

DEGRADAÇÃO DE REFORÇOS ASFÁLTICOS DE UMA VIA URBANA

Suyen Matsumura Nakahara

Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

José Tadeu Balbo

Departamento de Engenharia Civil
Universidade de São Paulo

Linda Lee Ho

Departamento de Produção
Universidade de São Paulo

RESUMO

O artigo apresenta um estudo experimental sobre o desempenho de reforços de pavimentos asfálticos de uma via urbana com elevado volume de tráfego pesado no município de São Paulo (Avenida dos Bandeirantes), monitorados durante quatro anos desde a mais recente restauração executada. O estudo envolveu o acompanhamento sistemático de seções pré-selecionadas na avenida, por meio de medidas de irregularidade longitudinal e de trincamento superficial. Uma avaliação do processo de degradação foi realizada com base nos dados de campo e de projetos anteriores. Desta forma, foi possível analisar os fatores que contribuíram para o acelerado estado de degradação que a via vem apresentando desde a sua construção.

ABSTRACT

The paper deals with a performance experimental investigation on asphalt overlays in high volume urban expressway in São Paulo (Bandeirantes Ave.). Data comprising roughness and cracking area collected during four years after last pavement restoration were collected during systematic evaluation of the selected pavement sections. On the basis of field data as well as on former projects it became possible to understand the degradation processes in such pavement sections, making it possible to point out the main factors related to the quick distresses evolution which is common since the pavement construction three decades ago.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o sistema rodoviário do Estado de São Paulo é formado por dez rodovias principais, sendo sete concessionadas ao setor privado. Todos esses eixos viários convergem na Capital para as marginais dos rios Tietê e Pinheiros, que através da interligação de um conjunto de vias, entre elas a Avenida dos Bandeirantes, compõem o denominado Mini-Anel Viário de São Paulo (PROTRAN, 2003).

Cinco destas vias tem a Avenida dos Bandeirantes como rota obrigatória em direção ao Porto de Santos – a Rodovia Régis Bittencourt (BR/116), procedente da Região Sul do Brasil, a Rodovia Raposo Tavares (SP/270), procedente do Estado de Mato Grosso do Sul, a Rodovia Presidente Castelo Branco (SP/280), a Rodovia Anhanguera (SP/330) e a Rodovia dos Bandeirantes (SP/348), procedentes do interior do Estado de São Paulo. Essas rodovias absorvem 58% do total de veículos que passam pela Região Metropolitana significando um total de 250.000 veículos/dia, dos quais 20.000 são caminhões.

O sistema viário do município de São Paulo conta com uma extensão estimada de 15.500 km. O desempenho operacional desse sistema vem apresentando, nos últimos anos, uma redução significativa nos seus índices de qualidade. Segundo a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET, 1999), em 1992, a lentidão média que era de 38,8 km no período de pico da tarde foi para 120 km no ano de 2000. Atualmente, os congestionamentos chegam a ser superiores a 150 km. A persistir essa tendência, com aumento de frota de veículos sem a ampliação da malha viária, da sua capacidade, ou das suas condições funcionais, se terá um incremento no quadro de congestionamento e de tráfego desordenado.

Vários fatores têm levado a redução dos índices de qualidade. Um que tem contribuído muito para a piora do trânsito na cidade é a sobreposição de fluxos de características tipicamente rodoviárias com o fluxo do tráfego urbano, como ocorre na Avenida dos Bandeirantes. O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo sobre a degradação dos pavimentos da avenida questionando a técnica de restauração empregada e apresentando os resultados obtidos em levantamentos realizados em campo. Entender o comportamento da Avenida dos Bandeirantes significa, também, inferir sobre o mesmo em outras vias brasileiras que apresentam características semelhantes.

2. A VIA EM ESTUDO

A Avenida dos Bandeirantes, inicialmente conhecida por Avenida da Traição, foi construída na década de 70, dentro do programa de 1955 de obras de canalização e construção de avenidas de fundo de vale, no caso, ao longo do Córrego da Traição (lei de oficialização do leito).

Hoje é uma via arterial principal com início na Avenida das Nações Unidas (Marginal Pinheiros), sob a Ponte Engenheiro Ary Torres, e término na Avenida Affonso D'Escagnolle Taunay (em sentido a Rodovia dos Imigrantes), com uma extensão aproximada de 7.500 metros. O tráfego predominante é pesado, composto por veículos de carga com caráter fortemente rodoviário e comercial, em ambos os sentidos da avenida.

