

COMPARAÇÕES ENTRE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS ABORDANDO RESPONSABILIDADES, ASPECTOS TÉCNICOS E CUSTOS

Maurício Melo Ribeiro ^{*1}

Breno Salgado Barra ^{*2}

Fábio Cardoso Moreira ^{*3}

Resumo: Objetivamos com presente artigo restabelecer um elo tecnológico voltado a infra-estrutura de transportes. Trata-se de reascender técnicas, práticas e novas tecnologias voltadas ao pavimento rígido. É essencial ressaltar as importâncias técnicas, sociais e até econômicas desta vertente, face as dimensões continentais de nosso país, como também, ao expressivo patrimônio forjado ao longo das últimas décadas referentes a este modal em todo o Brasil, além da grande área urbana que compõe a nossa configuração geo-política.

A abordagem neste primeiro registro vai desde as origens e generalidades, passando por concessões de projetos, argumentos comparativos com os pavimentos flexíveis, até estatísticas que elucidam claramente a necessidade de uma nova postura na área visando inclusive a busca da redenção econômica via competitividade e menor Custo Brasil.

1. INTRODUÇÃO:

Embora já se constate hoje no Brasil uma realidade tecnológica avançada no setor de infra-estrutura de transportes e não poderia ser diferente, face a dimensão continental do país, aliada à grande tendência rodoviária preconizada em décadas de investimentos e prioridades no setor, em termos de malha rodoviária a tônica ainda é a PRECARIÉDADE.

O elevado índice de deterioração e o precário estado de conservação das nossas rodovias, nos impõem baixíssimos parâmetros em relação ao conforto e principalmente

à segurança do usuário desse sistema.

Por outro lado, elevadas condicionantes como: valor de manutenção dos veículos; tempo de percurso (viagem); vulnerabilidade a que fica exposto o transporte de cargas; e outros, geram custos, os quais extrapolam a competitividade interna e principalmente externa, acarretando o surgimento de índices desagradáveis quanto ao chamado CUSTO BRASIL. Apenas para ilustrar o exposto, o aumento com o custo dos fretes chega a 38% e o consumo de combustíveis cresce na ordem de 35% (Fonte: CNI – Confederação Nacional da Indústria.).

^{*1} Engenheiro Civil, professor do curso de Engenharia Civil da UNAMA.

^{*2} Graduando do curso de Engenharia Civil da UNAMA.

^{*3} Graduando do curso de Engenharia Civil da UNAMA.

2. ORIGEM DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS

O pavimento rígido é utilizado desde o século passado, principalmente nos Grandes Centros Desenvolvementistas e assim sucedeu-se até o advento dos Grandes Conflitos Armamentistas (As Guerras Mundiais), pois neste âmbito conturbado, fora necessário desenvolver novos compostos capazes de serem utilizados nos serviços de pavimentação, em detrimento não só da economia de cimento, como de aplicações e resultados rápidos e eficazes, condições estas peculiares à ocasião, tendo em vista as inúmeras obras de implantação (como os aeroportos) e reconstrução que deveriam ser efetuadas, pela situação catastrófica enfrentada em diversos países.

É neste contexto que se desenvolve a tecnologia de produtos manufaturados com material betuminoso para fins de pavimentação, aliado a isto, havia ainda o aspecto de que no início do século vinte, a frota circulante era consideravelmente diminuta. Por outro lado, as estradas de ferro detinham a maior parcela de escoamento dos produtos e da população mundial e a indústria automobilística dava passos iniciais à época, tornando assim o asfalto (pavimento flexível) largamente explorado desde então, a partir dos grandes centros.

Porém, a sociedade àquela época, não poderia imaginar o crescimento acelerado das demandas sociais, - como o aumento das interferências e da própria indústria automobilística - e principalmente o fato de não se poder contê-las, que por sua vez também afetaram o setor de infra-estrutura de transporte. Tais fatores contribuíram decisivamente na exposição das vulnerabilidades pertinentes aos pavimentos flexíveis quanto aos aspectos patológicos (inúmeros e de certa forma constantes),

necessitando de breves reparos em sua estrutura, constituindo em uma solução não mais econômica como em tempos atrás o era.

Parecendo estarmos experimentando um retorno ao Período Monarquista, pesquisadores do mundo inteiro voltaram-se de maneira perspicaz e latente, ao estudo dos pavimentos rígidos, contudo, imbuídos de um conhecimento científico e disponibilidade tecnológica muito mais elevadas e adequadas, a fim de catalisar soluções aos problemas cotidianos da população enfrentados nos caóticos planos piloto de cidades desordenadamente populosas.

