideradas podem refletir no revestimento, quando de tratamento superficial simples, conforme ilustra a Figura 21. Esse fenômeno ocorre sobretudo nos SAFL que se encaixam nos tipos I e II da Figura 1 e se acentua com a diminuição da espessura do tratamento superficial e, principalmente, com o uso de revestimentos usinados. Ge-

almente as trincas de reflexão, apesar de facilitarem a penetração das águas pluviais, não ocasionam problemas sérios. Problemas podem ocorrer quando a abertura das mesmas for exageradamente grande e o padrão for caracterizado por blocos pequenos em demasia. Nesses casos, poderá haver início de desagregação do revestimento junto às trincas.

Quando as trincas de reflexão apresentarem indícios de danos ao pavimento, as mesmas devem ser seladas com a sobreposição de uma camada betuminosa selante e revestimento betuminoso. É possível que o fechamento de trincas, com introdução de material betuminoso apropriado, seja uma solução, mas raramente é utilizada.

6.6 Exsudação de Material Betuminoso no Revestimento

A exsudação, isto é, a emergência de material betuminoso livre na superfície do revestimento, deve-se, nos pavimentos com base de SAFL, a diversas causas, das quais se destacam:

- a) Material betuminoso excessivo na execução da imprimadura ou do revestimento. O excesso na imprimadura ocorre, frequentemente, nas bases em que se usam solos que se enquadram nos tipos I e II. Isso porque esses tipos de SAFL apresentam baixa capacidade de absorver a imprimadura. Nesses casos, é essencial que se determine apropriadamente a taxa de ligante a ser aplicada, executando-se ensaios laboratoriais complementados, em seguida, com execução de trechos experimentais.
- b) Execução do tratamento superficial sobre imprimadura mal curada e/ou logo após chuvas, sem esperar a secagem completa da imprimadura e, também, a aplicação da imprimadura sobre a base

muito úmida (que não secou suficientemente).

- c) Penetração do agregado do tratamento superficial na base, com deslocamento de material betuminoso para cima, juntamente com o SAFL da base. Os solos dos tipos III e IV da Figura 1 são mais suscetíveis a esse fenômeno que, entretanto, ocorre também com outros tipos de SAFL, em menor escala. Esse tipo de exsudação é provocado diretamente pelo tráfego, em função de sua intensidade. A possibilidade dessa ocorrência deve levar à construção de uma camada anticravamento. A Figura 22 ilustra a exsudação de uma das faixas, por cravamento do agregado na base, provocada por tráfego pesado a baixa velocidade, em rampa ascendente.

6.7 Erosões na Borda do Pavimento

Erosões muito intensas podem ocorrer quando não se protegem adequadamente as bordas do pavimento. A drenagem superficial, o plantio de grama imediatamente após a construção de cada trecho e, em especial nos solos dos tipos III e IV da Figura 1, o corte a 45° da borda da base e sua imprimação, são as garantias contra esses defeitos (vide Figura 9).

Em geral, os solos dos tipos III e IV são bastante erodíveis e a base não resiste à atuação da lâmina d'água diretamente sobre ela. Embora esse defeito não seja classicamente um defeito de pavimento, é pertinente se comentar e ressaltar a importância que tal problema assume, uma vez que em regiões como a do Pontal do Paranapanema-SP, onde os solos são predominantemente do tipo IV e extremamente erodíveis, trechos com dezenas de quilômetros tiveram metade de sua plataforma pavimentada, erodida no período de chuvas, alguns meses após a construção.



Figura 18 - Ruptura da base em borda de pavimento.



Figura 19 - Lamela proveniente da superposição de camadas.

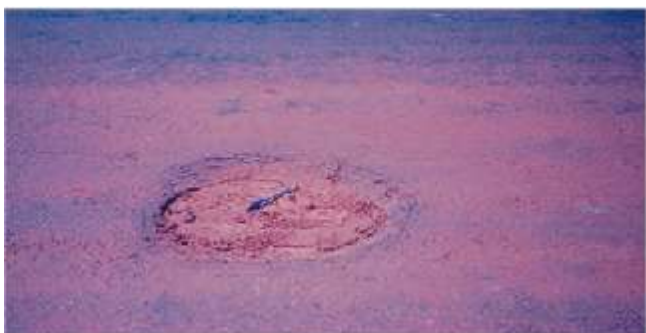


Figura 20 - Panela típica em bases.



Figura 21 - Trincas de reflexão da base em um tratamento superficial simples.



Figura 22 - Exsudação na trilha de roda por cravamento do tratamento na base.



Figura 23 - Trecho Três Lagoas-Campo Grande -MS (1987) tráfego médio à pesado.



Figura 24 - Vicinal Araraquara-Bueno de Andrade-SP. Executada em 1989. Extensão 20 km.



Figura 25 - Vicinal Bahia, executada em 1990.

7 Considerações finais

Para ilustrar o sucesso das bases de SAFL, é apresentado o aspecto do trecho Três Lagoas-Campo Grande-MS cujo tráfego atual é de médio à pesado. Esse trecho foi executado em 1987, sendo que, até o presente foi executado somente um recapeamento, de 5 cm sobre o pavimento original de tratamento duplo, após 14 anos de uso (vide Figura 23). As figuras 24 e 25 ilustam dois trechos de rodovias vicinais, com mais de 15 anos de uso, executados em São Paulo e na Bahia com base de SAFL e com camada de rolamento de tratamento invertido duplo. O comportamento destes trechos acha-se altamente satisfatório, assim como quase a totalidade dos outros trechos executados com este tipo de base.

A importância do uso das bases de SAFL em pavimentos de baixo custo, pode ser avaliada pela tabela III, que apresenta a extensão de rodovias, executadas com este tipo de base até 2005.

Tabela III - Extensão de pavimentação com base de SAFL no Brasil, até 2005.

Estados	Pavimentos Rodoviários (km)
Bahia	500
Goiás	1.200
Mato Grosso do Sul	600
Paraná	2.000
São Paulo	8.000
TOTAIS	12.300

A área de pavimentos urbanos já alcança, atualmente, mais de 10.000.000 m² em diversas cidades do Brasil, em especial no Estado de São Paulo.

Para efeito de comparação de custo, a tabela IV apresenta os preços das bases tradicionais e de

SAFL, utilizadas no Estado de São Paulo; para tanto usou-se a Tabela de Preços do DER, data de referência: junho/2005, efetuando-se o cálculo por m², considerando a espessura da base de 15 cm e transporte de 5 km. Verifica-se que o custo da base de SAFL é da ordem de 30% do custo da estabilizada granulometricamente (Pedregulho ou Solo com Brita).

Tabela IV - Custos de Bases de pavimento DER-SP

BASE	Custo por m ² (R\$)
Solo Arenoso Fino	2,06
Estabilizada Granulometricamente	6,87
Brita Graduada Simples	12,95
Solo Cimento 7% Usina	13,44

Finalmente são apresentadas algumas considerações, já constantes no trabalho “A técnica Construtiva das Bases de SAFL” de autoria de Villibor, Nogami e Sória (1989), que, na opinião do autor, ainda são válidas e atuais para o nível do desenvolvimento tecnológico vigente nesta área.

- a) Pela experiência adquirida no projeto e construção dessas bases verificou-se que, mesmo com materiais adequados, o sucesso da solução está intimamente ligado à técnica construtiva, controle tecnológico e a proteção das bordas. Insucessos devido a falhas de bico na construção da capa, exsudações, deformações excessivas, causadas por técnicas construtivas inadequadas, podem levar o usuário e até os órgãos rodoviários a desacreditar da solução.
- b) A perspectiva de uso atual, com as técnicas aqui abordadas, é solução para uma grande área da região centro-oeste do país, abrangendo os Estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul e Goiás. Com o apoio de órgãos federais na construção e observação de pistas experimentais,

visando o desenvolvimento de projetos e técnicas construtivas adequadas, o uso das bases de SAFL poderá ser estendido para outras regiões, como a Amazônica.

c) É imperativo que os órgãos rodoviários envolvidos com o uso de SAFL como base, desenvolvam, através de pistas experimentais, técnicas construtivas adequadas à região em que atuam. De maneira geral os técnicos estão familiarizados com a execução de bases estabilizadas granulometricamente, cujas características construtivas permitem determinados procedimentos que seriam incorretos para as bases SAFL. Nestas, a característica que governa seu bom desempenho, está mais ligada aos seus ?nos coesivos do que às propriedades do agregado. Por exemplo, as bases estabilizadas granulometricamente tradicionais

não dão lamelas construtivas e no acabamento é sempre possível remanejamento do material e uso indiscriminado de rolo vibratório.

- d) Há necessidade de desenvolvimento de um manual de construção onde sejam apresentadas as características dos diversos solos já usados e a técnica construtiva recomendada. Com o crescer da experiência, será possível ter-se uma indicação, para cada grupo de solo, do conjunto de equipamentos de maior eficiência.
- f) Apesar de estar sendo aplicado há mais de 30 anos, e nos últimos 10 anos com razoável intensidade, os técnicos, de modo geral, não estão bem familiarizados com os detalhes da técnica de construir bases de SAFL. Isto mostra a necessidade urgente de treinamento daqueles que atuarão nessa área.

Curso de Avaliação Estrutural de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos Dias: 17, 18 e 19 de maio de 2006

OBJETIVO

Fornecer a engenheiros técnicos os princípios fundamentais que regem a análise das características funcionais e estruturais dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

PROGRAMA

Terminologia dos defeitos: causas prováveis dos defeitos, conceito de serventia, avaliação de superfície subjetiva e objetiva, irregularidade. Avaliação Estrutural: Noções de deformabilidade, medidas de deflexão, módulo de resiliência de solos e de misturas asfálticas, fadiga de misturas asfálticas, consideração da deformação permanente e da deformação elástica ou resiliente no projeto estrutural do pavimento, programas computacionais utilizados em procedimento de avaliação estrutural. Projeto de Pavimento Novo e de Reforço.

Curso Avançado Intensivo de Pavimentação Urbana Dias: 23 a 27 de Outubro de 2006

OBJETIVO

Capacitar engenheiros e arquitetos a conhecer os materiais empregados em serviços de pavimentação urbana no que diz respeito à construção, conservação e manutenção de vias urbanas, bem como o conhecimento de novas técnicas.

PROGRAMA (SUJEITO A MODIFICAÇÕES)

- . Materiais: Solos e Rochas, Asfalto, Emulsão, Espuma e Ligantes Especiais;
- . Misturas Betuminosas a Frio e a Quente;
- . Mecânica dos Pavimentos;
- . Técnicas de Construção, Restauração, Manutenção e Reciclagem;
- . Pavimento Rígido;
- . Drenagem de Pavimentos Urbanos;
- . Gerência de Pavimentos Urbanos;
- . Pavimentos para Baixo Volume de Tráfego (estradas intermunicipais);
- . Projeto Urbanístico, Paisagismo, Meio Ambiente;
- . Auscultação e Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis Urbanos Existentes.

Local dos Cursos: Auditório da ABPv, Rio de Janeiro, RJ.

Consulte:

www.abpv.org.br

abpv@abpv.org.br

Qualidade de Pavimentos (Indicações para administradores e diretores)

Saul Birman
Engenheiro Consultor

Pavimentos são estruturas construídas principalmente com as finalidades de resistirem aos esforços atuantes sobre elas e proporcionarem conforto e segurança ao usuário, durante o período de projeto.

O parâmetro básico da Qualidade é a satisfação do cliente. Este cliente é o usuário ou todo o cidadão, pois a deficiência dos pavimentos acarreta dispêndio de recursos privados e públicos, estes últimos que advêm dos impostos, taxas, etc ... pagos por todos.

Qual é a Qualidade dos pavimentos existentes no Brasil? Com poucas exceções entendemos que a resposta é: deficiente. Os usuários que utilizam ruas, estradas: municipais, estaduais e/ou federais constatarem que requisitos citados anteriormente não estão atendidos. Levantamentos de condições feitos por alguns organismos públicos e/ou privados comprovam esta assertiva. O êxito de um serviço de pavimentação é função de fatores que podem ser explicitados a partir de um projeto realizado de acordo com as técnicas de Engenharia e de tecnologias amplamente conhecidas, passando pela utilização de materiais que satisfaçam especificações, seguindo por técnicas construtivas devidamente apoiadas por equipamentos capazes de atender as finalidades previstas.

E como se pode verificar e garantir a qualidade de uma etapa da obra de pavimentação? As respostas são: através de um controle efetivo durante a fase de execução ou aguardar o término da vida de projeto. Esta segunda hipótese, é claro, não pode e não deve ser objeto de nenhuma discussão, pois não se pode conceber que não se controle uma obra, seja ela qual for.

Uma das intenções do presente artigo é tentar motivar o Administrador-Chefe de Distrito, Diretor Executivo, Diretor Geral, Secretário de Obras, Prefeitos, Diretores de Empresa Privada, etc. - com poder de decisão para que estes percebam a importância do controle das obras e com o intuito de mostrar que somente com o apoio dos "chefes" se conseguirá atingir o conceito de Qualidade em serviços de Pavimentação.

Muitos fatores, isoladamente ou em conjunto, podem contribuir para a deficiência em qualidade:

- . Escassez de recursos;
- . Projetos em que espessuras de recapeamento são calculadas pela divisão de reais (R\$) por km ou m²;
- . Desrespeito à Lei da Balança;
- . Datas de inauguração;

- . Falhas no projeto;
- . Drenagem;
- . Materiais inadequados;
- . Equipamentos deficientes;
- . Má execução,
- . etc, etc ...