A velocidade de projeto, devido às suas características geométricas, é de 70 km/h. Contudo, é comum na avenida, grandes espaços de tempo em congestionamento obrigando os veículos a trafegarem em velocidades abaixo do nível de aceitabilidade. A demanda de tráfego é maior que a capacidade da via.

Geologicamente, a Avenida dos Bandeirantes ocupa uma região com três elementos geomorfológicos bem distintos. O trecho inicial plano, da estaca 0+0,0 (próximo a Ponte Engenheiro Ary Torres) até aproximadamente o Viaduto Santo Amaro, com cotas em torno de 725 m, constitui o Terraço Fluvial. A partir do viaduto, a topografia começa variar, passando por um nível intermediário, até chegar às Altas Colinas (cotas entre 770 e 810 m), nas imediações do Aeroporto de Congonhas, em direção a Avenida Affonso D'Escagnolle Taunay.

O projeto de pavimentação executado na década de 70 foi segundo o Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis MD-1 (PMSP, 1967). A Avenida dos Bandeirantes foi dimensionada segundo o perfil apresentado na Figura 1.

Após a abertura da Ponte Engenheiro Ary Torres, no ano de 1978, a Prefeitura do Município de São Paulo iniciou obras de recapeamento asfáltico e de correção do traçado geométrico. A Avenida dos Bandeirantes passou a ser uma via expressa. O projeto visava melhorar as condições de tráfego na avenida, uma vez que o volume de veículos em circulação aumentou sensivelmente após a abertura da ponte. Segundo os relatórios de projeto da época, a Avenida dos Bandeirantes já apresentava deficiências devido às falhas construtivas na sua camada de base.

Em 1991, foi implantado um sistema incipiente de gerência de pavimentos na cidade baseado exclusivamente em levantamentos do estado funcional do sistema viário. A metodologia utilizada para a priorização dos trechos que sofreriam manutenção, baseou-se no levantamento e cadastro do Valor de Serventia Atual (VSA), no Volume Diário Médio (VDM) e na extensão do trecho. Para um horizonte de análise de cinco anos, a Avenida dos Bandeirantes foi o trecho que apresentou a maior relação benefício/custo, com VSA de 1,28 (ruim) e VDM (apenas veículos comerciais) de 6.575 (tráfego muito pesado). Os projetos de restauração na avenida foram executados em 1991/1992, com uma intervenção pesada com fresagem e construção de camadas de reforços.



Figura 1 - Seção tipo do pavimento da Avenida dos Bandeirantes, para Tipo C-2 (PMSP, 1967).

Em 2002 houve um outro projeto de restauração. Com base na avaliação estrutural dos pavimentos e nos boletins de sondagem, através do critério da deformabilidade foi elaborado o dimensionamento dos reforços dos pavimentos. Os pavimentos foram fresados até profundidades iguais às espessuras de reforços previstos. Estas espessuras, em sentido Rodovia dos Imigrantes, variaram de 5 a 22 cm, e em sentido Marginal Pinheiros, as espessuras de reforços 5 a 15 cm.

Grande parte dos segmentos necessitou de grandes espessuras de reforços betuminoso para atender o tráfego previsível nos próximos quatro anos. A solução de fresar a camada antes da aplicação do reforço foi aplicada para evitar desníveis entre as bordas dos pavimentos e as sarjetas de concreto existentes, e também teve a finalidade de remover parte dos revestimentos muito deteriorados. As maiores espessuras foram aplicadas nos trechos em Sentido Rodovia dos Imigrantes.

Tudo leva a crer que a notória baixa durabilidade dos pavimentos urbanos é devido ao excesso de carga nos eixos dos veículos, um dos principais condicionantes do desempenho insatisfatório das estruturas de pavimento. É indicativo da necessidade do pavimento em questão ser tratado como pavimento rodoviário com tráfego altamente significativo, exigindo soluções robustas.

Como as grandes intervenções se iniciaram somente após 15 anos de vida de serviço, a presença de bases contaminadas nos boletins de sondagem e trechos com bombeamento de finos na superfície veio confirmar que estas camadas ainda apresentavam problemas de baixa capacidade de suporte. O projeto inicial foi elaborado para suportar carga de tráfego pesado,

porém, com o passar do tempo, a avenida sofreu uma mudança considerável no tipo (rodoviário e comercial) e na quantidade de veículos que por ela circulam. Através de uma análise das soluções apresentadas até os dias atuais, pode-se inferir que o desempenho esperado após a execução dos projetos na avenida não atingiu as expectativas.

