



**COBENGE 2005**

**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

## **O ENSINO DA ENGENHARIA VIÁRIA EM ÉPOCAS DE GRANDES MUDANÇAS TECNOLÓGICAS**

**João Virgílio Merighi** – engcivil.upm@mackenzie.com.br

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia, Chefe do Departamento de Engenharia Civil

Rua da Consolação, 896 – Prédio 6

01302-907 – São Paulo – SP – Brasil

**Rita Moura Fortes** – proeng.upm@mackenzie.com.br

***Resumo:** Considerando a relevância da comunicação nos dias de hoje e que talvez um dos direitos mais consagrado do cidadão seja o de ir e vir, que se estabelece, sobretudo através das malhas viárias, onde as estradas possuem um papel relevante no nosso país, cabe ressaltar que o papel da universidade é de suprir a demanda de bem construir, gerenciar, manter e reabilitar o nosso patrimônio rodoviário, preparando o futuro profissional para assumir o seu papel na sociedade. Ainda que o recém formado esteja habilitado no desenvolvimento de novas rodovias, sua formação, geralmente, é deficitária em como proceder nos demais casos. Na busca pela excelência, a Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie introduziu no currículo da engenharia civil, uma disciplina de maneira a sanar essa deficiência e preparar o egresso para assumir seu papel, sem restrições na sociedade. Este trabalho apresenta um relato da implantação dessa disciplina, além de ressaltar sua importância.*

**Palavras-chaves:** Palavras-chave: rodovias, reabilitação, manutenção, gerenciamento.

### **1. INTRODUÇÃO**

O nosso País, como todos sabem, apresenta dimensões continentais. No entanto, os meios de comunicação ficam longe da sua magnitude, em particular os meios relativos ao transporte de passageiros e carga.

Alguns Estados apresentam extensa malha viária quando comparados a outros, como é o caso do Estado de São Paulo que tem aproximadamente 20 mil km de rodovias pavimentadas e 200 mil km de não pavimentadas, enquanto que a região Amazônica com 5,2 milhões de km<sup>2</sup>, com dimensões equivalente à Europa Ocidental, apresenta apenas 6 mil quilômetros de rodovias pavimentadas versus 23 mil quilômetros de rodovias não pavimentadas.

Ainda que dentro do panorama econômico o País esteja entre as 15 maiores economias do planeta, longe está de atender ao quesito básico como é a questão da facilidade em locomoção. Mais ainda, a malha viária existente está se degradando rapidamente, pois sua implantação praticamente se deu entre os anos 60 e 70.

Como responder à sociedade sobre a conservação desse patrimônio público que ainda que pequeno, tem um valor estimado em 100 bilhões de dólares? O que as faculdades de engenharia vem fazendo para conscientizar seus alunos que em breves tempos serão os senhores do comando do País? Como considerar a inovação de uma malha viária quando a engenharia do dia-a-dia ainda pratica os velhos conceitos dos anos 50 e 60? Como introduzir os conceitos modernos de pavimentos perpétuos quando na prática normalmente esse objeto de uso social dura três meses? Como delegar ao ostracismo um assunto de suma importância, que muitas vezes foi utilizado como “slogan” em campanhas políticas, como no caso do Presidente Washington Luiz que afirmava que “Governar é construir estradas”, ao que poderíamos complementar com “e saber mantê-las?” Como ignorar a situação precária em que se encontra a nossa rede rodoviária?

Em busca da resposta para todas essas perguntas, a Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie não relutou em criar uma disciplina que capacitasse o aluno a atuar nas áreas de manutenção e reabilitação dos Pavimentos.

Assim, este trabalho tem por objetivo mostrar um panorama de como estão os procedimentos de orientativos para elaboração de projetos e controle de obras no Brasil e em alguns países ditos “desenvolvidos” e como isso pode ser inserido nos cursos de engenharia de tal forma que o formando seja conscientizado do seu papel como cidadão e esteja preparado para ajudar a diminuir a grande diferença que hoje existe entre os sistemas viários de países desenvolvidos e o nosso País.

