



# **PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

## **SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA URBANA**

### ***GRUPO DE TRABALHO INSTITUÍDO PELA PORTARIA 248/SIURB-G/2002***

#### ***Revisão e Atualização das Normas de Pavimentação***

#### ***INSTRUÇÕES DE PROJETO***

São apresentadas as seguintes Instruções de Projeto:

IP-01: Instrução Geotécnica

IP-02: Classificação das Vias

IP-03: Instrução de Projeto Geométrico

IP-04: Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Leve e Médio

IP-05: Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Meio Pesado, Pesado, Muito Pesado e Faixa Exclusiva de Ônibus

IP-06: Dimensionamento de Pavimentos com Blocos Intertravados de Concreto

IP-07: Dimensionamento de Pavimentos de Concreto

IP-08: Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas do Pavimento

IP-09: Projeto de Reforço para Restauração de Pavimentos Flexíveis

Complementarmente, foram revisadas no âmbito deste Grupo de Trabalho as seguintes instruções para reparação dos pavimentos:

IR-01: Instrução para Reparação de Pavimentos Flexíveis Danificados por Abertura de Valas

IR-02: Instrução para Reparação de Pavimentos de Concreto Danificados por Abertura de Valas

IR-03: Instrução para Reparação de Pavimentos Articulados Danificados por Abertura de Valas.

A função das Instruções, Normas e Manuais Técnicos nas atividades da Divisão de Projetos de Pavimentação – PROJ 1 e Divisão de Obras de Pavimentação Obras - 3 da Secretaria de Infra- Estrutura Urbana é de orientar as fases de projeto, construção e conservação das Vias Públicas da Prefeitura do Município de São Paulo, quer sejam executados pela própria Secretaria de Infra-Estrutura Urbana, quer por outros órgãos da própria Prefeitura do Município de São Paulo, ou mesmo por particulares, a fim de garantir a qualidade dos serviços.

Este objetivo pode ser alcançado através da definição de diretrizes e requisitos técnicos na elaboração de projetos, execução e conservação das obras de pavimentação. Como apoio das atividades de Fiscalização, as normas e manuais técnicos devem ser periodicamente revistos e atualizados, para incorporar a evolução tecnológica no projeto e construção.

O Grupo de Trabalho instituído pela portaria 248/SIURB/2002 tem por objetivo a revisão e atualização das normas de SIURB relativas a pavimentação urbana. Como ponto de partida, definiu-se que esta revisão seria iniciada pelas normas de projeto. Neste contexto, encaminhamos neste primeiro relatório o conjunto de Instruções de Projeto que abrangem todas as atividades necessárias à elaboração de projetos de pavimentação.

Para atingir estes objetivos, o Grupo de Trabalho agendou reuniões semanais, perfazendo um total de 38 reuniões, cujas Atas estão anexas, para análise de materiais pré-existentes, normas antigas, pesquisa bibliográfica e inclusão de novas diretrizes e instruções de projeto; além disso, foram realizadas, dentro do escopo deste Grupo de Trabalho, três palestras para atualização tecnológica:

- Utilização de Asfalto-Borracha como camadas de revestimento;
- Projetos de pavimento de concreto armado;
- Utilização de SMA nas camadas de revestimento asfáltico

Um apoio fundamental, que norteou o trabalho desenvolvido pelo GT, foi dado pelo engenheiro J.T. Balbo, Professor da Escola Politécnica da USP na área de Transportes. Sua inestimável contribuição sem dúvida levou ao aprimoramento do trabalho agora apresentado.

#### IP-01

Para o dimensionamento do pavimento, é necessária a correta caracterização geotécnica do subleito, através de sua capacidade de suporte e caracterização dos materiais constituintes da estrutura. Portanto, para o bom desempenho de uma estrutura do pavimento, deve-se proceder a estudos criteriosos do subleito e dos materiais integrantes da sua estrutura.