3. METODOLOGIA

A escolha da localização das seções de pavimentos para serem monitoradas foi fundamentada no histórico de comportamento do pavimento da avenida e na realização de uma inspeção em pista, tomando-se por base trechos críticos. De um total de 30 seções, foram selecionadas 12 em sentido Rodovia dos Imigrantes e 16 em sentido Marginal Pinheiros, todas localizadas na faixa da direita e a na faixa central direita da avenida. Os segmentos selecionados configuram-se com situações diversas quanto à geometria, à estrutura física, à idade da intervenção (diferenças em meses), ao tráfego, às condições de irregularidade superficial e à incidência de defeitos.

A caracterização das estruturas das seções foi baseada nos boletins de sondagem do projeto de 2002. A confirmação das espessuras de materiais betuminosos foi feita através de sondagens rotativas executadas no ano de 2005.

O levantamento da irregularidade longitudinal foi realizado com um medidor tipo-resposta, o *Bump Integrator*. As velocidades de deslocamento, durante os ensaios, variaram de 30 a 50 km/h, e em muitos trechos houve a necessidade de mudança de velocidade de acordo com a variação do fluxo do tráfego. Para cada velocidade empregada, usou-se a equação de calibração correspondente para transformar as leituras registradas no índice Quociente de Irregularidade (QI) e posteriormente em Índice de Rugosidade Internacional (IRI), através da equação apresentada por Paterson (1987). Para garantir a segurança e evitar congestionamentos, os levantamentos de irregularidade foram feitos sem interrupção do tráfego, e devido ao alto volume de tráfego, foram efetuados no período noturno. As primeiras medições de irregularidade longitudinal ocorreram antes da restauração e os acompanhamentos consecutivos foram realizados em intervalos de dois a cinco meses após a restauração.

Com o auxílio dos levantamentos de defeitos superficiais apresentados no projeto de 2002 foi possível avaliar a superfície das seções e conferir às mesmas um conceito quanto ao grau de deterioração atingido pelo acúmulo de defeitos. O Índice de Gravidade Global (IGG), na forma como é proposto pelo DNER, foi utilizado para analisar as condições da superfície das seções e identificar as patologias predominantes em cada seção antes de qualquer tipo de intervenção. Dez seções excediam o limite numérico de 150, sugerindo a reconstrução destes pavimentos.

Antes da execução dos reforços asfálticos, foi realizada uma inspeção em campo para determinar o tipo, a quantidade e a severidade dos principais defeitos superficiais existentes nos pavimentos. Para isso foi consultada a norma técnica DNER (1983). Nesta etapa não foi possível o levantamento das flechas nas trilhas de roda devido ao intenso tráfego nas faixas de rolamento. Por motivo de segurança e devido ao elevado fluxo de veículos nos locais de coleta, as seções avaliadas pertencem somente à faixa da direita das pistas. Todos os defeitos inventariados foram transcritos em forma de desenhos representativos, sem escala, em uma planilha desenvolvida especialmente para o estudo (Nakahara, 2005). Dos diversos modos de

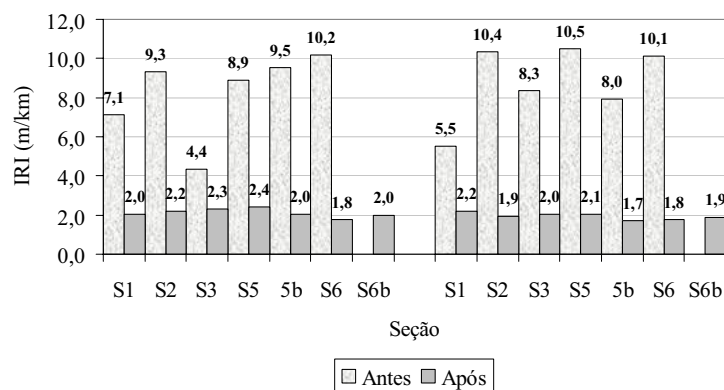
deterioração verificados nas seções monitoradas, destacou-se o trincamento das camadas asfálticas. Após a restauração, as seções foram monitoradas em intervalos de dois a quatro meses, sempre nos dias de finais de semana para se evitar os frequentes congestionamentos na avenida.