## **2. DIAGNÓSTICO DAS NORMAS TÉCNICAS PARA PROJETOS DE PAVIMENTOS**

No Brasil, em termos de normalização sobre a questão pavimentação, pode-se dizer que existem algumas normas desenvolvidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), porém a sua atualização tem se dado de maneira precária e defasada em relação à necessidade real. Na área rodoviária é usual a utilização das normas e procedimentos publicados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes (DNIT) e editadas pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) ou aquelas regionalizadas, elaboradas pelos Departamentos Estaduais de rodagem ou pelas Prefeituras Municipais, conforme a jurisdição ou escopo regional a que o serviço está inserido. No entanto, em sua maioria segue o receituário do DNIT ou antigo DNER.

Os procedimentos vigentes no País indicam que a estrutura de um pavimento é basicamente dimensionada levando-se em consideração os materiais empregados, as características do subleito, a drenagem local, e o tráfego solicitante, que deverá ser definido para uma vida útil almejada. De posse desses estudos e informações, utilizando-se um método de dimensionamento obtém-se a estrutura do pavimento a ser empregada para garantir, funcionalmente e estruturalmente, um bom desempenho para o tráfego solicitante na vida útil preconizada.

Primeiramente, em termos de dimensionamento, o procedimento utilizado pelo DNIT é o documento Manual de Pavimentação publicação número 697/100 de 1996, fundamentado no método da *American Association of State Highway Officials (AASHO)* cujo projeto começou a ser concebido em 1950 através de um acordo entre as diversas associações regionais nos Estados Unidos (TRB, 2004).

Historicamente, a concepção teve início em 1950 e em 15 de outubro de 1958 começou a parte experimental da pista de teste com a abertura ao tráfego controlado. A figura 1 apresenta uma vista dos veículos de teste utilizados naquela oportunidade.

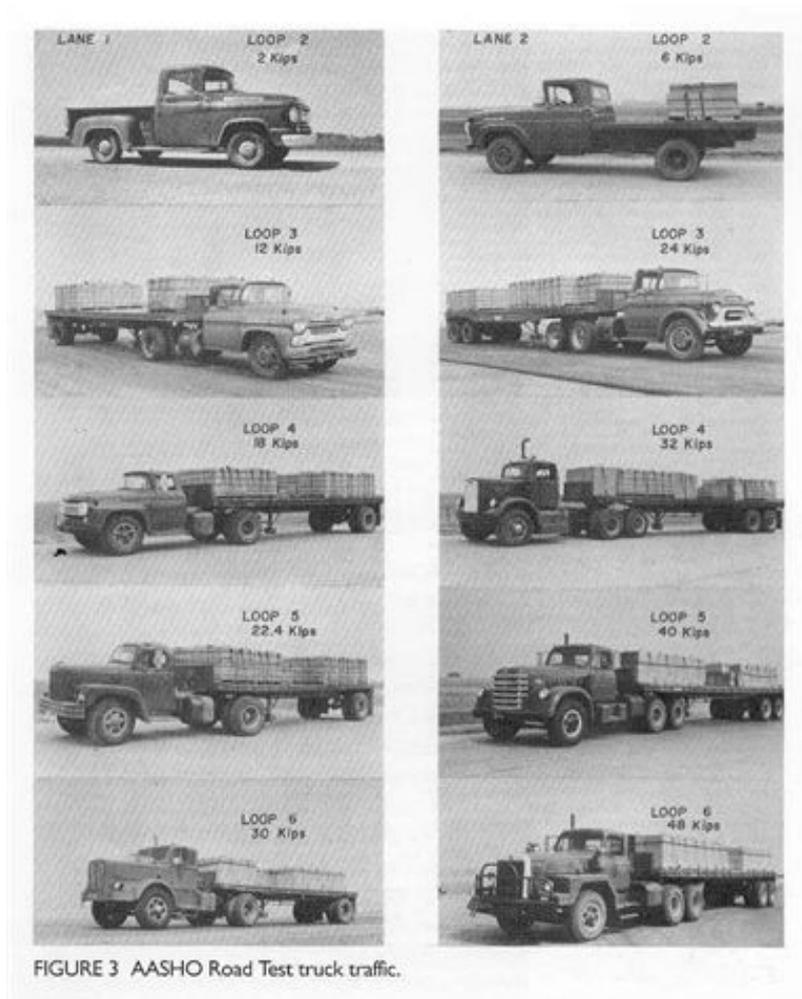


Figura 1 - Veículos tipo utilizados na parte experimental da pista de teste da AASHTO 1958 (TRB, 2004).