Todos estes fatores poderiam ser eliminados se o Administrador, em vários deles, atuasse "a priori".

A maioria dos fatores poderia ser eliminada se fosse realizado um controle efetivo.

Materiais para os diferentes serviços de pavimentação existem no Brasil, em qualidade e quantidade, para serem empregados.

Os construtores brasileiros, em sua imensa maioria, dominam as técnicas e possuem equipamentos eficientes para execução dos serviços.

No entanto a Qualidade é deficiente. A razão fundamental é que por deficiência de controle por parte do contratante, o construtor não executa convenientemente aquilo que ele sabe fazer. Também isto acontece nos serviços por Administração Direta.

E o que significa controlar?

Significa exercer real verificação da qualidade dos materiais e equipamentos a serem empregados e da obediência aos padrões construtivos especificados.

O ato de exercer tais verificações deve ser materializado através da realização de ensaios e análises, cujos resultados devem ser obrigatoriamente listados e/ou graficados em formulários padrões e terem procedidas as suas interpretações objetivas e conclusivas. Os resultados e interpretações efetuados constituem documentação comprobatória da aceitabilidade dos materiais empregados e dos serviços realizados compondo, por conseguinte, instrumentos necessários que deverão ser anexados às faturas de pagamento para sua liberação.

Nas obras de pavimentação poucas são as devidamente controladas. Na maioria, são realizados ensaios, verificações, etc., cujos resultados vão para uma folha, daí para uma pasta e daí para o armário (arquivo) e fim, sem nenhuma análise nem interpretação. Cabe ao administrador exigir e apoiar um controle efetivo.

Quem realiza a função de controlar um serviço de pavimentação tem que, iniciando pelas instalações, equipamentos, aparelhagens, pessoal, etc., apontar e registrar todos os fatos, sugestões e avaliar a sua qualidade. Se tudo estiver conforme, ótimo. Se não, ele tem que apontar os erros, dar as razões dos mesmos e indicar soluções para correção. E entregar, por escrito, em forma clara e objetiva ao fiscal para decisão. Há riscos.

Quais ensaios, quais verificações, como fazê-las e como interpretá-los são do conhecimento público. O que consta nas atuais especificações na maioria dos casos está correta - em muitos casos não está.

A maioria das organizações que contratam e/ou executam serviços de pavimentação possuem suas especificações e, as que não possuem, utilizam as de suas congêneres. Todas as especificações possuem o Capítulo Controle. Deficiente ou não ele existe. Mas não é obedecido ou seguido. E por quê? Porque o administrador-chefe não está conscientizado em exercer a ação de controlar. Por sua vez o fiscal, ligado diretamente às obras, relega sua função.

O primeiro passo para regularizar esta situação é possuir especificações, completas, objetivas e diretas no tocante ao controle. Só devem existir ensaios e medidas que realmente avaliem a qualidade dos materiais e da obra. Não adianta colocar ensaios de viscosidade cinemática (ou dinâmica), penetração, estabilidade Marshall, fluência, etc., etc., que nada significarão.

Pessoalmente entendemos que é de capital importância a existência de indicação precisa do que fazer, no campo, em caso de não conformidade de uma etapa do serviço. Às vezes é técnico economicamente, mais correto fazer correções do que arrancar e fazer de novo.

O pagamento de serviço só deve ser realizado quando à fatura estiver anexado um relatório contendo claramente os resultados e a interpretação de qualidade do serviço. Se isto não é parte integrante de especificação ou norma, que seja através de instrução normativa, regulamento, portaria, ou seja lá o nome que

administrativamente se imponha. O que não pode é deixar em aberto este aspecto do pagamento x controle. O fato de alguém atestar que a obra está de acordo com o projeto ou está O.K. não é suficiente. Uma vez paga uma fatura o construtor está administrativa e judicialmente coberto. É preciso cuidado.

É irrisório o número de serviços de pavimentação que possuem "as built". Se ele for construído par e passo com pagamentos das etapas, ao fim dos serviços ele estará pronto. Como exemplos podemos citar a rodovia BR-364 (070-174-364) - Cuiabá - Porto Velho e as obras de reurbanização da Av. Presidente Vargas (Metrô-RJ).

Não pode haver resistências, nem administrativas, nem burocráticas, nem financeira, seja por parte dos construtores seja por parte da fiscalização, no que diz respeito ao controle de qualidade.

O construtor deve sempre realizar seu autocontrole, mesmo que não seja obrigado contratualmente a fazê-lo. O custo é muito pequeno em relação a segurança de um serviço bem feito.

É então necessário uma cruzada vigorosa sobre as entidades contratantes para que efetivamente controlem as etapas dos serviços de pavimentação, e, só liberem quando tais serviços mostrarem, através de resultados materializados e devidamente interpretados que atendem ao projeto.

Em relação aos construtores é necessário uma conscientização, que se adquire através da educação, de que os serviços devem sempre ser bem feitos, independentemente de tal ou qual fiscalização atue sobre eles.

ESTUDO ECONÔMICO COMPARATIVO ENTRE TIPOS DE PAVIMENTOS DE VIAS URBANAS

Silvio Rodrigues Filho¹; Cassio Eduardo Lima de Paiva²

¹ESA ENGENHARIA E SISTEMAS LTDA, Av. Presidente Vargas 534/ 6º andar, Rio de Janeiro-RJ, e.mail: esasistemas@alternex.com.br

²UNICAMP, Campinas /SP, email: celpaiva@fec.unicamp.br

RESUMO

Este estudo identifica em vias urbanas, o ponto de equilíbrio econômico entre o uso de um Pavimento Flexível ou Rígido em função do nível de tráfego e da capacidade de suporte de subleito, relacionado a custo/m² e taxa de amortização.

Considera o dimensionamento do Pavimento Flexível pelo método CBR e do Pavimento Rígido pelo método PCA/66.

Utiliza cenários de intervenção ao longo de um ciclo de vida de 10 e 40 anos, onde os materiais são variados e referenciados a um mesmo patamar monetário e temporal através da variável dependente Valor Presente Líquido (VPL).

Mostra que quaisquer que sejam os procedimentos de dimensionamento que venham a definir o tipo de pavimento em um empreendimento urbano, esses deve ser acompanhados de uma análise econômica utilizando-se do conceito de "Life Cycle Cost Analysis (LCCA)".

Chega-se a conclusão que deve ser evitado optar por um tipo de pavimento apenas pelo seu custo inicial. O custo de um pavimento envolve custo inicial e custo de intervenções. A simples análise de custo inicial mostrou não ser a melhor opção ao longo do ciclo de vida de um pavimento sob o ponto de vista do investidor, em função do custo de captação do dinheiro no mercado.

Palavras chave: Ponto de equilíbrio, pavimentos, comparação econômica, ciclo de vida.

ABSTRACT

This study identifies in Urban Roads the break-even-point between Rigid and Flexible pavement use in function of the traffic and subgrade support related to cost/m² and discount rate. CBR method of Flexible Pavement design and PCA/66 Rigid pavement design is considered.

Utilize intervention sceneries of 10 and 20 years with materials variations referred to the pavement structures of the same monetary and temporal landing through dependent variable Net Present Value (NPV).

Show that wherever is the design pavement procedures to define the pavement structure in an urban road enterprise is mandatory to come with an economic analysis using the Life Cycle Cost Analysis (LCCA) conceptions.

As conclusion, is showed to be mandatory to avoid options based only on its initial costs. The pavement structure involves initial and interventions costs. The simple initial cost analysis couldn't be the best option over the investor point of view considering the money cost available in the market.

Key Words: Break-even-point, pavement, economics similitude, Life Cycle Cost Analysis.

INTRODUÇÃO

Vias urbanas têm seus pavimentos sujeitos a tráfego dependente da economia local e do planejamento decorrente de um Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano onde são definidas áreas para uso residenciais, industriais, comerciais, etc.

Falar em pavimento de vias urbanas sem observar esses dois componentes implica em dimensioná-lo fora da realidade local implicando consequentemente, em pavimentos de curtíssima duração e baixa qualidade.

A dinâmica de crescimento da economia local é dependente do estado de conservação das vias urbanas, das vias coletoras, das vias interestaduais, intermunicipais e do planejamento adequado de seu traçado.

A criação de corredores específicos para ônibus e veículos de carga desvinculados dos veículos de passeio tem sido a tendência dos países mais modernos. Envolvem não só o processo de dimensionamento do pavimento mas também, um traçado adequado vinculado ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. O que se tem observado são traçados de projeto completamente desvinculados de Planos Diretores.

O uso de uma via por determinado nível de tráfego (configuração de eixo, frequência e carga) sem conhecimento da estrutura do pavimento existente tem sido a causa de sua curtíssima duração, baixa qualidade e o motivo do aumento do custo do usuário que reflete diretamente na economia local. Vias urbanas mais do que rodovias, são extremamente importantes ao desenvolvimento de uma Cidade ou Município. O empresário normalmente usa o avião para seu deslocamento entretanto, o seu produto certamente usará o pavimento em face ao sistema de transporte implantado no País.

Os Pavimentos Flexíveis têm sido uma opção economicamente mais viável que o Pavimento Rígido em face de disponibilidade de equipamentos, facilidade de material e execução, rapidez na manutenção e restauração, dentre outras vantagens, expandindo a cultura do uso desse tipo de estrutura de pavimento para a maioria das vias urbanas, hoje em utilização no Brasil. Agregando valor ao Pavimento Flexível têm sido desenvolvidos novos materiais para respaldar esse tipo de decisão.

Entretanto, com o aumento da diferença de preço entre cimento asfáltico de petróleo e o cimento Portland, a evolução dos equipamentos, a experiência adquirida ao longo dos anos e o custo do dinheiro disponível no mercado tem se observado que, em muitos casos, o pavimento Rígido tem sido uma boa opção ao longo do ciclo de vida de um pavimento principalmente, quando se reduz ainda mais o preço do cimento com incentivo local como a isenção do ICMS-Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, de responsabilidade do Governo Estadual.

O objetivo desse trabalho portanto é identificar, em vias urbanas, o ponto de equilíbrio em que o Pavimento Rígido se torna mais interessante economicamente que o Pavimento Flexível. Para tanto, utiliza-se de cenários onde os materiais são variados em função do nível de tráfego e do suporte de subleito. Envolve a estrutura de pavimento inicial e as respectivas intervenções ao longo de um ciclo de vida útil de 10 e 40 anos. Analisa-se portanto, o ponto de equilíbrio entre Pavimento Rígido e Flexível para determinados custos/m² e taxas de amortização (Ta) referenciada a um mesmo patamar monetário e temporal via Valor Presente Líquido (VPL).

Através desse procedimento é possível concluir que, quaisquer que sejam os métodos de dimensionamento que venham a definir o tipo de pavimento em um empreendimento urbano esses devem ser acompanhados de uma análise econômica utilizando-se do conceito de "Life Cycle Cost Analysis (LCCA)". O custo de um pavimento envolve custo inicial e custos de intervenções. A simples análise de custo inicial não oferece subsídios suficientes ao investidor para que este venha a se decidir sobre o tipo de

estrutura de pavimento a se adotar em uma via urbana. O custo total que envolve o custo inicial mais o custo das intervenções ao longo do ciclo de vida de um pavimento, decorrente ao custo de captação do dinheiro no mercado dentro do conceito de LCCA, devem ser os elementos considerados no processo de decisão.

O DESEMPENHO DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS

A “Minnesota Asphalt Pavement Association (MAPA), publicou em MAR/2002 um artigo intitulado Pavement Life-What is the Truth ? indicando que Pavimentos Rígidos têm vida de serviço similar aos Pavimentos Flexíveis, em se tratando de pavimento com estrutura toda em asfalto (“Full Deph HMA”) ou projetos com base de agregados.

Estudos da Empresa ERES (1) identificaram que o pavimento asfáltico requer atividades de manutenção a cada intervalo de 3 a 5 anos. Maiores restaurações, somente após os 17 anos iniciais. No concreto, pequenas manutenções são necessárias após 12 anos de liberação ao tráfego e intervenções superficiais localizadas, após 18 anos.

A superior longevidade do concreto sobre a mistura asfáltica no Brasil, segundo SALATHÉ et al.(2), está na não homogeneidade do material asfáltico função de misturas de crus diferentes em sucessivas campanhas de produção ou quando, as condições de temperatura e tempo de estocagem ultrapassam certos níveis que venham acarretar perdas de frações leves do asfalto.

NEUFVILLE (3) desenvolveu análises estatísticas de vida de projeto em pavimentos, com dados entre 1920-1950, obtendo 17 anos para Pavimentos Flexíveis. Segundo WILLIAM (4) Pavimentos Rígidos necessitam de manutenção durante os primeiros 15 anos de serviço, devido à deterioração das juntas e problemas de drenagem.

Em estudos de Pavimentos Rígidos e Flexíveis de ZEMINIAN (5), DOMINGUES (6), LEOMAR, SORIA e WIDMER (7), entre outros, pode-se observar vida útil de 10 anos para Pavimentos Flexíveis com possibilidades de intervenções generalizadas nesse período. Para Pavimentos Rígidos pode-se observar vida útil de 20 anos com possibilidade de intervenções localizadas envolvendo resselagem de juntas.