A avaliação estrutural antes da restauração foi feita a partir dos resultados dos ensaios deflectométricos do projeto de 2002. Após a restauração (no ano de 2005) foi realizado um levantamento com o *Falling Weight Deflectometer* (FWD), e com o modelo proposto por Pitta (1998), os resultados foram transformados em Número Estrutura corrigido (SNC).

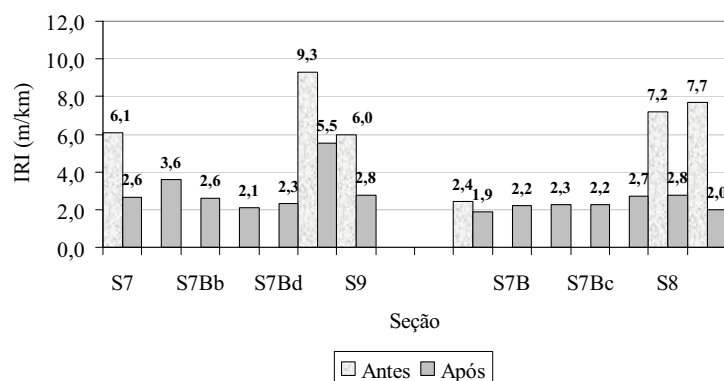
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na maioria das seções, a restauração de 2002 envolveu a fresagem de parte da camada betuminosa. Considerando-se as espessuras de fresagem apresentadas no projeto, conclui-se que as condições da pista em sentido Rodovia dos Imigrantes eram as mais críticas em todas as seções em questão. Várias seções apresentavam as camadas subjacentes às de reforço em estado bastante avançado de deterioração (Nakahara, 2005).

Uma comparação entre os valores medidos antes e após a restauração é apresentada na Figura 2. A restauração restituiu a qualidade de rolamento dos pavimentos da avenida. Antes da restauração, a irregularidade nas pistas em sentido Rodovia dos Imigrantes e em sentido Marginal Pinheiros era, em média, de 8,5 e 6,4 m/km IRI, respectivamente. Após a restauração, tais médias passaram para 2 e 2,7 m/km IRI, respectivamente.



a) Seções em sentido Rodovia dos Imigrantes



b) Seções em sentido Marginal Pinheiros

Figura 2 - Valores de IRI antes e após a camada de reforço

Independentemente da irregularidade existente, a restauração suavizou a irregularidade em todas as seções analisadas. No caso deste estudo, a restauração reduziu a irregularidade superficial da via para um IRI próximo a 2,0 m/km na maioria das seções, indiferentemente o quanto esta superfície se encontrava irregular antes da restauração. Este valor é concordante com aquele preconizado pelo HDM-4 e foram superiores aos encontrados por Perera e Kohn (1999) (entre 0,8 a 1,5 m/km IRI) sendo que nas seções analisadas pelos autores, antes da restauração o valor máximo encontrado foi de somente 2,7 m/km IRI.

Na Figura 3 verifica-se que o decréscimo na irregularidade está relacionado com as condições existentes antes da restauração, e esta relação é aproximadamente linear. Na média, com a restauração, houve uma melhora em 74% na irregularidade das seções em sentido Rodovia dos Imigrantes, e de 51% na irregularidade das seções em sentido Marginal Pinheiros.

A espessura da camada de reforço usada nas seções também teve influência na redução da irregularidade, ou seja, quanto maior a espessura utilizada, maior foi a redução dos valores de IRI após a restauração.

A Figura 4 apresenta a evolução da irregularidade de todas as seções em função do número de repetições equivalentes ao eixo padrão de 80 kN (N), calculado pelo critério do DNER. A relação encontrada foi não linear, e após certo valor de N, houve um aumento acelerado da irregularidade.