A parte experimental foi concluída em 30 de novembro de 1960 dando então a fase de elaboração de um método de dimensionamento fundamentado na ruptura do pavimento e tendo como parâmetro básico o ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC). Em fevereiro de 1962, surge o primeiro guia de dimensionamento a partir da pista experimental e durante um ano, ele foi testado e em seguida, o procedimento foi editado para uso. Em 1972, o guia de dimensionamento sofre algumas alterações mantendo o método básico de dimensionamento. Em 1986, são incorporadas muitas novas considerações tais como módulo de resiliência do subleito, drenagem e o conceito de reabilitação do pavimento.

O procedimento do DNIT está fundamentado no modelo editado em 1962. Nesse modelo, não são exigidos ensaios dos materiais relativos à previsão de desempenho do pavimento. Um exemplo simples pode ser observado no critério de desempenho do revestimento asfáltico preconizado pela Prefeitura Municipal de São Paulo. No Manual de Pavimentação publicação número 697/100 de 1996, são apresentadas algumas faixas de concreto betuminosos usinados

a quente (CBUQ). Em nenhum momento é informada ao projetista a questão do desempenho do material, quanto ao afundamento na trilha-de-roda, defeito muito comum nos corredores de ônibus nas áreas urbanas ou então nos longos aclives nas rodovias e ilustrado na figura 2.

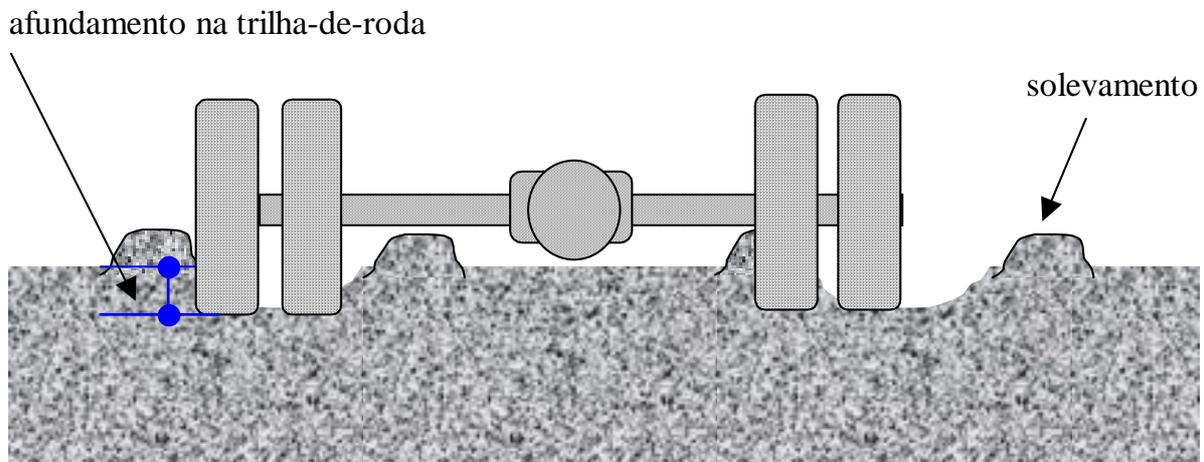


Figura 2 - Seção típica de um pavimento com afundamento na trilha-de-roda (Merighi et al., 2000)

No ensaio de avaliação de desempenho à deformação permanente creep estático, é possível verificar que o desempenho da mistura asfáltica denominada faixa granulométrica II da PMSP (tabela 1) e utilizada como camada de revestimento apresenta um desempenho muito superior ao da faixa III. Esse desempenho é sentido no campo quando prematuramente observa-se o surgimento de defeitos que além de onerar o Estado, pode colocar em risco a vida do usuário (Fortes e Merighi, 2004 ou e Merighi e Fortes, 2004). Porque isso? A norma técnica apresenta algum modelo de desempenho para nortear os técnicos? Como ensinar na academia se na prática não existe literatura normativa sobre o assunto?