Portanto, o que se observa é que não há como definir de uma maneira geral, o momento que se faz necessário intervenções nos Pavimentos Rígidos e Flexíveis. O importante observar é que o momento da intervenção depende do dimensionamento, do modelo de fadiga, do nível de tráfego, do controle de qualidade, do meio ambiente, etc.

LIMITAÇÕES PARA DEFINIÇÃO DE VIDA DE FADIGA DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Em seus estudos sobre fadiga de material betuminoso, utilizando-se como referência o método AASHTO (8), MONISMITH (9) não observou valores limites de fadiga superiores a 107 aplicações de carga. SAAL e PELL (10) chegaram entretanto, a valores de aplicações de carga da ordem 108.

Segundo MEDINA (11), ainda que o parâmetro fadiga do material seja importante na definição da política de manutenção e restauração, há de se considerar suas limitações decorrentes da influência do modo de carregamento com que são feitos os ensaios de laboratório, sob condições de tensão controlada e/ou sob condições de deformação controlada.

Segundo HUANG (12), as características geotécnicas e de resiliência dos materiais a serem empregados, o processo de acabamento da superfície e os processos construtivos que são função de um controle de qualidade eficaz, afetam o desempenho dos pavimentos ao longo de sua vida útil.

Segundo CARDOSO (13), o importante na estruturação de um pavimento do tipo Flexível é a visão do projetista das deformações permanentes caracterizadas pela consolidação, escoamento plástico, expansão e pelas deformações transitórias que desaparecem com a retirada das cargas que as produziram.

A estimativa da vida de fadiga de um pavimento flexível está ligada às limitações dos ensaios de laboratório, aos processos construtivos, ao controle de qualidade dos materiais e serviços, a estruturação das camadas, a capacidade de suporte das camadas e a capacidade de recuperação elástica da capa asfáltica em função do nível de tráfego.

LIMITAÇÕES PARA DEFINIÇÃO DE VIDA DE FADIGA DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Segundo PEREIRA (14), PITA, DUTRA e PENNA (15), retrações plásticas e térmicas na placa, carreamento de finos sob as placas e esborcinamento de juntas são alguns dos principais elementos causadores da deterioração dos Pavimentos Rígidos.

Segundo BALBO (16), os principais processos de deterioração são: irregularidade, falta de juntas, esborcinamentos de juntas e trincas de fadiga.

Segundo a norma DNER-48 (17) os defeitos em Pavimentos Rígidos estão classificados através de graus de severidade e densidade de ocorrência. Estudos desenvolvidos por GARNETT NETO (18) entretanto, indicaram como sendo o alçamento de placas em alto grau de severidade menos prejudicial ao pavimento do que placas divididas com baixo grau de severidade, embora a norma do DNER (17) considere o contrário

Segundo CARVALHO (19), a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, divide os defeitos nos Pavimentos Rígidos em dois tipos: os mais freqüentes e os de ordem funcional.

Os defeitos mais freqüentes são: as fissuras lineares e de canto, esborcinamento de juntas, placas divididas, quebras de canto e buracos.

Os defeitos de ordem funcional são: a escamação e desgaste superficial, bombeamento, assentamentos, desnivelamento pavimento-acostamento e defeitos na selagem das juntas.

Portanto, o Pavimento Rígido tem sua vida de fadiga atrelada a um dimensionamento adequado da placa de concreto, ao controle de qualidade de materiais e serviços e as intervenções ao longo de seu ciclo de vida. A resselagem de juntas tem influência na fadiga da placa, sendo considerada uma intervenção mínima necessária pelo menos a cada 10 anos.

ESTUDOS ECONÔMICOS EM PAVIMENTOS A EXPERIÊNCIA ADQUIRIDA

Estudos econômicos em pavimentos segundo KAAAN et al.(20) têm envolvido conceitos de análise de custo de ciclo de vida de pavimentos (LCCA “Life cycle Cost Analysis”) que foram introduzidos nos Estados Unidos da América em 1847 quando Gillespie publicou o “Manual sobre princípios e praticas de se fazer rodovias”. Este associou o custo efetivo de uma rodovia ao projeto que desse o maior retorno, associando o investimento com a construção e a manutenção.

O Brasil começou a se preocupar com os estudos econômicos em pavimentos segundo QUEIROZ (21), na pesquisa conduzida pelo IPR onde se quantificou o custo do usuário e o custo operacional do veículo através de modelos empíricos que alimentaram o banco de dados do modelo HDM, atualmente na versão IV, em uso pelo Banco Mundial para a liberação de empréstimos aplicados a rodovias.

ZEMINIAN (5), comparou custos entre Pavimentos Rígidos e Pavimentos Flexíveis, relacionando-os ao VMD e ao Número “N” do DNER para condições de contorno específicas, obtendo opções sobre o tipo de pavimento a ser adotado em função do VMD.

PITA(22) desenvolveu análises de custo comparativo entre Pavimentos Flexíveis e Rígidos, considerando períodos de vida útil de 15 anos para Pavimentos Flexíveis e de 30 anos para Pavimentos Rígidos concluindo serem os Pavimentos Rígidos mais vantajosos em longo prazo e em casos específicos, a custo inicial.

CARVALHO, GROSSI e IGNATI (23) desenvolveram estudos de custos comparativos entre Pavimentos Rígidos e Flexíveis em áreas críticas de solicitação de tráfego, concluindo pelo uso do Pavimento Rígido.

FELIPE AUGUSTO e NISHYAMA (24) desenvolveram estudos econômicos comparativos entre um trecho de Pavimento Flexível e um trecho de Pavimento Rígido da via Imigrantes levando-se em conta o desempenho durante 20 anos, concluindo serem os Pavimentos Rígidos mais vantajosos que os Pavimentos Flexíveis.

Estratégias de custos de manutenção e restauração dos Pavimentos Flexíveis envolvendo previsão de defeitos e irregularidades, através de relações empírico-mecanísticas como os em uso pelo DNER, foram desenvolvidas e adaptadas por PEDRAZZI (25) em processo de ranqueamento, visando caracterizar ciclos de vida útil em Pavimentos Flexíveis.

GARNETT NETO (18) desenvolveu estudos econômicos relacionando variações de custos de manutenção em função de determinados períodos de intervenção, concluindo que a longevidade do pavimento de concreto está ligada à correta previsão de sua manutenção decorrente da ação de agentes danosos.

SAVERI (26) desenvolveu estudos em Pavimentos Rígidos para diversos tipos de subleito e tráfego. Observou que os custos de manutenção e reabilitação foram menores para as estruturas dimensionadas pelo método AASHTO/86 (8) adotado pelo DNER do que as dimensionadas pelo método da PCA/66 (27). Caracterizou como sendo os elevados custos iniciais a causa para se justificar a não utilização de Pavimentos Rígidos em detrimento do Pavimento Flexível.

Portanto, custo comparativo entre Pavimento Flexível e Pavimento Rígido leva em consideração o nível de tráfego, a capacidade de suporte do subleito e os custos das intervenções ao longo de seu ciclo de vida, referenciados a um mesmo patamar monetário e temporal.

O VALOR PRESENTE LÍQUIDO COMO PARÂMETRO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Segundo ADLER (28) a importância de se desenvolver estudos econômicos em um empreendimento, antes deste se materializar, está na possibilidade de se avaliar os custos e os benefícios econômicos proporcionados. Trata-se de uma forma de identificar se os benefícios líquidos propostos serão pelo menos iguais àqueles que poderiam ser obtidos em outras oportunidades de investimento, esgotando-se todas as alternativas ou cenários possíveis.

Segundo PARK e SHARP-BETTE (29) estudos econômicos envolvem tempo e risco de capital.

Segundo HIRSCHFELD (30), estudos econômicos envolvem a correta aplicação de métodos de análise de alternativas econômicas vistas como indispensáveis para a melhor alocação de recursos disponíveis, compatibilizando riscos admissíveis com retornos financeiros aceitos como satisfatórios.

O Valor Presente Líquido (VPL) segundo KANAN et al. (20) é uma variável dependente das variáveis independentes que envolve a taxa de desconto ou "Discount Rate", referindo-

se este a taxa de juros decorrentes da oportunidade de capital, o investimento inicial, receitas e despesas e o período considerado de análise.

O termo Taxa de amortização (T_a) tem como objetivo caracterizar não só a taxa de juros decorrente da oportunidade de capital mas também, caracterizar ser esta, a mesma taxa utilizada como parâmetro de amortização do capital investido ao longo do empreendimento. Dessa forma pode-se observar a depreciação inerente a processos de financiamento com longa duração, como é o caso de pavimentos.

LAPPONI (31) em projetos que exigem mais de 1(um) ano de desembolso como é o caso de pavimentos, recomenda o uso da expressão geral do VPL sem considerar o elemento benefícios que envolvem receitas e despesas.

ADLER (28) enfatiza os benefícios como sendo de difícil aferição embora de obtenção direta como é o caso do atributo conforto ao usuário ou o parâmetro tempo de viagem ou ainda, o atributo desgaste do veículo.

Ressalta ADLER (28) que a maior parte dos benefícios em pavimentos tem como objetivo final a redução do custo de transporte que tende a lançar mão de um grande número de usuários por um período infinito de tempo, o que dificulta previsões em longo prazo.

Portanto, embora o VPL envolva relação entre benefício e custo esta relação não será considerada haja vista que ADLER (28) deixa claro que sendo os benefícios, os mesmos, dentro desse ambiente de cenários alternativos, bastaria buscar o de menor custo caracterizado pelo VPL.

Em ambientes futuros, onde as estimativas das variáveis independentes sofrem flutuações de forma isolada ou em conjunto e podem afetar a análise de decisão, o uso do parâmetro VPL torna-se adequado e mais do que suficiente como sendo a solução ideal em estudos econômicos de múltiplos cenários de aceitação ou rejeição, ou seja:

n

$$VPL = \sum_{t=0}^n I_t \cdot [1 + T_a]^{-t} \quad \text{onde:} \quad (1)$$

$t=0$

I = Investimento em um tempo qualquer caracterizado pelas intervenções de manutenção e restauração;

n = Tempo considerado ou período;

T_a = Taxa de amortização ou taxa de juros, considerada como taxa de oportunidade de capital.

DIMENSIONAMENTO INICIAL DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS

Para Pavimentos Flexíveis é adotado como dimensionamento inicial o método CBR desenvolvido por SOUZA(32) em face ser este um método tradicional usado nas estradas brasileiras e, segundo RODRIGUES(33), apresentar espessuras de pavimentos conservativas.

Os cenários envolvem diversas composições estruturais sobre subleito regularizado, variando os valores de CBR entre 2%, 5%, 6% e 9%, considerando camada de rolamento: CBUQ - capa e binder e, TSD (Tratamento Superficial Duplo); Base: BGS (Brita Graduada Simples), Solo cimento (SC) e Concreto Rolado (CR); Sub-base: solo estabilizado granulometricamente, e Reforço de subleito: material de empréstimo com CBR >2%

Os valores de CBR envolvidos nos cenários foram escolhidos de forma a permitirem estabelecer os limites inferiores e superiores para a necessidade de reforço de subleito, como é o caso dos valores de CBR 2% e 9%. Os valores de CBR de 5% e 6% foram considerados por serem intermediários, os quais visam caracterizar a influência de pequenas variações de CBR na espessura de projeto do pavimento.

Os materiais considerados na composição das estruturas de pavimentos têm duas abordagens. A primeira está ligada à tradição do uso da base de brita graduada e solo granular em estruturas de pavimentos decorrente do próprio método CBR.

A segunda abordagem envolvendo bases cimentadas de SC e CR está ligada à consideração de Pavimento Flexível semi-Rígido e a influência do custo e desempenho desses materiais para efeito de comparação ao Pavimento Rígido, que tem procurado caracterizá-las como vantajoso redutor de espessuras de placas tornando o Pavimento Rígido mais competitivo.

Dessa forma, o método de SOUZA (32) é utilizado no dimensionamento inicial das estruturas de Pavimentos Flexíveis considerando vida útil de 10 anos, múltiplos cenários para CBR de 2%, 5%, 6% e 9%, cinco níveis de tráfego 105, 106, 107 5x107 e 108, carga padrão de 8,2 tf, Revestimento em CBUQ e TSD, função do método adotado, Base de BGS, SC, CR, sub-base de solo estabilizado granulometricamente e reforço de subleito, quando CBR <2%.

Para Pavimentos Rígidos é adotado como dimensionamento inicial o método PCA/66 (27) que tem sido aplicado nas estradas brasileiras e segundo SAVERI (26), apresenta as menores espessuras para todos os tipos de subleito e tráfego, comparado ao método AASTHO/86 (8), adotado atualmente pelo DNER sendo portanto, uma opção conservativa.

Dessa forma, o método da PCA/66 (27) é utilizado no trabalho considerando vida útil de 20 anos com múltiplos cenários compatíveis aos do Pavimento Flexível. Utiliza-se placa de Concreto Cimento Portland simples com tensão de tração na flexão de 4,5 MPa, sub-base de BGS, SC e CR relacionada com módulo de reação do terreno de fundação(K) função da espessura desta sub-base fixada em 10 cm. São usados os mesmos CBR's estabelecidos para o Pavimento Flexível sem considerar reforço de subleito.