3. GENERALIDADES SÓCIO-ECONÔMICAS DA INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

“ A opção pelo modelo rodoviário coincidiu com a criação da Petrobrás e com o desenvolvimento da indústria automobilística, que se tornaria o setor-chave do crescimento econômico, a partir do Plano de Metas.” (MAGNOLI, Demétrio; ARAÚJO, Regina).

“ O desenvolvimento do modelo rodoviário, baseou-se em duas estratégias complementares: de um lado, foram criadas as grandes rodovias de interligação nacional, destinadas à interligar o Centro-Sul ao Nordeste e, posteriormente, à Amazônia. Exemplos dessa atitude são a BR-116 (Porto Alegre - Fortaleza) e a BR-153 (Rodovia Belém - Brasília). De outro lado, foram criadas e depois duplicadas as vias de ligação dos principais centros urbanos e concentrações industriais.” (MAGNOLI, Demétrio; ARAÚJO, Regina).

Mas, surge a pertinaz indagação: que razões nos encaminham para esse transtorno?

A primeira resposta poderia vir categoricamente abordando a inoperância

de nosso poder maior (Administração Pública), em não conseguir gerir o constante crescimento das demandas sociais, as quais constituem fatores preponderantes para a determinação do embasamento estrutural da Nação em seus diversos segmentos (social, político, econômico, etc...). A questão tecnológica aparece como uma segunda razão, levando ao desenvolvimento de tecnologia adequada e pertinente ao setor de infra-estrutura de transporte – tendo em vista o escoamento de aproximadamente 70% (setenta por cento) da produção nacional e do deslocamento de usuários a seus itinerários.

Agora, se imaginarmos a quantidade de benefícios a serem gerados e contribuirmos continuamente para a melhoria de nosso sistema viário, explorando de modo contundente as técnicas de pavimentação, com ênfase total ao incremento de dispositivos viabilizadores destes empreendimentos vinculados à infra-estrutura de transporte, estaremos então cada vez mais próximos da resposta certa, além da propiciação redutiva dos custos dos transportes de modo geral (menor Custo Brasil).

4. CONCEPÇÕES DE PROJETO

Sabemos que as opções de pavimento mais conhecidas e utilizadas no mercado são: pavimento flexível, com revestimento asfáltico, e pavimento de concreto de Cimento Portland, também chamado rígido. Há grande propagação das particularidades de cada um, em virtude dos materiais e técnicas empregadas em suas construções. Além disso, discute-se as reações distintas quanto às cargas aplicadas em função do tráfego, às intempéries, disponibilidade de materiais, exigências de projeto, entre outros.

Portanto, no momento de executar um serviço de pavimentação, é indispensável analisar as melhores alternativas, para

estabelecer métodos comparativos, a fim de realmente eliminar a carência pertinente às situações emergentes e então definir o melhor tipo de pavimento em conformação ao projeto e à materialização do serviço.

Em seqüência deve-se ponderar não somente o Estudo do Tráfego - encaixando-se neste tópico, a classificação e quantificação da frota circulante ou a circular na **rodovia ou via urbana** em questão - como também adequar o dimensionamento da estrutura de pavimentação ao volume de tráfego tangente à plataforma de rolamento, considerando o crescimento substancial desta demanda num futuro breve. Insere-se também neste contexto, a presença de balanças ao longo dos trechos estradais, pois são de grande importância nas seguintes vertentes: no Estudo do Tráfego, a fim de quantificar as cargas a serem transportadas em função da padronização de eixos circulantes ou a circular na malha rodoviária; no controle do transporte de cargas, monitorando assim, a vida útil de projeto do pavimento, acarretando o desenvolvimento de Programas ("Brasil em Ação") voltados aos propósitos citados anteriormente; e na prevenção de melhorias nos sistemas rodoviários.

Considere também, quantos anos deseja-se que o pavimento dure, ou seja, qual o tempo previsto ou ano horizonte de projeto. Igualmente, devem ser consideradas as condições da capacidade de suporte do terreno de fundação (subleito) à área da futura construção. Com estes dados, então, parte-se à etapa de dimensionamento, ou seja, calcular a espessura de cada camada do pavimento, com o propósito de torná-lo resistente aos esforços mecânicos provindos dos veículos, além de resistir às condições climáticas, e a isto somam-se as exigências de um eficaz sistema de drenagem superficial e profunda, com controle rigoroso dos níveis de umidade em todo o corpo estradal.