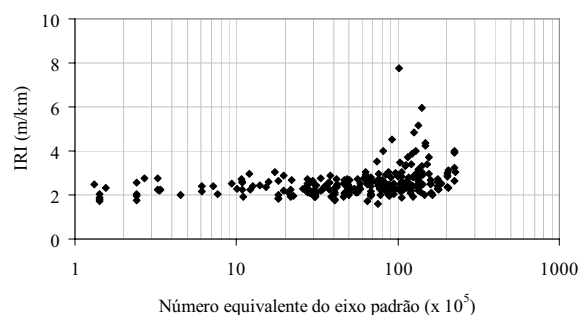
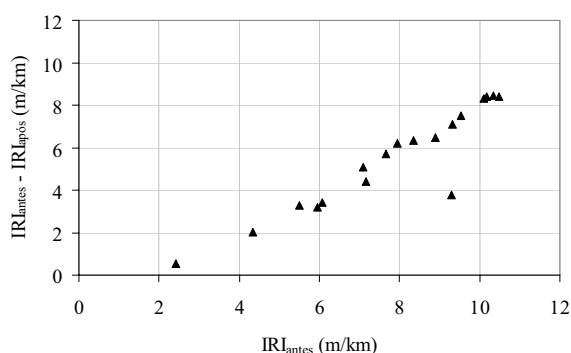
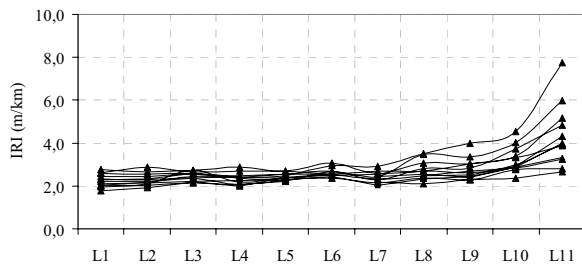
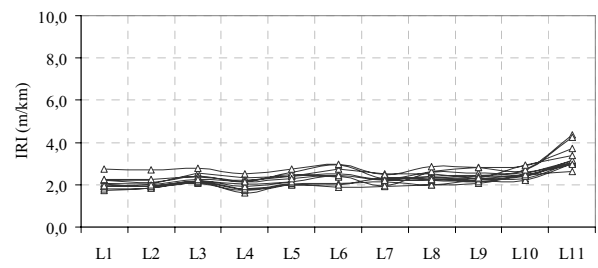


Figura 3 - Redução da irregularidade devido a restauração Figura 4 - Irregularidade versus tráfego atuante

A Figura 5 apresenta a evolução da irregularidade por faixa de rolamento. Mesmo com o controle de calibração do medidor de irregularidade, os desvios que surgiram nas linhas contínuas dos valores medidos, como nos levantamentos L4 e L6, foram considerados erros sistemáticos presumidamente relacionados à calibração do *Bump Integrator*. Erros deste tipo também foram encontrados nos dados do estudo realizado no Brasil-PUND (GEIPOT, 1982) usando o *Maysmeter* como medidor de irregularidade (Paterson, 1987).



(a) Na faixa da direita



(b) Na faixa central direita

Figura 5 - Variação dos valores de IRI por levantamento.

Na Figura 6 percebe-se o aumento médio entre um levantamento e outro foi de 0,5 m/km IRI. Quando as diferenças ultrapassaram este valor surgiram os acréscimos acelerados nas irregularidades de todas as seções. No caso dos pavimentos em estudo, a diferença de 0,5 m/km IRI entre dois levantamentos consecutivos pode ser considerada uma diferença crítica. Houve muitas variações negativas entre as leituras; no entanto, após um tráfego de aproximadamente 5×10^7 eixos-padrão, todas as variações foram positivas. Na análise do acréscimo na irregularidade em cada levantamento em relação à irregularidade inicial apresentada pela seção logo após a restauração (dIRI), a relação foi não linear com o tráfego (Figura 7). Na maioria das seções, o IRI chegou a ultrapassar 50% do seu valor inicial com um tráfego em torno de 3×10^7 eixos-padrão após a restauração.