CENÁRIOS DE CICLO DE VIDA ADOTADOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS

O critério para a seleção da estratégia de intervenção adotada em Pavimentos Flexíveis baseou-se nas condições simuladas de defeitos de revestimento e de defeitos estruturais. Quantificaram-se os níveis de degradação pela variação do PSI (Present Serviceability Index) ao longo do tempo. Tais níveis de degradação são avaliados para revestimento em TSD e CBUQ propostos por PAIVA e PEDRAZZI (34) aplicado a metodologia de PEDRAZZI (25) e encontra-se apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Critério de intervenção ao longo do tempo

Ano de intervenção a partir da data zero	PSI	Faixa de referência	Estratégia de intervenção
2	3,6	2,6=SI=4,0	Manutenção
4	3,3	2,6=PSI=4,0	Manutenção
8	2,4	2,1=PSI=2,50	Reforço
10	1,8	1,5=PSI=2,0	Reconstrução

Os cenários/custos de intervenção em Flexível são apresentados nas tabelas 2a à 2d, aplicados ao ciclo de vida dimensionado inicialmente em 10 anos, revestimento em TSD e CBUQ para cada tipo de CBR de subleito e tráfego.

Tabela 2a - Cenário de causa e efeito, considerando o PSI, com revestimento em TSD

PSI	FC-1	D	ALP	SV	O	SV	P	De
3,8	10		10	8	10	15		50
3,6	35		10	8	10	15		120
3,0		35	55	15				90
2,4		35	10	15	10	30	35	120

NOTA: Adaptado de PAIVA e PEDRAZZI(34)

Tabela 2b - Cenário de causa e efeito, considerando o PSI, com revestimento em CBUQ

PSI	FC-1	FC-2	ATP	SV	O	SV	De
3,8	10		10	8			90
3,4	10		10	8	10	15	60
2,8	35		35	8			90
2,3		55	35	15			90

NOTA: Adaptado de PAIVA e PEDRAZZI(34)

Tabela 2c - Custo de cenário de intervenção, com revestimento em TSD

Ano de intervenção a partir da data zero	PSI	M&R	Custo US\$/m ²
2	3,8	Manutenção	5,51
4	3,0	Manutenção	6,57
8	2,3	Manutenção	6,49
10	2,4	Reforço(CBUQ:5cm)	7,91

NOTA: Adaptado de PAIVA e PEDRAZZI(34) com dólar referenciado a DEZ/04, custo: DER/SP

Tabela 2d - Custo de cenário de intervenção, com revestimento em CBUQ

Ano de intervenção a partir da data zero	PSI	M&R	Custo US\$/m ²
2	3,8	Manutenção	2,68
4	3,4	Manutenção	4,74
8	2,8	Manutenção	7,22
10	2,3	Reforço(CBUQ:5cm)	7,91

NOTA: Adaptado de PAIVA e PEDRAZZI(34) com dólar referenciado a DEZ/04, fonte: DER/

Ano de intervenção a partir da data zero	PSI	M&R	Custo US\$/m ²
2	3,8	Manutenção	2,06
4	3,4	Manutenção	4,02
8	2,8	Manutenção	7,22
10	2,3	Refeitor CBU (2,5cm)	7,91

NOTA: Adaptado de PAIVA e PEDRAZZI(34) com dólar referenciado a DEZ/04, fonte: DER/SP

Os cenários de intervenção em Pavimentos Rígidos são os decorrentes da aplicação da metodologia proposta por GARNETT NETO (18) em função da evolução dos defeitos observados da Av. das Amoreiras, em Campinas/SP. Dessa experiência gerou-se uma curva de sobrevivência em função dos defeitos observados. Nos cenários adotados decorrentes da evolução dos defeitos observados da Av. das Amoreiras, em Campinas/SP, fixou-se como primeira intervenção a partir da data zero, serviços de resselagem de juntas a cada 10 anos.

As tabelas 3 e 4 apresentam os tipos de defeitos considerados, os serviços envolvidos e materiais adotados, com os custos decorrentes. Ainda que não conte na tabela 3, os tipos de defeitos previstos para o período de 32 a 40 anos, estes são uma continuidade da curva de sobrevivência de GARNETT NETO (18).

Tabela 3 -Evolução de defeitos em Pavimento Rígido, durante um período de 40 anos

Tipo de defeito	Grau de Severidade	Placas afetadas /idade do pavimento em 40 anos									
		12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Placas divididas	A	5	5,5	6,2	6,8	7,5	8,5	9,2	10,4	11,5	12,8
Placas divididas	B	5	5,5	6,6	7,5	8,5	9,7	10,9	12,3	13,8	13,9
Desboreinadas	A	-	-	7	7	-	-	7	7,1	7,1	6,5
Quebras canto	A	3	3	3	3	3	3	3,1	3,1	3,2	3,2
Fissuras lineares	A	22	22,5	22,5	22,5	23,4	23,9	24,2	25,1	25,7	25,5
Fissuras lineares	M = 3	50	50	50	50	50	50	50	50	50	49

NOTA: Adaptado de GARNETT NETO(18).Área considerada (1440m²) equivalente a 111 placas com 3,6x3,6mx0,18m, tendo 11% da área com placas divididas e fissuradas em 12 anos de vida. Para 40 anos extrapolaram-se os valores a partir do 30º ano.

Tabela 4 - Tipo de defeito em Pavimento Rígido, serviços envolvidos e materiais adotados

Tipo de defeito	Serviços envolvidos em placas (ano de intervenção) e No. de placas afetadas segundo tabela 3	Materiais adotados	Custo placa (US\$)
Placas divididas severidade alta	Demolição e reconstrução total	Concreto com cimento ARI e ades.base epóxi	445.91

Tabela 4. (Continuação) - Tipo de defeito em Pavimento Rígido, serviços envolvidos e materiais adotados

Tipo de defeito	Serviços envolvidos em placas (ano de intervenção) e No. de placas afetadas segundo tabela 3	Materiais adotados	Custo placa (US\$)
Placas divididas severidade baixa	Demolição e reconstrução parcial	Concreto com cimento mod. c/ polímero e ades.base epóxi	1863.10
Fissuras lineares Severidade alta	Demolição e reconstrução parcial	Concreto com cimento ARI e ades.base epóxi	41.80
Fissuras lineares Sev.médio/ baixo	Selagem de Fissuras	Mastique elastomérico de poliuretano	52.25
Esborcinamento de juntas	Escarif.superfície, Recomp.e resselag.	Resina sintet. orgânica a base de epóxi	314.30
Quebras canto	Demolição e reconstrução parcial	Micro concr. Fluído a base de c.aluminoso	21.30

Adaptado de GARNETT NETO(18). Dólar referenciado a DEZ/04.

EQUAÇÕES DE PONTO DE EQUILÍBRIO ECONÔMICO

São apresentadas a seguir as figuras de 1 a 5 referentes as equações de ponto de equilíbrio econômico envolvendo as devidas intervenções, onde se compara o VPL do custo inicial/m² (DER/SP) versus Ta, entre Pavimento Rígido e Pavimento Flexível ao longo de 10 anos, para Nf=Nfc variando de 10⁵ a 10⁸

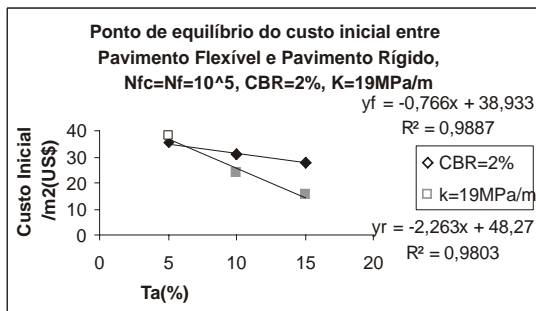


Figura 1-Ponto de equilíbrio, Base:BGS, Nf=10⁵

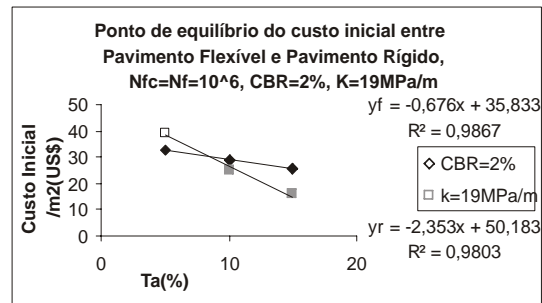


Figura 2 Ponto de equilíbrio, Base:BGS,Nf=10⁶

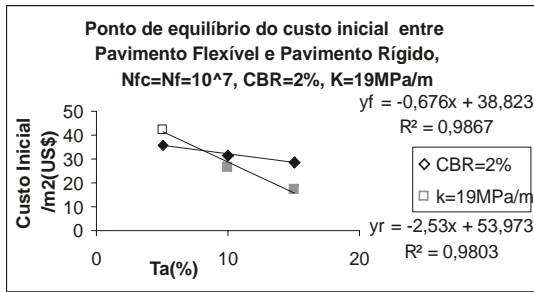


Figura 3-Ponto de equilíbrio, Base:BGs, Nf=10⁷

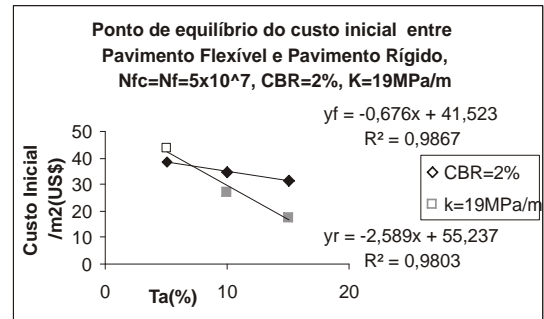


Figura 4 Ponto de equilíbrio, Base:BGs,Nf=5x10⁷

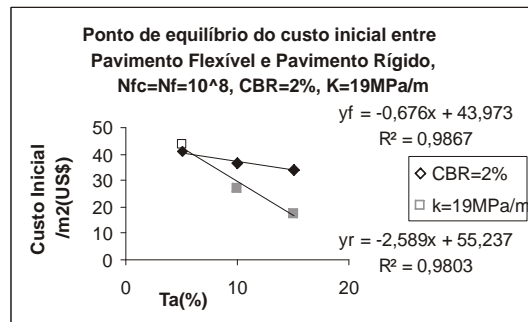


Figura 5-Ponto de equilíbrio, Base:BGs, Nf=10⁸

São apresentadas a seguir as figuras de 6 a 10 referentes as equações de ponto de equilíbrio econômico envolvendo as devidas intervenções, onde se compara o VPL do custo total/m² (DER/SP) versus Ta entre Pavimento Rígido e Pavimento Flexível ao longo de 40 anos, para Nf=Nfc variando de 10⁵ à 10⁸

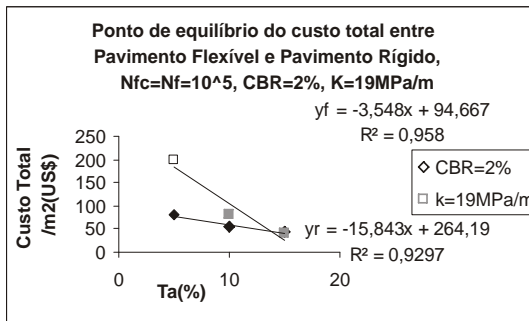


Figura 6-Ponto de equilíbrio, Base:BGs, Nf=10⁵

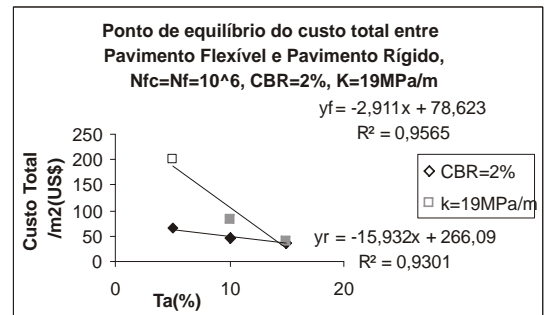


Figura 7 - Ponto de equilíbrio, Base:BGs,Nf=5x10⁶

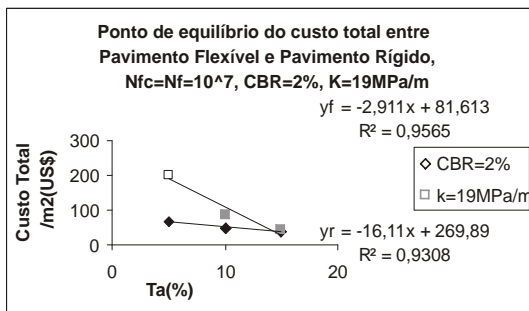


Figura 8-Ponto de equilíbrio, Base:BGs, Nf=10⁷

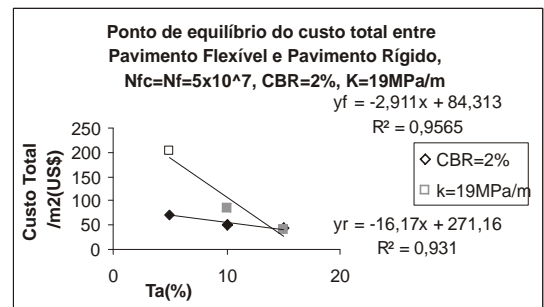


Figura 9 Ponto de equilíbrio, Base:BGs,Nf=5x10⁷

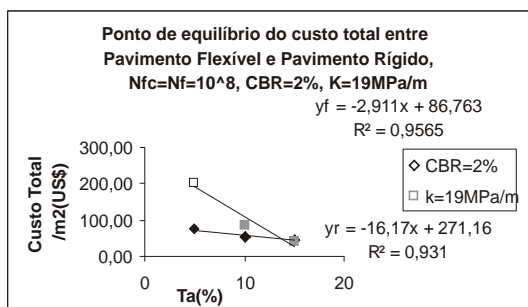


Figura10-Ponto de equilíbrio, Base:BGS, Nf=10⁸

CONCLUSÕES

A Ta mostrou ser o parâmetro fundamental e elemento balizador para o decisor na escolha do tipo de pavimento a se adotar. A relação Ta versus custo/m²(US\$) caracteriza o momento em que o Pavimento Rígido se torna mais interessante economicamente que o Pavimento Flexível, para um dado nível de tráfego e capacidade de suporte de subleito.