Tabela 1 Deformação permanente de misturas asfálticas em função da temperatura

FAIXA (PMSP)	DEFORMAÇÃO PERMANENTE (mm)		
	TEMPERATURA (C)		
	25	40	50
II	0,34	0,42	0,51
III	0,51	0,77	0,99

Um outro exemplo clássico de previsão de desempenho que foi editada a partir da pista experimental da AASHTO Road Test, em 1962 e que não chegou ao Brasil juntamente com a tradução das inequações de dimensionamento até hoje utilizadas, é a equação de previsão de desempenho a partir da deflexão na estrutura de pavimento causada por uma carga padronizada de 80 kN produzida pelo eixo simples de rodado duplo de um caminhão.

Na concepção do método de dimensionamento que gerou a pista da AASHTO Road Test foi considerado o efeito da compactação das camadas e a deflexão recuperável (fase elástica do pavimento) que esta apresentada após a conclusão da obra, Era uma forma de avaliar o desempenho da estrutura do pavimento depois de pronta.

Essa equação originalmente expressa no sistema de unidades usualmente utilizado no Estados Unidos tinha a seguinte configuração (TRB, 2004):

$$\text{Log } W_{2,5} = 11,06 - 3,25 \log d_{sn}$$

Onde:

$\log W_{2,5}$  = número admissível de eixos do tipo roda dupla com 80 kN de carga ou 18.000 libras para que o pavimento atinja uma condição de Serventia = 2,5;

$d_{sn}$  = deflexão recuperável obtida com a viga Benkelman expressa em 0,001 in

Para ilustrar o fato, a tabela 2 apresenta uma simulação do efeito de uma má compactação ou então falta de compactação caso a mistura asfáltica esfrie antes de se atingir o grau de compactação desejado,

Deflexão recuperável (0,001 in)	Deflexão recuperável (0,01 mm)	Previsão de aplicação de eixos com 80 kN
17,72	45	10.063.960
19,69	50	7.145.902

Como se pode observar, uma pequena diferença de 10% no valor da deflexão recuperável pode representar numa redução de 30% na vida útil do pavimento.

Esse procedimento elementar deveria ter acompanhado desde o início o procedimento de dimensionamento ora ainda utilizado no Brasil, no entanto, nunca foi editado quando foi feita a tradução que o originou.

Ainda, em termos de dimensionamento, estamos utilizando as inequações do método proposto em 1962 pela AASHTO Road Test e em nenhum momento é indicado um controle tecnológico que envolva as características mecânicas envolvidas diretamente no comportamento estrutural a que fica submetido um pavimento.

### 3. DIAGNÓSTICO DA MALHA VIÁRIA BRASILEIRA

A gestão do patrimônio uma vez construído pressupõe que o pavimento vai ter um monitoramento ao longo de sua vida de forma a manter ou restabelecer quando necessário, as prerrogativas de dimensionamento tanto em relação ao tráfego como ao meio físico em que está inserido considerando-se as condições de drenagem, intervenção, etc.

Este monitoramento deve capacitar os órgãos gestores das malhas urbanas ou rodoviárias, de dados e informações gerenciais que possibilitem executar com eficiência, e em tempo hábil, o tipo de intervenção correta. Todas as etapas de conservação, além do tipo de uso à que está sendo destinada (o tráfego que a solicita é o preconizado em projeto?)

O que se vê, ainda hoje, em sua maioria, são estruturas sendo dimensionadas por métodos antigos e desatualizados que não levam em consideração novos conhecimentos, a evolução dos materiais e o real comportamento simulando as ações que ocorrem numa estrutura viária e, equipamentos utilizados na pavimentação bem como a evolução e a mudança do tipo e características do tráfego.