O subleito natural das vias públicas e, em especial, do Município de São Paulo apresenta-se extremamente variável, sendo difícil uma avaliação das características do suporte CBR representativo das vias a serem pavimentadas. A este fato alia-se a grande dificuldade de remoção e troca de solos em função das interferências existentes e da escassez de solos com suporte CBR elevado. Estes problemas são agravados pelo fato que, em muitos locais, ocorrem vazamentos das redes de água e esgoto, saturando o subleito e alterando substancialmente o suporte CBR, avaliado quando da elaboração do projeto.

Além disso, o ensaio CBR apresenta uma grande dispersão do próprio ensaio. Mesmo que uma região tenha sido dimensionada com CBR estatístico, existem locais da via que podem apresentar suporte CBR individual inferior ao de projeto. Para o correto equacionamento destas importantes questões, foi desenvolvida a IP-01: Instrução Geotécnica, a qual incorpora novos conceitos de geotecnia, incluindo a tecnologia MCT de caracterização de solos tropicais.

## IP-02

Outro requisito fundamental para o dimensionamento dos pavimentos é a caracterização do tráfego incidente, traduzido pelo número de solicitações de operações do eixo simples padrão previsto para o período de projeto, envolvendo:

- Volume total de tráfego no período de projeto;
- Fator de equivalência de veículos (FE).

Há uma grande dificuldade em se diagnosticar o tipo de tráfego em vias urbanas. Em uma metrópole como a cidade de São Paulo, a classificação de uma via que em um dado momento foi estabelecida com um determinado tipo de tráfego poderá ser alterada, em função do desenvolvimento da região, passando a pertencer a outro tipo de tráfego, bem superior ao da concepção do projeto. Isto mostra que períodos de projetos elevados, como por exemplo superiores a  $P = 10$  anos, têm uma possibilidade maior de gerar pavimentos sub-dimensionados.

Para abordar esta questão, foi desenvolvida a IP-02: Classificação das Vias, considerando a definição dos tipos de tráfego e valores de  $N$  a serem adotados para dimensionamento dos pavimentos urbanos da PMSP em períodos de projeto  $P=10-12$  anos.

Nesta especificação foram considerados os seguintes tópicos:

- Características da frota
- Número de solicitações ( $N$ )

É necessário definir o tipo de tráfego caracterizado pelo número total de solicitações do eixo simples padrão ( $N$ ). No caso da Prefeitura de São Paulo, adota-se o valor de  $N$  para um período de  $P=10$  ou  $12$  anos. A prática tem demonstrado que, após  $10$  anos de vida de serviço dos revestimentos constituídos por CBUQ, essa camada fica mais rígida (pela oxidação do ligante betuminoso), acelerando o fenômeno de fadiga do pavimento com trincamento generalizado em sua estrutura.

### IP-03

O Projeto Geométrico da Via Pública, que está contemplado na IP-03, incorpora conceitos de desenvolvimento que consideram as demandas da população, mas também a legislação urbanística da cidade, incorporando o Plano Diretor.

### IP-04, IP-05, IP-06, IP-07

#### Dimensionamento de Pavimentos

Quanto ao dimensionamento de pavimentos propriamente dito, foram atualizadas as Instruções relativas ao Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para tráfego Leve e Médio (IP-04), Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Meio Pesado, Pesado, Muito Pesado e Corredores de Ônibus (IP-05), o qual incorpora novos materiais, como bases cimentadas e CAUQ com polímeros. Em relação ao dimensionamento de pavimentos em blocos intertravados de concreto, a evolução da tecnologia incorporou dois procedimentos, os quais estão apresentados na IP-06. Esta alternativa de pavimentação em blocos pré-moldados de concreto de cimento Portland representa uma versão moderna aos antigos calçamentos em blocos de paralelepípedos, especialmente quando forem relevantes as características de resistência à compressão, abrasão, utilização de mão de obra não especializada, rapidez na liberação ao tráfego, instalação posterior de infra-estrutura urbana e proximidade do N. A, bem como em locais sujeitos a inundações.