O Pavimento Flexível mostrou-se, de uma maneira geral, ser mais interessante economicamente que o Pavimento Rígido e dependente da Taxa de amortização que é inversamente proporcional ao VPL uma vez que, quanto maior for a Ta menor será o VPL. O custo de intervenção (manutenção e restauração) é calculado a preços atuais através do VPL e desembolsados no futuro, função do ciclo de vida do pavimento.

O caso mais crítico estudado através da metodologia proposta em termos de estrutura de pavimento, trata de uma situação de decisão onde a capacidade de suporte do subleito é de CBR=2% e o Nível de Tráfego de 10⁸.

Nesse caso a custo inicial e ciclo de vida de 10 anos, o Pavimento Rígido com sub-base de CR mostra-se economicamente mais viável que o Pavimento Flexível com Base de BGS. Entretanto, ao se considerar um ciclo de vida de 40 anos, o Pavimento Flexível torna-se mais interessante economicamente do que o Pavimento Rígido, através do ponto de equilíbrio a Ta em 13,79%, conforme está apresentado na tabela 5.

Tabela 5- Comparação de VPL entre custo inicial e custo total para CBR=2%, Nfc=Nf=10⁸

Ta(%)	VPL do Custo inicial / m ² (US\$)		VPL do Custo total / m ² (US\$)	
	Flexível	Rígido	Flexível	Rígido
5	40.82	39.82	74.00	199.49
10	36.76	25.01	54.07	81.84
15	34.06	16.03	44.89	39.90
Ponto de equilíbrio	Ta: 3,97% , US\$ 41.28/m ²		Ta: 13,79% , US\$ 46.64/m ²	

Portanto ao considerar a Taxa de Juros publicada pelo Governo no Brasil de hoje em torno de 13% a.a. sem considerar a inflação, pode-se dizer que o Pavimento Rígido torna-se uma opção bastante interessante do ponto de vista econômico.

Observou-se ao considerar a composição de custo/m²(US\$) do

DER/SP para revestimento em TSD que o custo/kg do cimento é 36% do custo/kg da emulsão asfáltica RR-2C e para o caso de revestimento de CBUQ, o custo/kg do cimento é de 31% do custo/kg do Cimento Asfáltico de Petróleo.

Portanto pode-se dizer que o Pavimento Rígido torna-se uma opção bastante interessante do ponto de vista econômico na medida em que esse percentual seja reduzido, como vem ocorrendo com a estabilidade do País ou simplesmente com isenção de impostos como é o caso do ICMS que já vem ocorrendo no Estado de São Paulo.

Ressalta-se contudo, a importância de se utilizar o conceito de LCCA para identificar o ponto de equilíbrio em custo/m²(US\$) função da Ta para um determinado nível de tráfego e capacidade de suporte de subleito.

Esse tipo de informação facilita a decisão do empreendedor não especializado em pavimentação, uma vez que abrange o ciclo de vida do pavimento. Esse tipo de informação embute o processo de dimensionamento inicial ou dos cenários de intervenções (manutenção e restauração) uma vez que ao tomador de decisão não cabe o conhecimento da mecânica dos pavimentos.

Ao tomador de decisão portanto, é imperativo desenvolver o Planejamento de Implantação de uma Via, não somente baseado em seu custo inicial mas, utilizando-se do parâmetro VPL extremamente sensível à Taxa de Amortização (Ta) em uma

análise de custo de ciclo de vida do pavimento. Permite definir recursos de intervenções desde o início do empreendimento considerando que o custo de implantação de uma via não se restringe ao custo inicial e sim, ao custo de seu ciclo de vida.

A metodologia proposta contudo, é uma ferramenta bastante útil ainda que não considere movimento de terra. O objetivo maior é mudar a mentalidade do tomador de decisão de forma a permitir que este comece a se preocupar com o ciclo de vida do pavimento ao escolher o tipo de estrutura de pavimento em um empreendimento rodoviário. Trata-se portanto, de uma maneira simples em linguagem acessível a qualquer administrador na medida em que a informação dada é de custo/m²(US\$) para determinada Ta(%) dado um nível de tráfego e capacidade de suporte de subleito.

Conclui-se finalmente que ao investidor cabe a decisão sobre o tipo de estrutura de pavimento a se adotar em vias urbanas, baseadas no custo total que envolve o custo inicial mais o custo das intervenções ao longo do ciclo de vida de um pavimento. Essa decisão é decorrente do custo de captação do dinheiro no mercado, dentro do conceito de LCCA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ERES Consultancy - "Review of Life-Cycle Costing Analyses Procedures" Consultant for the Ministry of Transportation of Ontario, Canada, 1998.
2. SALATHÉ, J.E. , et al "Avaliação de cimentos asfálticos de petróleo para emprego em pavimentação", Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias(ABCR), 2004.
3. NEUFVILLE, R. "Choice of Highway Pavement: Asphalt or Concrete", Massachusetts Institute of Technology(MIT), 2004.
4. WILLIAM H. T. et al , "Life Cycle and Loading Characteristics of AASHTO Designed Rigid and Flexible Pavement in Louisiana", Final Report (Research Report No. 214, Research Project No. 84-IP(B), February, 1989.
5. ZEMINIAN, M.G.S.L "Estudo comparativo de custos de pavimentos Rígido e Flexível para a definição de uma política de pavimentação no Estado de Minas Gerais", 1.º Congresso Brasileiro de Pavimentos de Concreto, agosto/77.
6. DOMINGUES, F.A.A. - "Comparação econômica entre um trecho de pavimento asfáltico e um trecho de Pavimento Rígido da rodovia dos imigrantes, levando-se em conta os seus desempenhos durante 20 anos". 30ª Reunião Anual de Pavimentação, Salvador/Bahia, de 24 a 29 de novembro de 1996, ABPv.
7. LEOMAR, J.F.J, SORIA, M.H, WIDMER, J.A "Efeitos das solicitações do tráfego sobre os custos de construção, manutenção.
8. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993.
9. MONISMITH, C.L Asphalt Mixture behaviour in repeated flexure report No. TE 66-6, University of California, Berkeley, USA, 1967.
10. SAAL, R.N.J e PELL, P.S. "Fatigue of bituminous road mixes kolloid Zeitschrift, Bd 171, Heft 1, 1960.

11. MEDINA, J. “Fundamentos da mecânica dos pavimentos”. Tese de concurso para Professor Titular da COPPE-UFRJ. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, ago. 1988.
12. HUANG, Y.H. “Pavement Analysis and Design, University of Kentucky Prentice-Hall, inc.”, 1993.
13. CARDOSO, S.H. “Procedure for flexible airfield pavement design, based on permanent deformation”, Tese de Doutorado, Universidade de Maryland/USA, 1987.
14. PEREIRA, D.S. “Pavimentos de Concreto de cimento Portland”, Laboratório de Mecânica dos Pavimentos PTR EPUSP, São Paulo, SP.
15. PITA, M., DUTRA, M.C., PENNA, P.F.R., ABCP- Materiais para pavimentos de Concreto simples, Livro Técnico, JUN/1999.
16. BALBO, J.T. “Análise crítica dos Métodos para Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Simples” 45º Congresso Brasileiro de Concreto.
17. DNER-48 - “Manual de Pavimentos Rígidos 1ª Edição, DNER, Rio de Janeiro, 1992.
18. GARNETT NETO, G. “Estudo Técnico e Econômico da Manutenção de um Pavimento de Concreto”, dissertação de mestrado, UNICAMP/2000.
19. CARVALHO, M.D. “Recuperação e Manutenção de Pavimentos de Concreto, Prática Recomendada”, ABCP, Boletim Técnico No. 104, 1984.
20. KANAN, O., et al - “Guidelines for Life Cycle Cost Analysis”, Final Report (FHWA-NJ-2003-012), July 2003.
21. QUEIROZ, C.A.V. “Performance Prediction Models for Pavement Management in Brazil”, Tese de Doutorado pela Universidade do Texas, Austin Texas/USA, 1.981.
22. PITA, M.R. “Estudo Técnico e econômico Pavimento de Concreto de Cimento Portland, Rodovia BR-304.
23. CARVALHO, M.D.; GROSSI, L.C. e IGNATI, M.B. “Custos comparativos de Pavimentos Rígidos e Flexíveis em Áreas Críticas de Solicitação de Tráfego. 28ª Reunião Anual de Pavimentação-ABPv, Belo Horizonte-MG, 1994.
24. FELIPE AUGUSTO, A.D. e NISHYAMA, E.S. “Comparação econômica entre trecho de Pavimento em Concreto Asfáltico e um trecho de Pavimento Rígido da rodovia imigrantes, levando-se em conta os seus desempenhos durante 20 anos, anais da 30ª RAPv 24 a 29 NOV 1994, Salvador, Bahia.
25. PEDRAZZI, T.B. “Proposição de uma estratégia para alocação de recursos financeiros em atividades de manutenção e restauração de Pavimentos Flexíveis”- tese de mestrado, UNICAMP, Campinas-SP, 2004.
26. SAVERI, A.A. “Considerações sobre os custos de Pavimentos Rígidos com base em conceitos de gerência de pavimentos”, Tese de mestrado, USP, 1977.
27. PCA/66 - “Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários”, ABCP Estudo Técnico No.14, São Paulo, 1986.
28. ADLER, H.A. “Avaliação econômica dos projetos de transportes metodologia e exemplos”, Editora Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., tradutor ARAUJO, H.L., Rio de Janeiro, 1978.
29. PARK, C.S. e SHARP-BETTE, G.P. “Advanced Engineering Economics”, John Willey & Sons, Inc., 1990.
30. HIRSCHFELD, H. “Engenharia Econômica e Análise de Custos” Editora Atlas S.A., 1992.
31. LAPONNI, J.C. “Avaliação de Projetos de Investimento”- Editora Lapponi, S.A., São Paulo, 1996.
32. SOUZA, M.L. “Método de Projetos de Pavimentos Flexíveis”, D.N.E.R., 1966 e alterações posteriores.
33. RODRIGUES, R.M.- “Projeto de Pavimentos” - Apostila do Curso de Projeto Estrutural de Pavimentos, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2001.
34. PAIVA e PEDRAZZI “Estudo econômico de processos de manutenção/restauração de pavimentos asfálticos deteriorados”, Costa Rica, 2005.

ESPAÇO ACADÊMICO

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

redacao@abpv.org.br e redacao@revistapavimentacao.org.br

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Dissertações apresentadas ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes

Data: 2006		
Título:		
COMPORTAMENTO DE CONCRETOS ASFÁLTICOS PROJETADOS COM CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POR BORRACHA DE PNEUS		
Autor	Orientador	Co-orientador (es)
CAP WILLIAM RUBBIOLI CORDEIRO	Luiz Antônio Silveira Lopes - D. Sc	- Salomão Pinto - D. Sc; - Álvaro Vieira - M. Sc.
Resumo		
<p>Pesquisas sobre a aplicação de borracha de pneus descartados em pavimentação asfáltica vêm sendo desenvolvidas desde o início da década de 1990 no Brasil. Este trabalho apresenta uma inovadora tecnologia de obtenção de uma mistura homogênea de ligante asfáltico com borracha regenerada. São analisadas as principais propriedades reológicas do ligante modificado com diferentes concentrações de borracha, segundo ensaios tradicionais e da metodologia SUPERPAVE, comparando-as com um ligante convencional. Ainda, são analisadas algumas propriedades dos asfaltos borracha de algumas empresas fornecedoras deste tipo de ligante no Brasil. Para caracterização e verificação de desempenho dos concretos asfálticos, realizaram-se os ensaios da metodologia Marshall, ensaios de resistência à tração, módulo de resiliência à compressão diâmetral, fadiga à tensão controlada. Ficou evidente a existência da viabilidade técnica para execução de revestimentos com a utilização de borracha reciclada.</p>		