Na área de gestão da malha a situação é a mesma, notando-se que normalmente as intervenções são corretivas e não preventivas, ou seja, são feitas quase sempre no momento e de forma incorretos, levando, quase sempre, à um investimento elevado o que pode não ter o

efeito esperado. Vale lembrar que poucos órgãos/empresas possuem ferramenta gerencial implantada e em funcionamento que possibilite executar a melhor solução técnica / econômica, ou seja, a melhor intervenção no melhor momento. A problemática de conservação é muito maior nas malhas urbanas em função, em especial, de suas características, uso e entorno, e das frequentes e intensas intervenções efetuadas por concessionárias, tais como água, telefonia, gás, etc. Aqui seria necessário também que houvesse uma melhor integração entre órgãos e companhias, que gerem e interferem na malha de forma a permitir minimizar tais problemas.

Para elucidar a necessidade de se fazer gestão da malha a Figura 3 mostra basicamente que se o investimento não for feito no momento correto pode-se gastar bem mais para restabelecer as condições iniciais do pavimento.

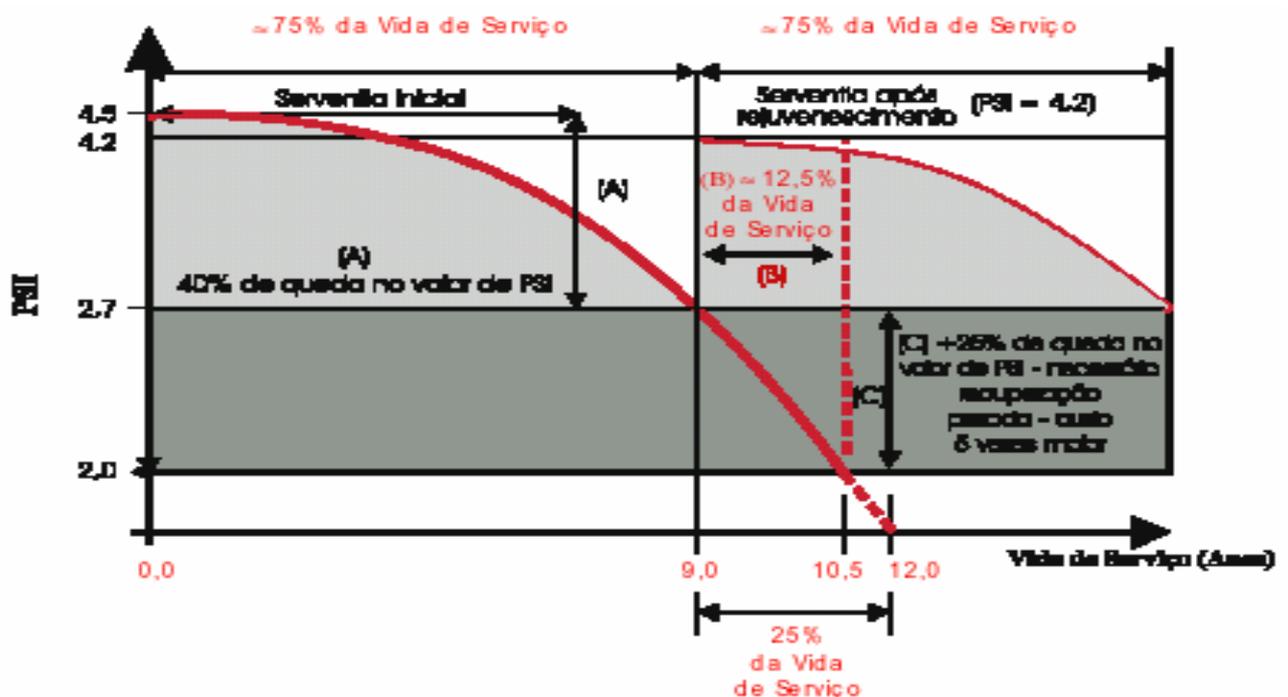


Figura 3 - Variação do índice de serventia em função da vida de serviço.