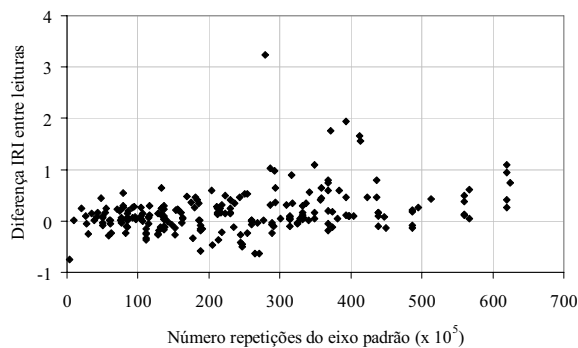


Figura 6 - Diferença de IRI entre os levantamentos versus tráfego

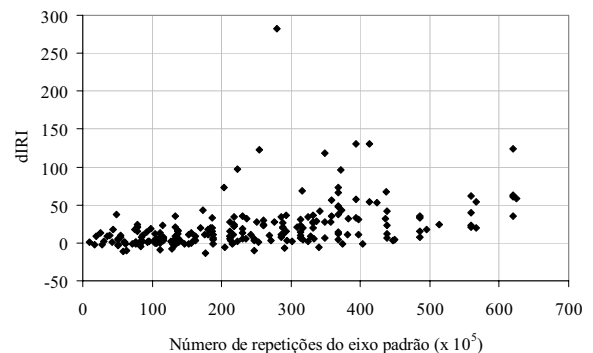


Figura 7 - Variação de dIRI com o tráfego

A Figura 8 apresenta a variação dos valores de irregularidade para cada espessura da camada de reforço. As seções com espessuras de reforços inferiores 10 cm apresentaram aumento mais acelerado do IRI. Para um mesmo nível de irregularidade, quanto menor a espessura do reforço, mais rápida foi a perda de conforto ao rolamento.

A análise da influência do trincamento superficial na irregularidade mostrou que a irregularidade não foi sensível à área de trincamento apresentada sobre as seções, ou seja, para uma seção com área de trincamento superficial menor do que 5%, os valores de irregularidade chegaram a variar de 2 a 6 m/km IRI. No entanto, quando se analisou a irregularidade em seções com presença (C) ou não do defeito (S), nas seções sem trincamento,

a irregularidade manteve-se constante, variando entre 2 a 3 m/km IRI, e nas seções com trincamento, a irregularidade aumentou com o tráfego (Figura 9).

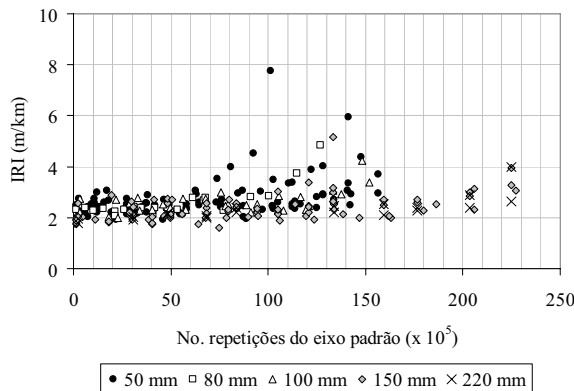


Figura 8 - Variação do IRI em função da espessura da camada de reforço

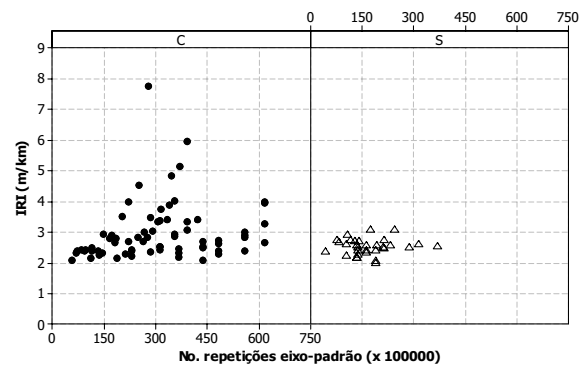


Figura 9 - Variação da irregularidade em seções com (C) trincamento e sem (S) trincamento

Os valores de IRI não apresentaram relação com as deflexões determinadas após o recapeamento e com os números estruturais. No entanto, quando estas variáveis foram interagidas com o tráfego, como artifício de tentativa de ajuste estatístico, houve um aumento acentuado na irregularidade nas seções onde as interações foram menores.

No primeiro levantamento dos defeitos superficiais realizado após a restauração quatro seções apresentavam trincamento superficial, todas localizadas na pista em sentido Rodovia dos Imigrantes. Nas restantes o defeito surgiu com tráfego superior a 2×10^7 eixos-padrão. Duas seções em sentido Marginal Pinheiros não manifestaram o defeito até o último levantamento. A Figura 10 apresenta a evolução da porcentagem de área de trincamento em função do número de repetições equivalentes ao eixo padrão de 80 kN. O aumento mais acelerado foi verificado nas seções em sentido Rodovia dos Imigrantes.

A Figura 11 mostra a influência da época de início do trincamento na evolução do defeito. O aumento do trincamento nas seções precocemente degradadas foi mais acentuado. Confirmando pesquisas anteriores (Queiroz, 1981), a observação dos dados demonstrou que após o aparecimento do trincamento, o processo de deterioração é relativamente rápido.

Avaliando a influência da espessura de camada de reforço na evolução do trincamento, percebeu-se que quanto menor foi a espessura aplicada, mais rápido foi a degradação da superfície.