Com base, então, nestes dados, é

possível determinar os custos finais a serem empregados e integrar – com tantos outros técnicos ligados ao ramo da pavimentação – uma das discussões mais polêmicas acerca dos estudos desta natureza, comprovando de forma conclusiva ser o pavimento rígido altamente competitivo e qualitativamente superior ao pavimento flexível, principalmente no que tange à durabilidade.

5. DADOS E INFERÊNCIAS COMPARATIVAS ENTRE OS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS

Dentre novas tecnologias alternativas, vivenciamos o despontar de uma técnica real e imprevisível, do ponto de vista executivo, há bem pouco tempo, denominada Pavimento Whitetopping, hoje considerada uma das técnicas mais eficazes e econômicas em reabilitação de pavimentos flexíveis desgastados.

A nova tecnologia consiste em: depois de aplicado sob o pavimento flexível e ter atingido a textura requerida, a camada de concreto de cimento Portland conserva sua forma original sem deformações. Esta situação acontece porque ocorre uma melhor distribuição das cargas exercidas em função do tráfego sobre a superfície de rolamento rígida, por conseguinte, a pressão transmitida às camadas inferiores do pavimento diminui, devido a esta maior dispersão das forças, ocorrendo assim um desempenho estrutural excelente, portanto, uma melhor performance deste tipo de pavimento em relação aos constituídos de misturas asfálticas.

Desta forma, vemos que os problemas ocorrentes nos pavimentos rígidos são bem menores que nos flexíveis, em virtude da possibilidade de construção de estruturas de concreto com elevado grau de impermeabilidade, o que certamente é positivo quanto à resistir às intempéries das regiões tropicais, impedindo que as águas

pluviais penetrem no pavimento, além de apresentar uma excelente resistência ao contato com óleos e combustíveis liberados pelos veículos. E mais, por possuir uma coloração clara, o concreto reflete melhor à luz, acarretando uma economia de aproximadamente 30% (trinta por cento) na iluminação pública, portanto, ao bolso do contribuinte e maior segurança ao usuário em noites de condições climáticas adversas, com a presença de neblina e fortes chuvas.

Já no pavimento flexível, as cargas impostas pela ação do tráfego propagam-se de forma concentrada. A pressão transmitida ao terreno de fundação nos pavimentos flexíveis, chega a ser 25 (vinte e cinco) vezes maior que a respectiva em estrutura de concreto de Cimento Portland e por este motivo a pavimentação flexível necessita de mais camadas que a rígida de concreto. Também há o aspecto da sua composição, pois pelo fato de ser constituída de solos granulares, via de regra com revestimento em misturas asfálticas, o que caracteriza uma textura porosa, tornando-o muito mais vulnerável à ação das águas pluviométricas, o que permite a quebra da força de coesão de seus componentes e futura degradação da estrutura, cedendo e originando todas as patologias já classicamente definidas e estudadas, que vão de fissuras e trincas aos solapamentos e desagregações.

As misturas asfálticas, ao contrário do concreto, mostram-se suscetibilíssimas ao fator gradiente térmico, de natureza danosa ao pavimento flexível – não somente pelo aumento ou queda da temperatura no local onde estejam presentes -, principalmente à mudança brusca destes estados atmosféricos, os quais influenciam sobremaneira na perda gradativa das propriedades elásticas destas misturas, tornando-as vulneráveis ao surgimento das patologias pertinentes aos pavimentos flexíveis, sendo estas de caráter permanente. Nestas circunstâncias o processo de oxidação dos revestimentos é

premature e a fadiga inevitável.

Todavia, a maior diferença entre estes dois pavimentos analisados está na durabilidade. Enquanto a vida útil do pavimento flexível é de no máximo 20 (vinte) anos, exigindo manutenção onerosa e intervenções constantes, o pavimento rígido apresenta uma vida útil de 25 (vinte e cinco) a 30 (trinta) anos, exigindo o mínimo de manutenção somente a partir do décimo quinto ano horizonte de projeto, por conseguinte, torna-se uma solução a ser empregada em zonas críticas de tráfego, como: corredores de ônibus; rodovias com circulação de tráfegos pesados; interseções; estacionamentos; etc...