Conforme reportagem da Confederação dos Transportes de 03/06/2005, “Rodovias tiveram apenas tapa-buraco, diz ministro dos Transportes”. A reportagem diz que: “Os investimentos feitos nos últimos 12 anos nas rodovias brasileiras foram apenas manutenção, "tapa-buraco", disse, o ministro dos Transportes, Alfredo Nascimento. "Uma rodovia tem uma idade média de 12 anos. As nossas têm entre 40 e 50 anos e não receberam o tratamento que deveriam receber”.

Por outro lado, de acordo com a mesma fonte, Confederação Nacional dos Transportes, o estado da malha viária Brasileira no ano de 2004, era simplesmente caótico. A figura 4 mostra o estado das condições das principais rodovias que formam o tronco viário para escoamento da produção brasileira. Observa-se que praticamente todas as rodovias se apresentam de deficiente para péssimo.



Figura 4 - Estado da malha viária brasileira no ano de 2004 (fonte CNT)

#### 4. DISCIPLINA DE REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS

Conforme apresentado, o panorama das rodovias do nosso País direciona a formação do engenheiro na área de estrada para a recuperação e reabilitação dos pavimentos. Observando-se essa necessidade, foi criada a disciplina de Estradas III que tem feito parte do programa do curso de engenharia civil a quatro anos.

Esta disciplina aborda os assuntos relativos à recuperação e reabilitação de pavimentos, que possui como pré-requisito os conhecimentos hauridos em disciplinas anteriores, tais como os diversos materiais e camadas componentes de um pavimento, sua execução e controle tecnológico.

Todo o conteúdo necessário a habilitar o estudante a militar nessa área tem sido ministrado com o apoio de aulas de laboratório, visitas a obras, procurando-se desenvolver o senso crítico do aluno e o seu raciocínio para entender a função de cada camada e suas limitações.

Conjuntamente às aulas teóricas são desenvolvidos projetos que visam complementar e aplicar os conhecimentos adquiridos. Finalizando o curso, é desenvolvido um projeto de recuperação de um determinado trecho de uma rodovia para cada grupo com até três elementos.

Cada grupo recebe um conjunto de informações distintas, similares as que receberiam em um trabalho profissional, devendo organizar as informações e solicitar outras que julgar conveniente. Os dados fornecidos são oriundos de projetos reais, só que descaracterizados, para que o aluno não possa identificar o local.

São fornecidos aos alunos os levantamentos e diagnósticos do pavimento, tanto funcionais como estruturais, ou seja, todos os elementos necessários para que seja realizado o

diagnóstico e sejam propostas soluções, com justificativas técnicas e econômicas. Este projeto exige do aluno, a aplicação de todos os conhecimentos adquiridos, sendo que o seu desenvolvimento demanda pelo menos um mês, com a orientação do professor responsável pela disciplina, uma vez que muitas dúvidas surgem, pois é o momento em se verifica a teoria sendo utilizada na prática.

Também é mostrado ao educando um modelo de apresentação de projeto, de tal maneira que o trabalho nada fique a dever ao meio profissional. O único inconveniente que é alertado ao aluno é quanto a importância do projetista visitar o trecho de posse de todo o diagnóstico, para poder melhor orientar a sua decisão.

Tem-se observado um amadurecimento dos alunos, o que muito tem enriquecido a experiência didática, além de que as dificuldades encontradas direcionam para os tópicos que devem ser aprofundados.

Ao longo desses anos tem-se notado que um número cada vez maior de recém formados tem migrado para essa área, que é muito promissora, uma vez que tem ocupado uma porcentagem cada vez maior de profissionais.

Este projeto tem obtido sucesso, uma vez que a capacitação tem sido reconhecida pelo meio profissional que tem dado preferência aos nossos educandos.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A universidade deve ser o fórum para os debates, para a pesquisa e seu papel é de possibilitar ao aluno o acesso à tecnologia de ponta. Ela deve fomentar a sede de saber, a perseverança na busca de soluções otimizadas para todos os problemas que assolam o nosso planeta, e em particular o nosso país. Tem por obrigação manter-se sempre atualizada, servindo como ponto de referência para a tecnologia de topo.