Data: 2005		
Título: INFLUÊNCIA DA ENERGIA E DA TEMPERATURA DE COMPACTAÇÃO NOS PARÂMETROS VOLUMÉTRICOS E NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS CONCRETOS ASFÁLTICOS		
Autor	Orientador	Co-orientador (es)
CAP ALEXANDRE PEDRO FORADINI DE ALBUQUERQUE	Luis Alfredo Ventorini - D. Sc	- Salomão Pinto - D. Sc; - Álvaro Vieira - M. Sc.
Resumo		
<p>A obtenção de bons resultados na execução de revestimentos asfálticos exige um eficiente e rigoroso controle tecnológico do grau e da temperatura de compactação da mistura. Infelizmente, são freqüentes a não observância dos limites de temperatura previstos nas especificações e a compactação inadequada da mistura na pista. É comum observar em campo, também, a tentativa de “compensar” a baixa temperatura de compactação através do aumento da energia (maior número de rolagens do rolo compactador).</p> <p>Esta dissertação de mestrado apresenta os resultados de um estudo experimental sobre o efeito da variação da energia e da temperatura de compactação nos parâmetros volumétricos e nas propriedades mecânicas dos concretos asfálticos.</p> <p>Foram moldados corpos-de-prova de concreto asfáltico com diferentes combinações de energia e temperatura de compactação e analisados seus efeitos nos parâmetros volumétricos (densidade aparente, vazios e grau de compactação) e em suas propriedades mecânicas (resistência à tração, módulo de resiliência e resistência à fadiga). As misturas projetadas, segundo o método Marshall, obedeceram às faixas B e C do DNIT, sendo considerada a combinação de 60 golpes por face e temperatura de 140°C como a de referência ou de projeto. Utilizou-se o CAP-20 da Reduc-RJ e agregados típicos da região sudeste do país. Na moldagem dos corpos-de-prova variou-se tanto o número de golpes por face (30, 60 e 90) quanto as temperaturas de compactação (90C, 140C e 160C).</p> <p>Os resultados obtidos em laboratório possibilitaram avaliar a influência da energia e da temperatura de compactação no comportamento mecânico dos concretos asfálticos. Finalmente, com o auxílio do programa ELSYM5, é apresentada uma aplicação dos resultados na análise de diversos perfis de pavimentos típicos, verificando-se como cada combinação de moldagem se comportou quanto à deflexão e a vida de fadiga.</p>		

Data: 2005		
Título: APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS MCT E RESILIENTE A SOLOS FINOS DO CENTRO-NORTE DO MATO GROSSO		
Autor	Orientador	Co-orientador (es)
TEN BEN-HUR DE ALBUQUERQUE E SILVA	José Carlos César Amorim - Dr. Ing.	Laura Maria Goretti da Motta - D.Sc. Álvaro Vieira - M.Sc.
Resumo		
<p>Esta dissertação analisa as propriedades e o comportamento das duas ocorrências de solos, predominantes no município de Sinop/MT, visando o seu emprego na pavimentação de rodovias com baixo volume de tráfego. São aplicadas duas metodologias de projeto de pavimentos, as quais tiram proveito das características mecânicas e hídricas dos solos tropicais, como definidoras de estruturas iniciais a serem submetidas à verificação mecanística: a Metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) e a Metodologia proposta por ALVAREZ NETO (1997) que sugere aptidões dos solos tropicais à solitação mecânica. A análise mecanística mostrou que as metodologias citadas são aplicáveis ao caso de Sinop/MT desde que observadas certas particularidades de projeto. São apresentados os resultados dos ensaios de caracterização, compactação, CBR, módulo de resiliência e sucção mátrica dos solos estudados. Outros estudos complementares também são apresentados (variação da resistência e deformabilidade com o tempo - nas condições de perda ou não da umidade, dosagem físico-química de solo-cimento e adsorção do azul de metileno pelo método da mancha) visando maior conhecimento das características dos solos em questão.</p>		

Data: 2005		
TÍTULO:		
METODOLOGIA DE PRODUÇÃO E EMPREGO DE AGREGADOS DE ARGILA CALCINADA PARA PAVIMENTAÇÃO		
Autor	Orientador	Co-orientador
CAP GUSTAVO DA LUZ LIMA CABRAL	Luiz Antônio Silveira Lopes - D.Sc.	Álvaro Vieira – M.Sc.
Resumo		
<p>A pesquisa sobre a produção de agregados cerâmicos e sua utilização em pavimentação rodoviária, no país, teve seu início na década de 80, com os estudos do Instituto de Pesquisas Rodoviárias, do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (IPR/DNER), sobre a viabilidade de produção e emprego de agregados de argila expandida na região norte. Os resultados preliminares indicaram custos elevados de produção desse tipo de agregado, inviabilizando o prosseguimento dos estudos. Nos últimos anos, pesquisas desenvolvidas no Instituto Militar de Engenharia (IME) têm se direcionado, com sucesso, à obtenção de agregados de menor custo, obtidos por calcinação de solos argilosos selecionados e à análise do seu comportamento em misturas asfálticas.</p> <p>A fase atual da pesquisa está direcionada à obtenção de respostas relativas à produção em escala industrial dessa alternativa como material de pavimentação. Conseqüentemente, as questões referentes aos custos de fabricação são também relevantes, principalmente para regiões com escassez do agregado pétreo, ressaltando assim a vantagem econômica do agregado cerâmico.</p> <p>A presente dissertação de mestrado na área de infra-estrutura de transportes descreve um processo metodológico proposto para a fabricação e utilização desse tipo de agregado artificial em pavimentação rodoviária. Pretende-se com este estudo, fornecer subsídios indispensáveis ao processo decisório da escolha de materiais de pavimentação em regiões que apresentem carência de agregados de origem rochosa, apresentando a seqüência de operações a serem desenvolvidas desde a prospecção da matéria-prima necessária até a sugestão de unidades-modelo capazes de atender a todas as etapas de produção do agregado, indicando protótipos que possam produzir os agregados artificiais de argila calcinada com características adequadas à utilização em pavimentação, respeitando as condições e limitações regionais.</p> <p>Através de experimentos realizados em laboratório no presente estudo, foi constatada a viabilidade técnica de uma produção industrial experimental do agregado artificial de argila calcinada. São também apresentados os resultados das propriedades de resistência mecânica, porosidade e absorção, mistura solo-agregado, mistura asfáltica, e conseqüentemente dos custos envolvidos com esta pioneira produção experimental.</p>		

Data: 2004		
Título:		
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECANÍSTICA DOS AGREGADOS DE ARGILA CALCINADA PRODUZIDOS COM SOLOS FINOS DA BR-163/PA		
Autor	Orientador	Co-orientador (es)
FERNANDO GOMES DA SILVA BATISTA	Luiz Antônio Silveira Lopes - D.Sc.	Salomão Pinto – D.Sc. Álvaro Vieira – M.Sc.
Resumo		
<p>O trabalho apresenta os resultados referentes à caracterização dos agregados de argila calcinada produzidos em laboratório. São estudadas diversas amostras de solos, provenientes da região de Santarém-PA. Inicialmente são analisadas as características físicas, químicas e mineralógicas dos solos, e posteriormente são selecionadas algumas amostras para a produção do agregado. A escolha definitiva do solo que foi utilizado no estudo é realizada com os solos que apresentaram melhores resultados nos ensaios preliminares de caracterização dos agregados artificiais produzidos. Foram realizados ensaios complementares com esses agregados para verificação da sua resistência mecânica. Utilizou-se a argila calcinada em substituição ao agregado tradicional para a execução de ensaios em misturas asfálticas, realizando a dosagem pelo método Marshall e analisando os resultados de fadiga e módulo de resiliência para os corpos-de-prova produzidos no teor ótimo.</p>		

Data: 2004		
Título:		
ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECANÍSTICO DE SOLOS DA REGIÃO AMAZÔNICA E SEU INTER-RELACIONAMENTO COM AS SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS		
Autor	Orientadores	Co-orientador
CAP LUÍS CLÁUDIO DE MATOS CHAGAS	Luiz Antônio Silveira Lopes - D.Sc. e Álvaro Vieira – M.Sc.	- não teve -
Resumo		
<p>Esta dissertação de mestrado estuda amostras de solos da rodovia BR-163/PA (Cuiabá-Santarém), cuja importância no contexto regional destaca-se por atravessar região de alto potencial econômico e por se constituir na alternativa mais economicamente atraente para o escoamento da produção agrícola do centro do Brasil para o porto de Santarém. Dos seus 1.700 km de extensão, cerca de 1.100 km encontram-se no lado paraense, dos quais menos de 10% estão pavimentados e o restante encontra-se em estado precário de trafegabilidade. O estudo apresenta os resultados obtidos com amostras do subleito de um trecho de 90 km (Santarém/PA Rurópolis/PA), caracterizadas e submetidas a ensaios triaxiais dinâmicos. Com base nesses resultados, identificaram-se correlações entre valor do Módulo de Resiliência e os índices físicos tradicionais, aplicando-as em um projeto mecanístico da rodovia BR-163.</p>		

Data: 2003		
Título:		
METODOLOGIA PARA A UTILIZAÇÃO DE DADOS TOPOGRÁFICOS EM PROJETOS GEOMÉTRICOS AUTOMATIZADOS DE VIA		
Autor	Orientador	Co-orientador
Cap JOLIVAL ANTÔNIO DA SILVA JÚNIOR	Luiz Antônio Silveira Lopes - D.Sc.	- não teve -
Resumo		
<p>Este trabalho propõe uma metodologia de emprego dos dados topográficos em projetos geométricos automatizados de via realçando a importância do entendimento das partes envolvidas nesse processo: especificamente os projetistas e os topógrafos. O trabalho busca facilitar o processo de elaboração de projetos de via assistidos por computador que utilizam o levantamento topográfico para aquisição dos dados de campo, segundo a NBR 13133.</p> <p>Para tanto, são apresentados conceitos básicos e consolidados estudos sobre topografia convencional, digital e projeto geométrico de via. Estes estudos enfatizam a modelagem de terreno, a etapa de aquisição de dados proveniente da topografia e a automação do processo de projeto. Além disso, é feita uma apresentação sobre o atual grau de automação da topografia e de projetos de via nos Batalhões de Engenharia de Construção do Exército Brasileiro.</p> <p>Ao final, a metodologia é apresentada em etapas quando são definidos os critérios para o uso da ferramenta da automação do projeto geométrico de via. Para ilustrar os conceitos propostos, a metodologia é aplicada em um caso prático, explicitando as etapas, critérios e resultados obtidos.</p>		

Data: 1997		
Título:		
UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE ASFALTOS MODIFICADOS POR POLÍMEROS		
Autor	Orientadores	Co-orientador
ROMULO KELLER RODRIGUES	Luiz Antônio Silveira Lopes - D.Sc. e Salomão Pinto - D.Sc	- não teve -
Resumo		
<p>O presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico de misturas betuminosas fabricadas com asfalto modificado por polímeros SBS (Estireno-Butadieno-Estireno).</p> <p>Inicialmente, foram determinadas as características físicas e reológicas do cimento asfáltico base e dos ligantes modificados, onde foi possível observar sensível melhoria nas propriedades reológicas do asfalto convencional após a incorporação do polímero SBS.</p> <p>Foram realizados ensaios de compressão diametral para a determinação da resistência à tração estática, módulo de resiliência e vida de fadiga de misturas betuminosas densas confeccionadas com asfalto convencional e modificado. A partir dos resultados de bancada, verificou-se que as misturas com asfaltos modificados por SBS obtiveram excelente comportamento mecânico, caracterizado pela elevada flexibilidade e resistência adequada à ruptura plástica encontradas.</p> <p>Apresenta-se ainda, um estudo a respeito dos revestimentos drenantes (camada porosa de atrito), cujo desempenho depende fundamentalmente do tipo de asfalto empregado. Foram realizados estudos laboratoriais para verificar a capacidade de drenagem e resistência ao desgaste "Ensaio Cantabro" de misturas porosas preparadas com asfalto convencional e modificado por polímero SBS. Verificou-se que as misturas com asfaltos modificados apresentaram menor desgaste por abrasão, evidenciando a excelente capacidade de coesão proporcionada por este tipo de ligante às misturas abertas.</p>		

Data: 1990		
Título:		
PROGRAMA PARA CONSERVAÇÃO DE UMA REDE RODOVIÁRIA REGIONAL NÃO PAVIMENTADA		
Autor	Orientador	Co-orientador
ENIO CARLOS COSTA SIMIÕES	Fernando Luiz Cumplido MacDowell da Costa - Phd	- não teve -
Resumo		
<p>O crescimento sócio-econômico de um país deve ser tratado, considerando prioritariamente, a participação dos transportes, uma vez que este oferece os meios adequados ao escoamento de suas riquezas, e permite o acesso de assistência social às regiões mais isoladas.</p> <p>No Brasil, o transporte rodoviário participa majoritariamente como modalidade indispensável, respondendo pela circulação de quase toda produção oriunda das regiões rurais para os grandes centros consumidores.</p> <p>Antes de chegar às rodovias arteriais (em geral pavimentadas), esta produção circula por estradas não pavimentadas que, não obstante o reduzido tráfego diário, desempenham importante papel no sistema de transportes.</p> <p>Tendo em vista que um escoamento eficiente reduz o tempo de viagem entre origem e destino, reduzindo custos, conclui-se que a conservação das estradas não pavimentadas pode influenciar sensivelmente na economia.</p> <p>Quando realizada com criterioso dimensionamento, empregando tecnologia adequada às características técnicas do trecho em estudo, a conservação contribui efetivamente para a redução dos custos rodoviários, tanto diretos quanto indiretos.</p> <p>Visando contribuir com as entidades de conservação rodoviária, o presente trabalho desenvolve um modelo computacional capaz de gerar informações destinadas a tomada de decisão quanto ao emprego dos recursos disponíveis de equipamento, envolvidos nos serviços de manutenção das estradas.</p> <p>Tal modelo agrega componentes de modelos existentes, acrescidos aos que aqui se apresentam, identificando o inter-relacionamento das diversas variáveis consideradas.</p> <p>A metodologia poderá ser aplicada em uma rede de rodovias não pavimentadas, a nível regional, levando em conta os principais fatores que afetam a conservação.</p>		