A porcentagem da área de trincamento não apresentou relação com a deflexão determinada pelo FWD após a restauração. Para uma deflexão de, aproximadamente, 0,33 mm, a porcentagem variou desde 0% até 93%. Ocasionalmente seções com menor valor de SNC apresentaram o aumento mais acelerado na quantidade de trincamento, porém, quanto maior o SNC menor foi a quantidade final do defeito sobre as superfícies monitoradas. Nos trechos com $SNC > 6,0$, a porcentagem de trincamento foi inferior a 10%.

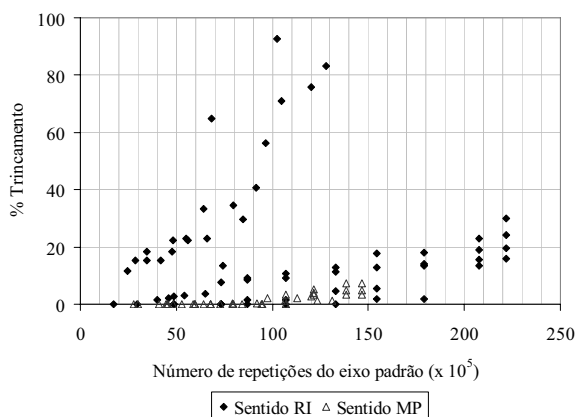


Figura 10 - Variação da porcentagem de trincamento com o tráfego

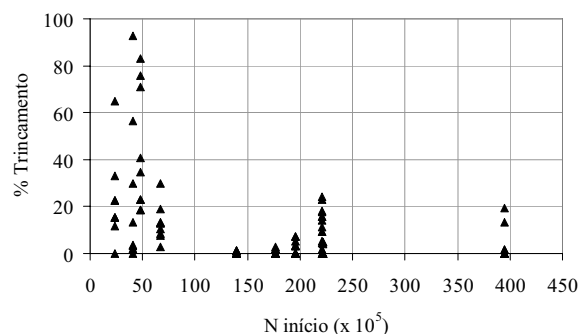


Figura 11 - Porcentagem da área de trincamento em função da época de início do defeito

4. CONCLUSÕES

Este estudo permitir conhecer e avaliar melhor o processo de degradação de reforços asfálticos de via com elevado volume de tráfego pesado, inserida em meio urbano.

A proposta inicial de assentamento do traçado sobre a região foi feita com base em diretrizes de projetos não aconselháveis nos dias atuais. A Avenida dos Bandeirantes foi construída às margens do Córrego Traição, dentro do programa de obras de canalização da Prefeitura Municipal de São Paulo, com o traçado baseado no aproveitamento do fundo de vale, induzindo aos graves problemas de drenagem superficial e profunda que continuam até os dias atuais. Nas sondagens rotativas de reconhecimento executadas no ano de 2002 ainda foram encontrados solos orgânicos (turfas) no trecho plano inicial da avenida.

O método de dimensionamento utilizado apresenta falhas principalmente no que se refere ao estudo geotécnico, que podem ser as causadoras da pouca durabilidade apresentada pelos pavimentos da avenida. O projeto inicial comportava características de via residencial; no entanto, com o passar do tempo, a avenida sofreu uma mudança considerável no tipo e na quantidade de veículos que por ela circulam. A estrutura inicial projetada não suportou adequadamente ao novo uso da via.

Ocorreram poucas intervenções de grande porte na avenida desde a sua construção, apesar do estado avançado de degradação apresentado durante toda a sua vida de serviço. O problema que se perpetua na Avenida dos Bandeirantes é a excessiva e irremediável contaminação por finos da camada de base. As deficiências nesta camada surgiram ainda na fase da sua construção, ocasionando problemas de baixa capacidade de suporte e aceleração dos defeitos superficiais, principalmente no que se refere ao bombeamento de finos pelos trincamentos. O tipo de material usado na sua construção (macadames hidráulicos e betuminosos), as deficiências da drenagem, a falta de tratamento adequado durante as intervenções e o elevado volume de tráfego pesado que as estruturas estão sujeitas justificam o mau desempenho apresentado pelos pavimentos da avenida.

O tipo de tráfego solicitante na Avenida dos Bandeirantes é totalmente atípico para uma via urbana incorporada em uma região com características residenciais. Entre os levantamentos

de campo executados recentemente (entre cada 3 a 5 meses), o aumento do fluxo médio diário foi de 4 milhões de eixos-padrão.