Com a iniciação científica, o aluno vivencia a realidade além de desenvolver dentro de si, o germe pela pesquisa aplicada.

No caso da área de pavimentação, com o advento das rodovias concessionadas, o panorama brasileiro sofreu significativas mudanças, sendo que a procura por profissionais que militam nessa área cresceu muito, havendo necessidade em se aprofundar os conhecimentos auridos nas respectivas disciplinas,

Devido ao extenso conteúdo praticado pelos cursos de engenharia, em particular, pelo curso de engenharia civil que possui uma das mais extensas cargas disciplinares, formando um engenheiro pleno, onde esse termo significa que a sua formação será ampla de maneira a possibilitar que atue nas mais diversas sub-áreas, em obras de estruturas, instalações elétricas e hidráulicas, portos, ferrovias, estradas, aeroportos, saneamento, etc., existe a preocupação em se formar o engenheiro generalista, havendo o compromisso em dar ao estudante, como se poderia dizer numa linguagem coloquial, “o arroz e feijão”.

Cabe nesse momento a reflexão de que se é dado ao aluno, os conhecimentos que o tornem apto a acompanhar o mercado de trabalho, com a flexibilidade necessária dos nossos tempos, se ele é preparado para assimilar as transformações pelas quais estamos passando. É necessário ressaltar que com a globalização, as mudanças tecnológicas praticamente ocorrem

em tempo real e os cursos de engenharia devem ser dinâmicos e capazes de acompanharem e se atualizarem, apresentando ao educando as informações necessárias em tempo hábil.

Dessa maneira, a universidade deve ser ágil e se não o berço para o desenvolvimento de novas tecnologias, tomar parte ativa nelas. Portanto os exemplos apresentados em sala de aula devem ser reais e estimularem o espírito perquiridor, muitas vezes adormecido no estudante.

### **Referências Bibliográficas:**

Confederação Nacional dos Transportes - CNT - <http://www.cnt.org.br/> acesso em 01/06/2006.

FORTES, R.M & MERIGHI, J.V. *OPEN-GRADED HMAC CONSIDERING THE STONE-ON-STONE CONTACT* . International Symposium on Design and Construction of Long Lasting Asphalt Pavements, June 7-9, 2004, Auburn, Alabama, EUA.

MERIGHI, J.V. & FORTES, R.M. *THE STUDY OF PERMANENT DEFORMATION USING THE STATIC CREEP TEST*. 3rd Eurasphalt & Eurobitume Congress 12 - 14 May 2004 in Vienna.

MERIGHI, João Virgílio.; PAPALARDO JUNIOR, Alfonso.; RAIA, Fabio e FORTES, Rita Moura “Análise das tensões e deformações de placas utilizadas no simulador de tráfego, com base no método de elementos finitos” 32ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv - Associação Brasileira de Pavimentação, Brasília - DF, Brasil, 2000, vol. I, p. 447-456.

TRB - Transportation Research Board of the National Academies Number 232 – May-June 2004 Washington DC

**Abstract:** *Considering the relevance of the communication nowadays and that one of the most important rights of the citizen is perhaps to go wherever he wants, that is established, through the road meshes, where the roads possess an excellent paper in our country, it fits to stand out that the paper of the university is to supply the good demand to construct, to manage, to keep and to rehabilitate our road patrimony, preparing the professional future to assume its role in the society. Still that just formed it is qualified in the new highways development, its formation, generally, is deficit in as to proceed in the too much cases. In the search for the excellency, the Engineering School of the Mackenzie Presbyterian University introduced in the course of civil engineering, one disciplines in way to cure this deficiency and to prepare the egress to assume its role, without restrictions in the society. This paper presents a story of these disciplines implantation, besides standing out its importance.*

**Word-keys:** *highways, rehabilitation, maintenance, management.*