Data: 1986		
Título:		
CUSTOS DE CONSERVAÇÃO EM RODOVIAS DE CONCRETO ASFÁLTICO		
Autor	Orientador	Co-orientador (es)
ANTONIO CARLOS VALLE DE SOUZA	Fernando Luiz Cumplido MacDowell da Costa - Phd	- não teve -
Resumo		
<p>Considerando ser a preocupação atual do Ministério dos Transportes a conservação rodoviária, foi elaborado este trabalho, que visa contribuir no cálculo de custos da mesma a nível de Plano Diretor, através do desenvolvimento de equações lineares.</p> <p>Foi analisado o estado-da-arte, visando a escolha de variáveis explicativas dos custos, a serem utilizados nessas equações.</p> <p>Dois políticas de conservação foram aplicadas, para obtenção dos custos:</p> <p>Uma, a de não efetuar praticamente nenhuma conservação durante o intervalo entre recapeamentos. Neste caso, foram adotados quantitativos de previsão de serviços da P.I.C.R. (Pesquisa de Interrelacionamento dos Custos Rodoviários) e da M.C.B.M. (Metodologia do Custo Básico Modificado), gerando-se com isto, o modelo designado “?”. Outra, a política de se efetuar uma conservação parcial da deterioração usando exclusivamente a M.C.B.M., o que gerou o modelo designado “ ”.</p> <p>Foram também propostas equações lineares de previsão do número de anos entre recapeamentos correspondentes a cada um dos modelos desenvolvidos.</p> <p>Uma aplicação prática das equações obtidas foi desenvolvida numa rodovia hipotética, e conclusões a respeito dos métodos de dimensionamento de pavimentos da ASHO e DNER foram extraídas.</p>		

Data: 1984		
Título:		
MODELOS DE CUSTOS DE CONSTRUÇÃO	O RODOVIÁRIA PARA A	REGIÃO AMAZÔNICA
Autor	Orientador	Co-orientador
ROBERTO CAVALCANTE DE MELO	César Augusto Vieira de Queiroz - Phd	- não teve -
Resumo		
<p>O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de modelos de previsão de custos de construção rodoviária para a região amazônica, visando a obtenção dos custos de construção das alternativas de traçado de uma rodovia na fase de anteprojeto.</p> <p>Os modelos desse tipo encontrados na literatura técnica mundial possuem diferentes modos de emprego nos estudos rodoviários, sendo apresentados sucintamente em uma revisão conceitual que orientou a seleção das variáveis e as formas dos modelos.</p> <p>No trabalho, foram desenvolvidos modelos para os grandes itens dos serviços de construção rodoviária, tais como, terraplenagem, pavimentação, drenagem e obras de arte correntes, sendo dada maior ênfase para os modelos de terraplenagem pela importância desse serviço no custo total de construção. Os modelos buscam basicamente a estimativa das quantidades dos serviços a partir de variáveis de descrição do terreno e de elementos de projeto.</p> <p>Também foi desenvolvido um procedimento para aplicação dos modelos na obtenção dos custos de construção das alternativas de traçado na fase de anteprojeto.</p> <p>Desta forma, o trabalho procurou contribuir positivamente para o progresso científico e tecnológico do planejamento rodoviário em face da escassez de estudos dessa natureza, aplicados às condições brasileiras.</p>		

Data: 1981		
Título:		
METODOLOGIA DE DECISÃO ENTRE CORTE E TÚNEL E ENTRE ATERRO E VIADUTO		
Autor	Orientador	Co-orientador
JOSÉ PAULO TOLLER MOTTA	Fernando Luiz Cumplido MacDowell da Costa - Phd	- não teve -
Resumo		
<p>O presente trabalho desenvolve, baseado em considerações de risco e incerteza, uma metodologia que orienta o projetista de estrada na escolha da melhor alternativa para transposição de obstáculos naturais, tanto de maciços, onde se tem as opções corte e túnel, como também de vales, para os quais pode-se decidir entre aterro e viaduto.</p> <p>Esta metodologia baseou-se em considerações dos métodos existentes e bibliografia consultada, analisando as alternativas estudadas tanto economicamente como tecnicamente, chegando a uma solução ótima, com uma probabilidade de erro, determinada em função da fase em que esteja sendo feita a escolha caracterizada pela maior ou menor precisão dos dados levantados para o estudo.</p> <p>Escolheu-se para aplicação desta metodologia duas das várias situações encontradas na Ferrovia do Aço, onde pode-se obter os dados utilizados no estudo das alternativas e os levantados no campo quando da execução da melhor solução.</p> <p>Finalmente, cabe ressaltar que esta metodologia é dinâmica, podendo ser realimentada a qualquer tempo, possibilitando deste modo, um julgamento mais preciso, otimizando os recursos disponíveis para a implantação da obra projetada.</p>		

Data: 1979		
Título:		
BASES DO SISTEMA BRASILEIRO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS EM TRANSPORTES		
Autor	Orientador	Co-orientador (es)
TALLES DE PONTES RIBEIRO	Roberto Doria Leuzinger, M.Sc.	- não teve -
Resumo		
<p>As definições de política expressas no II Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico II PBDCT permitem avaliar a importância atribuída ao desenvolvimento científico e tecnológico como fator de aprimoramento dos transportes.</p> <p>O presente trabalho focaliza, dentre aquelas definições de política, a que prescreve o "estabelecimento, no país, de bases científicas e tecnológicas capazes de prover o desenvolvimento de sua infra-estrutura de transportes de forma tanto quanto possível autônoma". Trata-se de um tema bastante abrangente que pode ser abordado de diferentes formas. A ênfase dada pelo autor é para a necessidade de orientar o esforço de pesquisa com vistas à solução de problemas prioritários do setor. O objetivo é fazer com que a pesquisa seja, efetivamente, um instrumento de real valia para o administrador solucionar, da melhor maneira possível, as questões sob sua responsabilidade. Nesse sentido é apresentada uma metodologia que auxilia a identificação das necessidades de pesquisa. Ela representa uma ferramenta muito útil para racionalizar o desenvolvimento das atividades de pesquisa, evitando-se a dispersão e a duplicidade de esforços.</p>		

Revista PAVIMENTAÇÃO

Minuta das normas básicas para submissão de artigos e contribuições técnicas

1. A Revista PAVIMENTAÇÃO é uma publicação técnica e científica de divulgação da ABPv. As contribuições para a revista devem ser de caráter exclusivamente técnico e estão abertas aos sócios e aos profissionais da Engenharia Rodoviária 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 em meio digital, podendo estar em formato PDF somente na fase de julgamento pelo Comitê, comprometendo-se os autores das contribuições aprovadas em enviar o arquivo em formato CORELDRAW para eventual editoração no corpo da revista.
10. As contribuições podem ser de no mínimo 3 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. O autor deve considerar que a revista em geral terá edição em uma só cor, portanto, caso sejam usadas fotos, estas devem ser de boa resolução, e caso não sejam do(s) autor(es), este(s) será responsável por declarar os créditos das mesmas e obter a autorização para publicação. Caso haja gráficos, evitar utilizar cores e dar preferência para símbolos que possam distinguir claramente as informações relevantes da figura.
11. Os textos deverão ser escritos em português, em linguagem adequada e correta, as referências bibliográficas devem seguir o padrão ABNT e preferencialmente os artigos devem apresentar um resumo de 200 a 300 palavras e indicar de 3 a 5 palavras-chaves. Artigos em outros idiomas podem eventualmente serem 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 o direito de seguirem as regras existentes à época da submissão do seu material.



OS CAMINHOS DA INTEGRAÇÃO SE CRUZAM EM GOIÁS

Goiânia vai ser palco entre os dias 08 e 11 de agosto de 2006 de um dos maiores eventos do rodoviário brasileiro e da América Latina. Durante quatro dias técnicos e dirigentes de órgãos rodoviários de todo o país e do exterior vão participar no Centro de Cultura e Convenções de Goiânia do 11º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR), promovido pela Associação Brasileira dos Departamentos Estaduais de Estradas de Rodagem (ABDER) e da 37ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv), realizada pela Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv).

Pela primeira vez os dois eventos, que aconteciam em datas e locais distintos, vão ser realizados conjuntamente. As duas entidades promotoras entenderam que as discussões sobre as melhorias técnicas de pavimentação aplicáveis ao país e a política de conservação das rodovias estaduais devem ser debatidas de maneira integrada, daí a decisão de aglutinar num mesmo evento os debates sobre os graves problemas de infra-estrutura rodoviária que comprometem o desenvolvimento do Brasil.

APAGÃO LOGÍSTICO - A preocupação com a logística de transporte passou a ser maior com o crescimento da produção industrial, de serviços e de bens de consumo em escala global, onde o sucesso empresarial e, conseqüentemente do País, está ligado diretamente à necessidade de atender mais rapidamente o consumidor e as necessidades de insumos a um custo menor. Portanto, para manter a competitividade, a logística é um fator importantíssimo para impulsionar o crescimento econômico e social. Mas há décadas o tema vem sendo tratado, principalmente pelo governo federal, em segundo plano.

A capacidade de infra-estrutura de escoamento da produção agrícola, por exemplo, já se apresenta como uma limitação à capacidade de produção e competição do agronegócio brasileiro. Na safra 2003/2004, em função do estado precário das estradas, o Brasil perdeu cerca de U\$ 1,2 bilhão como “deságio” em função da demora no transporte da soja. Além disso, devido ao recente aumento das chuvas em todo o Brasil, agravou-se a precariedade de importantes rotas rodoviárias para o transporte de insumos e de pessoas.

O pior é que os investimentos em transportes no Brasil vêm diminuindo nos últimos anos, enquanto a arrecadação vem aumentando. Portanto, não se trata de falta de recursos. Quando se faz a comparação da arrecadação total da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) e dos investimentos totais realizados pelo Ministério dos Transportes nas rodovias, fica claro que existe um forte contingenciamento dos recursos. Por mais que o País tenha recordes de arrecadação e superávits na balança comercial, os gastos com outras despesas reduzem a possibilidade de o governo efetivar tais investimentos, explica Inácio Bento de Moraes Junior, atual presidente da Associação Brasileira dos Departamentos Estaduais de Estradas de Rodagem (ABDER), uma das promotoras do encontro “os Caminhos da Integração”.

O evento propõe discutir este e diversos outros temas do setor por meio de palestras técnicas, nacionais e internacionais, que vão abordar assuntos atuais relacionados com a conservação rodoviária, pavimentação, manutenção, planejamento e gestão rodoviária, operação e segurança rodoviária, meio-ambiente e drenagem. O encontro vai abrir espaço também para a publicação e apresentação de

trabalhos científicos e estudos de casos onde serão abordados resultados de estudos e pesquisas realizadas nos temas definidos e apresentados casos de obras e experiências práticas obtidas nos temas definidos. Até o momento já foram inscritos 146 trabalhos.

COTAS DE PATROCÍNIO

A ABPv /ABDER e a Comissão Organizadora da 37ª RAPv/11º ENACOR (Caminhos da Integração) estão negociando a adesão das principais empresas e instituições com atuação na área rodoviária para proporcionar a sustentação do evento, divulgando suas marcas e permitindo novos contatos técnicos e comerciais.

O patrocinador terá uma oportunidade para dar visibilidade a suas marcas e produtos em função da integração de setores correlatos, pelas divulgações que serão feitas em diversos órgãos, empresas, universidades e entidades de classes, além de participar de dois eventos ao mesmo tempo pelo custo de um.

Outra peculiaridade do evento neste ano é o grande investimento que o Governo Federal estima fazer no setor.

Goiânia, uma das cidades mais jovens do Brasil Cidade sediará a 37ª RAPv e 11º ENACOR

Fonte: AGETUR
(Agência Goiana de Turismo) e Redação.

Goiânia é uma cidade jovem, moderna e dinâmica. Foi fundada em 1935 e inicialmente projetada para 40 mil habitantes. O processo e a expansão de sua área urbana superaram e muito, as expectativas de seus idealizadores.

Apesar do enorme crescimento verificado desde sua fundação, diversas áreas verdes foram preservadas, refletindo a preocupação da população com o meio ambiente e com sua qualidade de vida da cidade. Goiânia cresce e ocupa novos espaços, sem intimidar-se diante de desafios.

Essa grande cidade surgiu em meio à vastidão agreste do cerrado, trazendo a marca de uma tradição de pioneirismo e coragem, fruto do trabalho e dos sonhos de muitos homens e mulheres. Goiânia possui excelente estrutura hoteleira, com 7.500 leitos, e inúmeros restaurantes, com cardápio internacional e regional, nos quais os visitantes podem desfrutar de pratos saborosos e de boa qualidade. A vida cultural manifesta-se através de intensa produção artística que pode ser apreciada em

seus espaços culturais: peças teatrais, shows, danças, concertos, cinemas e exposições de artes plásticas.