O dimensionamento de pavimentos de concreto é contemplado na IP-07, uma norma inovadora no meio técnico, uma vez que incorpora conceitos de diferenciais térmicos da cidade de São Paulo no dimensionamento. Nesta Instrução de Projeto, considera-se explicitamente os efeitos estruturais de condições climáticas na cidade de São Paulo, bem como a capacidade estrutural de bases cimentadas, sendo um método mais favorável ao dimensionamento estrutural do pavimento de concreto em comparação aos critérios até então empregados, adaptados de experiências do exterior, que refletem condições empíricas de difícil justificativa e transposição para emprego em clima tropical.

#### IP-08

O Método de Dimensionamento adotado pela PMSP tem por base o estabelecimento da espessura suficiente à proteção do subleito quanto a deformações plásticas excessivas ou até a ruptura. Entretanto, é possível que a estrutura resultante responda as cargas, na fase resiliente, de maneira que a fadiga em alguns pontos críticos, em especial no revestimento, não atenda as previsões de projeto. Torna-se necessário, para maior segurança, especialmente com relação a vida do pavimento, a verificação do comportamento resiliente da estrutura, verificando o desempenho elástico de suas camadas e garantindo assim que o mesmo não sofra deterioração precoce por fadiga.

As verificações são efetuadas através de análise de tensões e deformações. Esta verificação é feita através da IP-08: Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas do Pavimento.

#### IP-09

Vida útil de um pavimento é o período estimado em anos, adotado pelo projetista (período de projeto  $P$ ), para que o pavimento resista a esforços e solicitações impostos pelo tráfego, mantendo condições aceitáveis de conforto e segurança aos usuários.

Este período é adotado com base em características que consideram a oxidação da camada de revestimento, o tipo de tráfego e a imprevisibilidade quanto ao crescimento e à modificação nas condições de solicitação do pavimento.

Inicialmente, o pavimento bem projetado apresenta condição ideal de funcionamento, caracterizada pelo conforto e segurança oferecidos ao usuário. Com o passar do tempo, ocorre um decréscimo das condições de conforto e segurança, mas não devem ser ultrapassadas certas condições mínimas aceitáveis.

Quando o pavimento for dimensionado, executado e utilizado adequadamente durante o seu período de projeto, estima-se que as camadas subjacentes à de rolamento acham-se ainda estruturalmente satisfatórias, podendo receber uma

correção de superfície ou um reforço de sua estrutura, através de capeamentos asfálticos.

A espessura desses capeamentos será decorrente de um novo estudo que poderá levar a um novo dimensionamento, agora designado de Projeto de Reforço Estrutural, cujo objetivo é levar o pavimento a apresentar, novamente, as condições de conforto e segurança ao usuário para um novo período de projeto, geralmente de 10 a 12 anos, podendo variar em função das características do dimensionamento e do tráfego.

Este projeto de reforço é o objeto da IP-09: Projeto de Reforço para Restauração de Pavimentos Flexíveis.

A camada de rolamento é muito importante, possuindo a função de suportar e transmitir às camadas subjacentes do pavimento os esforços verticais e tangenciais provenientes dos veículos, nas condições climáticas mais adversas, além de evitar a penetração da água no interior do pavimento em quantidade indesejável. O desempenho da camada de rolamento influi diretamente no comportamento do pavimento, daí a necessidade de dosagens bem elaboradas e de manutenção preventiva, evitando que problemas nessa camada levem o pavimento a uma condição de degradação prematura. As intervenções na camada de rolamento, em tempo oportuno, evitam a propagação de trincas e, conseqüentemente, dificultam a entrada de água em seu interior, diminuindo os efeitos do bombeamento e do descolamento da camada asfáltica. Caso contrário, ocorrerá um aumento excessivo das trincas e, conseqüentemente, um aumento na área de exposição à ação do ar e do sol, acelerando assim o processo de oxidação do revestimento.