Ao contrário do que acontece em muitos países de elevado nível de desenvolvimento, onde mais da metade das rodovias são de concreto de Cimento Portland, o pavimento rígido ainda é pouco utilizado no Brasil, pois muitos o consideram mais oneroso que o pavimento flexível. No entanto, com o avanço tecnológico dos últimos anos, o pavimento de concreto de Cimento Portland, tornou-se alvo de estudos concentrados à viabilidade das obras, analisando os custos totais e não somente o de execução das obras (custos iniciais), obtendo-se melhora significativa nos resultados das relações custo X benefício

QUADRO 1

AMBITO	REDE TOTAL (%)*	EXTENSÃO (KM)
FEDERAL	4,0	66.082
ESTADUAL	10,22	168.591
ESTADUAL TRANSITÓRIO	1,47	24.180

* Total da malha rodoviária nacional

Outro aspecto importantíssimo a ser ressaltado está na discrepância quanto à extensão das rodovias pavimentadas por Região. Entendemos ser este parâmetro intrínseco às necessidades e dimensões regionais peculiares além de merecedor de atenção especial por parte das autoridades

do setor, haja vista se conduzidos de forma equilibrada, transformam-se em vetores de crescimento e desenvolvimento sustentável. Entretanto, o atual panorama é gerador de dados estatísticos desfavoráveis e controversos, contudo, de fácil interpretação, de acordo com quadro 2:

QUADRO 2

REGIÃO	% PROGRESSIVA DE RODOVIAS PAVIMENTADAS*	% RODOVIAS PAVIMENTADAS
NORTE	5,94 **	5,95
NORDESTE	27,91	23,83
CENTRO-OESTE	35,35	35,34
SUDESTE	19,24	19,31
SUL	11,50	11,50

* Período de avaliação: 1990 - 1998

** 5,94 % → 7.964 Km para 9.108 Km

Fonte: CNT - Confederação Nacional dos Transportes, com base no anuário estatístico dos transportes em 1997 (GEIPOT).

Com o exposto até aqui, é possível avaliar o panorama da Região Norte, seguramente insuficiente no que diz respeito à infra-estrutura de transporte rodoviário, sobretudo se observarmos as outras regiões do país, proporcionalmente estamos na retaguarda. Avançar neste setor significa concentração maciça de esforços, não só do Poder Público, mas também de todos os segmentos da sociedade e aí estão incluídas Universidades e Institutos de Pesquisa e Tecnologia. Somente assim, teremos alavancado o desenvolvimento econômico com melhor e maior distribuição do que se produz e maiores possibilidades na implantação de novos sistemas produtivos.

Portanto, o real objetivo deste artigo é elucidar o raciocínio dos leitores, aos seguintes fatos: investir corretamente em tecnologia, voltada a infra-estrutura rodoviária, com ênfase à implantação de técnicas de dimensionamento e execução de pavimentos rígidos, por exemplo, significa sobretudo, num país com vasta área territorial,

com condições climáticas completamente favoráveis, tornar a malha rodoviária, um bem de utilidade pública muito mais qualitativo e durável, livre de custos e intervenções indesejáveis.

As últimas pesquisas rodoviárias desenvolvidas pela CNT – Confederação Nacional dos Transportes, revela que pouco se fez com objetivo de REVERTER o lastimável cenário encontrado nas Rodovias Brasileiras nos anos 90.

“Os resultados das pesquisas apontam para um quadro de calamidade pública nas rodovias federais brasileiras, quanto maior for a demora neste sentido, maior será a soma de recursos necessários para revitalização das rodovias” CNT – Confederação Nacional dos Transportes.

De acordo com a CNT – Confederação Nacional dos Transportes, relacionamos no quadro 3 os custos reais e expressivos neste caótico quadro:

QUADRO 3

CUSTOS COM RECONSTRUÇÃO (ANUAL) RESTAURAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO (R\$)	ESTADO DE CONSERVAÇÃO ENCONTRADO
4,8 BILHÕES EM 1997	PESSÍMO À ÓTIMO

Informa ainda o relatório da CNT – Confederação Nacional dos Transportes, que se ações mitigadoras não forem expandidas, acarretar-se-á um aumento médio dos custos na ordem de R\$ 1,1 bilhão anualmente. Portanto, até o final do ano em curso (2001),

serão necessários R\$ 9,2 bilhões, podendo esta soma chegar a R\$ 10 bilhões aproximadamente para total recuperação somente da MALHA RODOVIÁRIA FEDERAL, que hoje se encontra com:

- 11.819 Km de rodovias ————— estado crítico de conservação
- 32.155 Km de rodovias ————— podem alcançar o estado crítico com brevidade

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relato, não poderíamos deixar à margem aspectos concernentes aos níveis de CONSERVAÇÃO, SINALIZAÇÃO e ENGENHARIA da malha rodoviária. Embora os organismos oficiais registrem uma melhora nestes segmentos, a condição em que se encontram é ainda regulada de péssima à ruim, em aproximadamente 23,3 mil quilômetros somente em rodovias federais.

Os números e índices expostos são consideravelmente nefastos, com pesadas consequências para a nação, não só, pelo que representa o extenso segmento do modal rodoviário, como também, sua importância para todas as ramificações da economia e seus respectivos impactos. Depreciações e perdas nas safras agrícolas, aumento no custo com transporte rodoviário, retração na expansão industrial, apontam para um quadro nada promissor quanto ao já citado CUSTO BRASIL e, sobretudo declínio nos níveis de competitividade em condição de mercado cada vez mais globalizado.

O precário panorama descrito anteriormente, intui à explicação para a grande quantidade de vítimas de acidentes rodoviários ano a ano registrado no país, em que pesa a vigência do novo CÓDIGO DE TRÂNSITO, já em vigor há três anos. O elevado custo decorrente da perda de vidas humanas intangível, observando que o quadro de acidentes com vítimas no ano de 1999, atinge patentes de 257.751, com 19.664 vítimas fatais, segundo a REDETRAN, gerando uma perda econômica em torno de US\$ 1 bilhão por ano. O que pode-se compreender hoje como COMPOSIÇÃO DE CUSTO DE ACIDENTE, é o que corresponde à somatória de: despesas de atendimento médico, seguro, perdas materiais e perdas de investimentos futuros.

Concluimos a primeira etapa deste artigo, com registro de que somente campanhas e currículos escolares contendo disciplinas envolvendo EDUCAÇÃO NO TRÂNSITO serão a grande redenção no número de acidentes, porém, se não forem implementadas ações para garantir aos usuários as condições intensivas de

CONFORTO e principalmente SEGURANÇA no trânsito viário a Nação continuará a exportar recordes anuais de acidentes de trânsito totalmente repugnantes.

8. BIBLIOGRAFIA:

- Associação Brasileira de Pavimentação, São Paulo. *Reunião Anual de Pavimentação*, 31. **Anais**. São Paulo, 1998. V. 1,2.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Anuário estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro, 1998.
- MAGNOLI, Demetrio; ARAUJO, Regina. *A Nova Geografia*. São Paulo, 1996.
- DOMINGUES, Felipe A. A. Comparação econômica entre um trecho de Pavimento Asfáltico e um trecho de pavimento Rígido da Rodovia dos Imigrantes, levando-se em conta seu desempenho durante 20 anos. Reunião Anual de Pavimentação, 30. Salvador. **Anais**. São Paulo. Associação Brasileira de Pavimentação, 1996. V.3.
- PITTA, Márcio R. Whitetopping, uma inovação tecnológica. São Paulo, *Associação Brasileira de Pavimentação*, 1998. (Caravana da Tecnologia, Belém.)
- _____, O Pavimento Rígido ganha terreno. In: Revista IBRACON, *Instituto Brasileiro do concreto*, 1996. São Paulo. V. 5.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Manual de Whitetopping*. São Paulo, 1999.
- Associação Brasileira de Cimento Portland. *Boletins Técnicos*. São Paulo, s.d.
- GEIGER, Lynn, **Ultra-thin Whitetopping: A pavement rehabilitation option**. Traverse, *Michigan Concrete Association*, 1996. <http://www.rodovias\whitetop.htm>
- SHERWOOD, James, MICHELL, Teny, CHURILLA, Charles J., Ultra-thin Whitetopping (UTW) project. McLean (Virginia), *Federal Highway Administration; American Concrete Pavement Association*, 1998. <http://www.rodovias.whitetopping\home.him>
<http://www.dner.gov.br>
<http://www.cnt.org.br>
<http://www.redetran.org.br>
<http://www.aneor.com.br>
<http://www.superestrada.com.br>
<http://www.cimentoitambe.com.br>