Próximo de Goiânia existem várias cidades do Estado que propiciam lazer para todos os gostos:

- Águas quentes de Caldas Novas e Rio Quente estão localizadas a 170 km de Goiânia. Um resort e um grande número de hotéis e



pousadas de excelente qualidade aproveitam esse fenômeno natural, com água corrente ou retirada de poços. A temperatura da água varia

de 30 a 57 graus centígrados o ano inteiro. As cidades constituem um fenômeno do turismo nacional, com mais de 15 mil leitos ofertados. É o terceiro parque hoteleiro e o maior complexo hidrotermal do País. Aos pés do Parque Estadual da Serra de Caldas, as duas cidades ofertam banhos em águas quentes e naturais, de transparência absoluta que permitem um convívio familiar muito agradável.

- Cidades encantadoras como a antiga Vila Boa (hoje cidade de Goiás), Pirenópolis, Corumbá, Jaraguá e tantas outras guardam um patrimônio histórico e cultural de rara beleza. A cidade de Goiás é hoje Patrimônio da Humanidade, por reconhecimento da Unesco. Capital de Goiás até a década de 1930, a



cidade tem um impressionante patrimônio arquitetônico, do período colonial, restaurado e bem conservado. Está localizada a 135 km de Goiânia. Pirenópolis é outro encanto de cidade. Também pode ser visitada durante todo o ano e chama a atenção dos turistas pelas suas belezas naturais, cachoeiras e pela arquitetura colonial. A pouco mais de 120 km de Goiânia e de Brasília, a cidade é repleta de visitantes nos finais de semana.

A 37ª RAPv que será realizada na capital goiana entre os dias 08 a 11 de agosto de 2006 é uma excelente oportunidade para os nossos leitores que desejarem participar do evento e ao mesmo tempo desfrutar dos atrativos desta simpática cidade.



Curso Sobre Metodologias de Auscultação, Procedimentos de Análise dos Resultados Obtidos, Estabelecimento de Diagnóstico e Definição da Natureza das Intervenções Corretivas de Pavimentos Rodoviários Existentes

Eng. Paulo Gontijo

Mestre e Doutor em Estradas

- 1. HISTÓRICO DAS ESTRADAS DE RODAGEM**
- 2. CONCEITUAÇÕES BÁSICAS**
 - 2.1 Solicitações Rodoviárias**
 - 2.2 Características de Desempenho de Pavimentos**
- 3. PROCEDIMENTOS DE AUSCULTAÇÃO DOS PAVIMENTOS**
 - 3.1 Objetivos Básicos**
 - 3.2 Critérios de Classificação**
 - 3.3 Equipamentos de Auscultação de Pavimentos**
- 4. METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS**
 - 4.1 Metodologias de Avaliação**
- 5. DIAGNÓSTICO DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS**
- 6. CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO DA NATUREZA DAS INTERVENÇÕES CORRETIVAS**
- 7. DIMENSIONAMENTO DAS INTERVENÇÕES TIPO “REFORÇO ESTRUTURAL” E “RECONSTRUÇÃO”.**



**46 ANOS DE TRADIÇÃO NA
PAVIMENTAÇÃO BRASILEIRA**



**CENTRO UNIVERSITÁRIO
MOURA LACERDA**

Há 82 anos, levando seu futuro a sério.

Parceria que já é uma realidade.

Pós-Graduação

Engenharia de Obras Rodoviárias e Sistemas Viários Urbanos Lato Sensu - Especialização

• **Objetivo:**

Capacitar profissionais de Engenharia, Arquitetura e ciências afins, na análise de questões relativas a projetos, construção e manutenção de rodovias e sistemas viários urbanos e de transportes, proporcionando fundamentação técnica para melhoria da qualidade do profissional.

• **Módulos:**

Projeto Geométrico e Terraplenagem
Geotecnia e Materiais Convencionais e Alternativos para Pavimentação
Pavimentos Asfálticos: Construção e Controle Executivo
Pavimentos Rígidos: Construção e Controle Executivo
Controle de Qualidade e Manutenção dos Pavimentos
Dimensionamento de Pavimentos
Impactos Ambientais na Implantação de Sistemas Viários
Projeto de Drenagem
Sinalização e Segurança Viária
Sistemas Inteligentes de Transportes
Análise e Avaliação de Sistemas de Transportes
Trabalho de Conclusão de Curso

• **Carga horária:**

360 horas/aula

• **Duração:**

10 meses

• **Horário das aulas:**

Aos sábados, das 07h45 às 12h e das 13h30 às 17h45, e uma vez ao mês, às sextas-feiras, das 18h30 às 22h45.

• **Local:**

Centro Universitário Moura Lacerda - SEDE Ribeirão Preto

• **Início:** 2º Semestre/2006



Associação Brasileira de Pavimentação

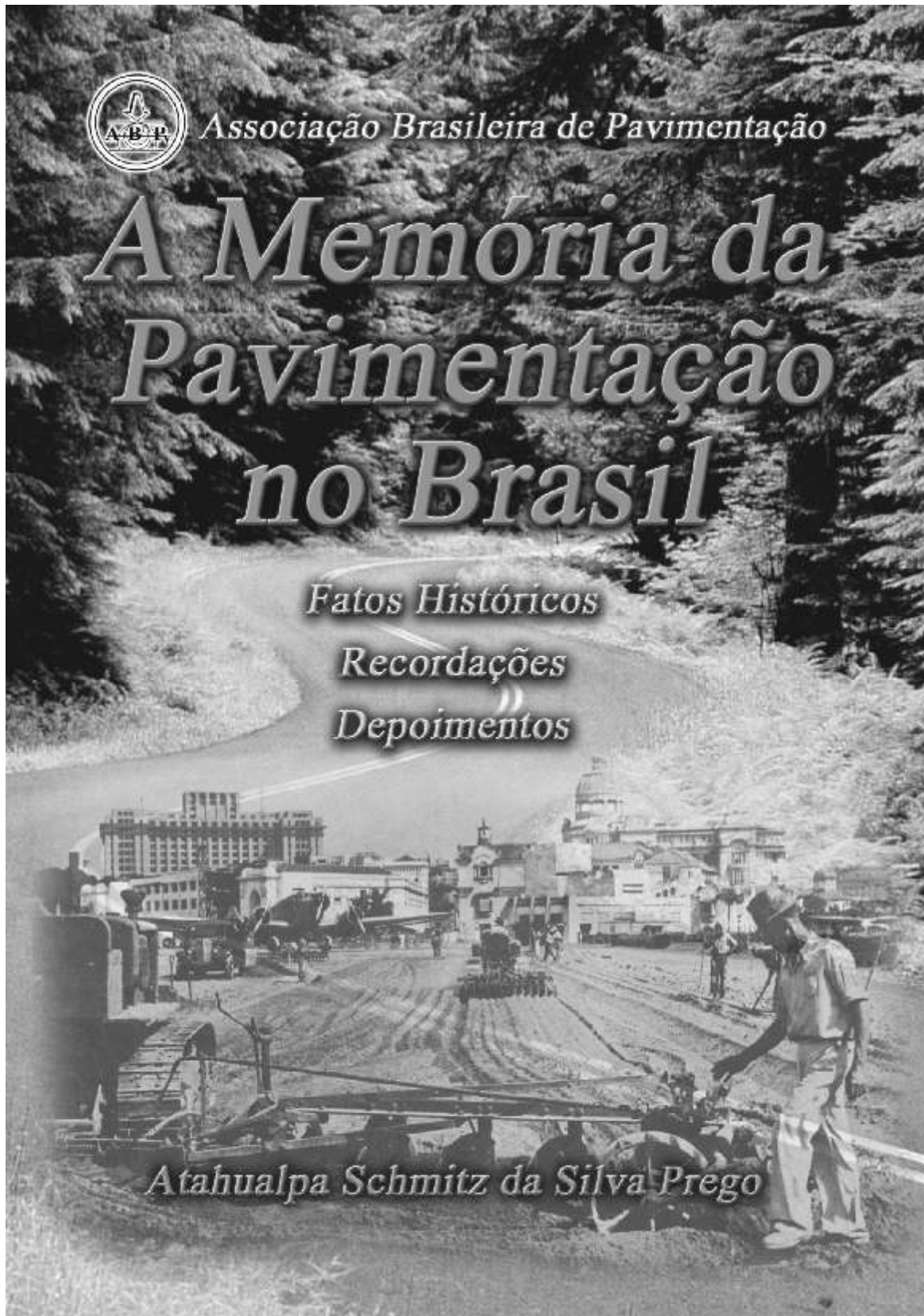
A Memória da Pavimentação no Brasil

Fatos Históricos

Recordações

Depoimentos

Atahualpa Schmitz da Silva Prego



Progresso

Asfalto

Brita

Argila

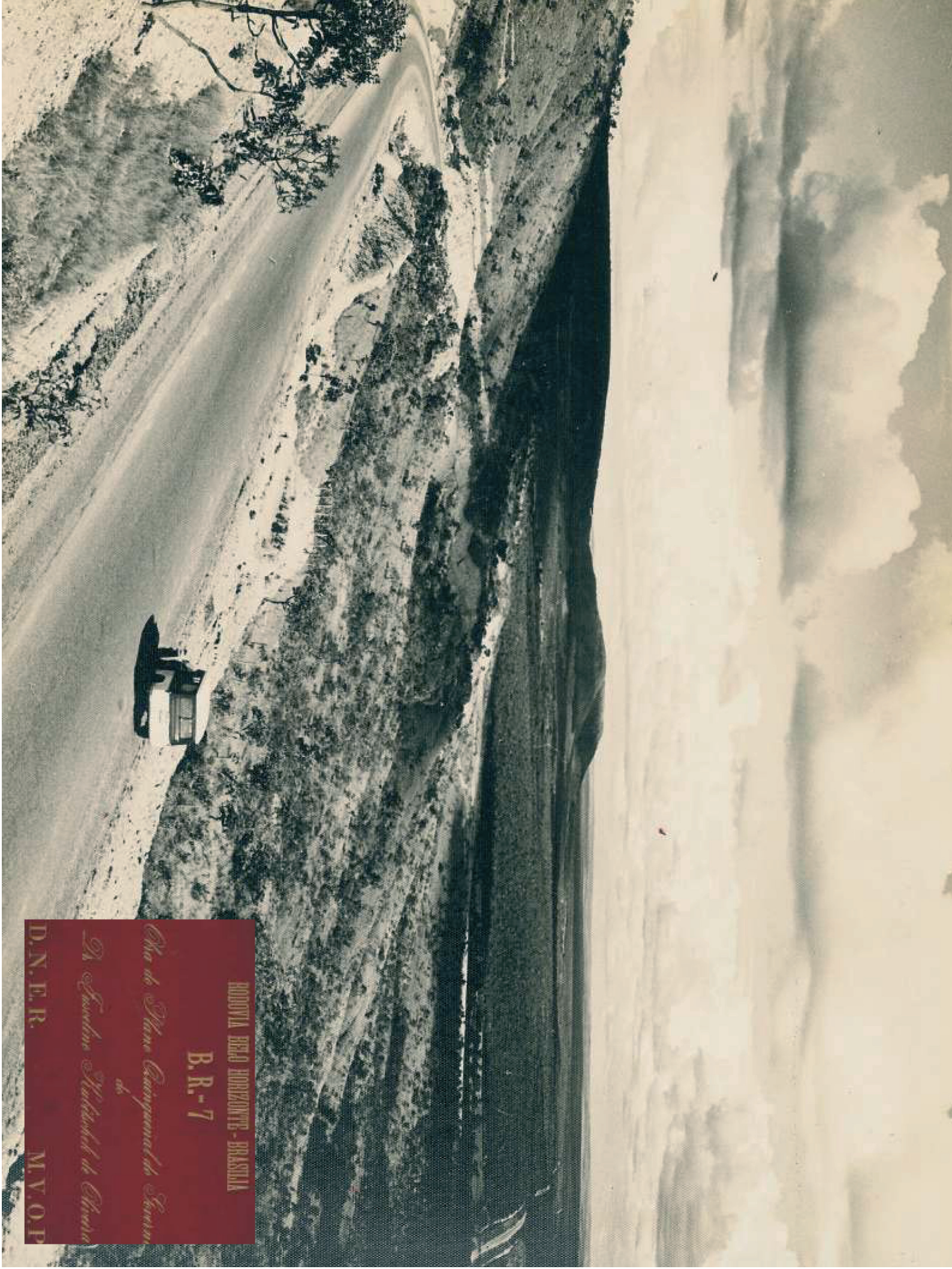
A Petrobras Distribuidora está levando o progresso para a sua cidade. E o está levando em estradas e ruas asfaltadas. Através da mais moderna tecnologia, a Petrobras Distribuidora tem as melhores soluções de pavimentação asfáltica, melhorando a qualidade de vida na sua cidade e atraindo desenvolvimento. São várias as opções para você escolher: **Micro Revestimento** – restauração de pavimentos deteriorados; **Tratamentos Superficiais** – solução econômica para estradas e rodovias de tráfego moderado; **Laykold** – ideal para revestir quadras esportivas e áreas recreativas. É a qualidade Petrobras para as estradas e ruas, e qualidade de vida para a população.



BR PETROBRAS

S A C 0 8 0 0 7 8 9 0 0 1 · w w w . b r . c o m . b r

ASFALTOS



PROVIA DEL HORIZONTE - BRASILIA
B.R.-7
Oficina de Plano Cartográfico do Exército
de Fundação do Ministério de Guerra
D.N.E.R. M.V.O.P.