Em função das condições climáticas e das características dos ligantes, em especial dos CAP utilizados em nosso país, observa-se que os revestimentos asfálticos, após o período  $P = 10$  anos, passam a apresentar comportamento insatisfatório, devido à oxidação do ligante da camada de rolamento (CAUQ).

Para um pavimento atingir adequadamente o período de projeto, há a necessidade de que seja executada a conservação e manutenção de rotina, durante o período de vida útil, com inspeção visual e inventário de superfície a

cada 2 anos, e uma avaliação preliminar das condições da estrutura do pavimento após a metade do seu período de projeto (5 anos). Se forem constatados defeitos, devem ser feitas as intervenções necessárias seguindo as diretrizes da SIURB/PSMP.

Após esse período de projeto “P”, torna-se necessária uma 2ª avaliação definitiva da estrutura do pavimento, realizando as intervenções necessárias para torná-lo apto a suportar outro período de vida útil.

Para a avaliação das condições de um pavimento, deve-se avaliar seus parâmetros funcionais, tais como Inventário de Superfície, que contemplam deformações permanentes na superfície do pavimento, panelas, remendos e trincamentos. Além disso, um trabalho adicional consiste na fiscalização das condições de tráfego, evitando passagem de cargas que ultrapassem a carga legal; fixação de procedimentos para reparos de valas abertas para implantação e/ou conserto de infra-estrutura, no controle sistemático junto aos órgãos de fornecimento de água e esgoto para verificação de vazamentos nas ruas, bem como no maior rigor nos serviços de tapa-buracos.

Os estudos para elaboração do projeto de reforço são efetuados através de levantamentos deflectométricos (FWD, Viga de Benkelman), abertura de cavas de inspeção e ensaios tecnológicos, sempre objetivando uma recuperação ou o reforço do pavimento. Essa avaliação faz parte do procedimento geral de um **Sistema de Gerência de Pavimentos**, e que deverá ser desenvolvido futuramente.

Contribuindo ainda para solucionar um dos grandes problemas encontrados nos pavimentos de vias públicas no município de São Paulo - a questão da abertura de valas pelas concessionárias de serviços - está incluída nesta publicação uma revisão das Instruções de Reparação para Pavimentos Danificados por Abertura de Valas, a qual incorpora inovações de técnicas construtivas e materiais em sua elaboração.



Finalizando a apresentação deste trabalho, esclarecemos que este documento técnico contém as Instruções de Projeto e Instruções de Reparação que deverão substituir as similares vigentes, elaboradas em 1966 e 1992.

Esperando ter atendido à solicitação desta Administração, o Grupo de Trabalho, com esta publicação, apresenta o primeiro relatório que deverá ser complementado pelas Instruções de Execução de Serviços e Especificações de Materiais. Acreditamos que a dinâmica que acompanha a evolução tecnológica certamente irá solicitar revisões periódicas em alguns aspectos do trabalho ora apresentado, de forma a evitar-se uma defasagem das Especificações e Normas da Prefeitura do Município de São Paulo em relação ao desenvolvimento das novas tecnologias utilizadas na pavimentação.

### ***Grupo de Trabalho***

Eng. Ricardo Rezende Garcia – Coordenador	.....
Geo. Dirce Carregã Balzan – Sub-Coordenadora	.....
Eng. Flávio Vechiato Galletti	.....
Eng. Jorge Ogata	.....
Eng. Laerte Moroni Pires	.....
Eng. Ricardo Tuma Calil	.....
Eng. Rosária Maria Domingos	.....
Eng. Vera Lúcia de Melo	.....
Eng. Zaira Conceição Rosa	.....
Prof. José Tadeu Balbo - Consultor	.....