A maioria das seções da Avenida dos Bandeirantes, a restauração envolveu a fresagem de parte da camada betuminosa. Pelas espessuras de reforços executadas, conclui-se que as condições da pista em sentido Rodovia dos Imigrantes eram as mais críticas em todas as seções em questão.

A restauração executada em 2002 restituiu a qualidade de rolamento dos pavimentos da avenida onde houve uma melhora considerável na superfície de todas as seções. Após a restauração, a média da irregularidade ficou entre 2 a 2,7 m/km IRI. O decréscimo na irregularidade apresentou uma relação linear com as condições existentes antes da restauração. Os dados mostraram que a espessura da camada de reforço usada nas seções teve influência sobre esta redução, ou seja, quanto maior a espessura, maior foi a redução dos valores de IRI.

A relação entre os valores de IRI com o tráfego atuante foi não linear e a média de aumento entre levantamentos consecutivos ficou em torno de 0,5 m/km IRI, sendo este valor considerado crítico no que diz respeito aos acréscimos acelerados nas irregularidades de todas as seções.

A irregularidade foi relacionada com alguns fatores que influem na deterioração dos pavimentos e verificou-se que houve uma tendência na diminuição da variação do IRI com o aumento da espessura de reforço. Os pavimentos mais espessos obtiveram menor desenvolvimento de irregularidade. Tanto a deflexão determinada pelo FWD como o número estrutural corrigido não apresentaram correlações com a irregularidade; porém, quando interagidos com o tráfego, o comportamento variou em função dos valores destas interações. A irregularidade não foi sensível à área de trincamento apresentada sobre as seções; no entanto, quando se analisou a irregularidade em seções com presença ou não do defeito, os valores de IRI foram bastante sensíveis.

O conhecimento das condições dos pavimentos proporcionou informações quantitativas sobre o trincamento superficial das seções monitoradas. O trincamento surgiu primeiro em seções localizadas em sentido Rodovia dos Imigrantes, após um tráfego de aproximadamente 7×10^6 eixos-padrão. No entanto, até o final desta pesquisa, duas seções em sentido Marginal Pinheiros ainda não apresentavam o defeito.

A observação contínua dos dados mostrou que as seções em sentido Rodovia dos Imigrantes apresentaram áreas comprometidas com o trincamento superficial superiores que as em sentido Marginal Pinheiros. Nas seções com as piores condições pode ter ocorrido o fenômeno de reflexão de trincas.

O trincamento foi relacionado com alguns fatores para investigar a influência destes no desempenho dos pavimentos das seções monitoradas. Verificou-se que quanto menor foi a espessura aplicada, mais rápido foi a degradação da superfície. Para os dados analisados, a porcentagem da área de trincamento não apresentou relação com a deflexão determinada pelo FWD após a restauração e as seções com menor valor de SNC apresentaram o aumento mais

acelerado na quantidade de trincamento, porém, quanto maior o SNC menor foi a quantidade final do defeito sobre as superfícies monitoradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CET (1999) *Características dos volumes de tráfego em São Paulo / 1998*. Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, São Paulo.
- DNER (1983) *ES 128/83 – Levantamento da condição de superfície de segmentos-testemunha de rodovias de pavimento flexível ou semi-rígido para gerência de pavimentos a nível de rede*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Rio de Janeiro.
- GEIPOT (1982) *Research on the Interrelationships between Costs of Highway Construction, Maintenance and Utilization (PICR)*. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.
- Nakahara, S. M. (2005) *Estudo do desempenho de reforços de pavimentos asfálticos em via urbana sujeita a tráfego comercial pesado*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Paterson, W. D. O. (1987) *Road deterioration and maintenance effects – Models for planning and management*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Pereira, R. W. e S. D. Kohn (1999) International Roughness Index of Asphalt Concrete Overlays – Analysis of Data from Long-Term Pavement Performance Program SPS-5 Projects. *Transportation Research Record*, n.1655, p.100-109.
- Pitta, D. M. (1998) *Contribuição à retroanálise das superfícies deformadas em pavimentos asfálticos típicos da região sul do Brasil*. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PMSP (1967) *Relação de Especificações Gerais, Detalhes Técnicos e Instruções para Projeto de Pavimentação e Drenagem*. Prefeitura Municipal de São Paulo, São Paulo.
- PROTRAN (2003). Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br>. Acesso em: 21 de maio 2003.