

# CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COM ESTRUTURAS RESERVATÓRIO E A ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA PMSP

*Afonso Luis Virgiliis<sup>1</sup>; Liliane L.A. Pinto<sup>2</sup>; Liedi Bariani Bernucci<sup>3</sup>; Carlos Yukio Suzuki<sup>4</sup>; Jose Rodolfo Scarati Martins<sup>5</sup>*

**RESUMO:** Apresenta-se a metodologia de construção de pavimentos permeáveis como medidas complementares de drenagem urbana para a redução de picos de enchentes em cidades densamente urbanizadas. O trabalho baseou-se na experiência adquirida na construção de trecho experimental como área de estacionamento nas dependências do Centro Tecnológico de Hidráulica – CTH na Universidade de São Paulo. O local do estacionamento atua como um reservatório subsuperficial de águas pluviais sendo que sua estrutura, constituída de agregados granulares, abriga no interior de seus vazios a água infiltrada pelas camadas do pavimento. Pretende-se que os pavimentos permeáveis com estruturas reservatório possam ser utilizados em diferentes empreendimentos urbanos como grandes áreas públicas ou particulares, estacionamentos, parques, quadras esportivas, passeios, calçamentos e ruas de pouca solicitação de tráfego entre outros. Para tanto, a Prefeitura de São Paulo elaborou a ETS-03 – Especificação Técnica de Serviços cuja finalidade precípua é a de orientar a aplicação de pavimentos dessa natureza em futuros projetos de vias de tráfego leve e, além disso, possa servir de base para que outros órgãos normativos elaborem especificações para suas outras aplicações contribuindo para a sustentabilidade da drenagem urbana.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto asfáltico poroso; Pavimento permeável; Reservatório granular.

**ABSTRACT:** *The present work intends to present methodology of construction of porous pavements as complementary adoption in urban drainage with purpose to reducing downstream flooding in cities with great urban density. This work is based in the know how acquired by the construction of a experimental field as parking area inside the propriety of CTH – Centro Tecnológico de Hidráulica in State University of Sao Paulo. This parking area is a reservoir structure where rain water is stored inside courses of aggregates. The storage volume is in the void space between particles of material that comes by infiltration trough the pavement layer. The primary target is that porous pavements, as reservoir structures, can be used in many kinds of urban projects such as large public and private lots, parking areas sport fields side walks and streets, with low capacity of traffic loads, and so forth. For that, the Sao Paulo City Hall made the STE-03 –Technical Services Specifications with purpose to guide the appliance of this kind of pavement in futures low capacity of traffic loads streets projects and became a base to other normative organs specify the porous pavements in another applications looking urban drainage sustainability.*

**KEY WORDS:** *Porous asphalt; Porous pavements; Porous reservoir structure.*

<sup>1</sup> Mestre pela Escola Politécnica USP, Pça da República, 154 - São Paulo, SP- [avirgiliis@prefeitura.sp.gov.br](mailto:avirgiliis@prefeitura.sp.gov.br)

<sup>2</sup> Doutora pela Escola Politécnica USP, Rua Min. João Mendes, 36 – Santos, SP - [rlap@uol.com.br](mailto:rlap@uol.com.br)

<sup>3</sup> Prof. Dr. da Escola Politécnica USP, Av. Prof. Almeida Prado, trav. 2, n.º 83 - São Paulo, SP- [liedi@usp.br](mailto:liedi@usp.br)

<sup>4</sup> Prof. Dr. da Escola Politécnica USP, Av. Prof. Ascendino Reis, 725 – São Paulo, SP- [suzuki@planservi.com.br](mailto:suzuki@planservi.com.br)

<sup>5</sup> Prof. Dr. da Escola Politécnica USP, Av. Prof Almeida Prado, trav. 2, n.º 83– São Paulo, SP – [scarati@usp.br](mailto:scarati@usp.br)

## **SUSTENTABILIDADE**

A implementação de pavimentos com revestimentos permeáveis e estrutura granular atuando como reservatório das águas pluviais no seu interior, preenchendo o volume de vazios, representa uma medida compensatória efetiva à perda da capacidade natural de infiltração dos solos de uma bacia hidrográfica que se tornou densamente urbanizada. Ao mesmo tempo em que propicia o armazenamento das águas, pode também proporcionar o aumento da duração dos hidrogramas de chuva, com a conseqüente redução dos picos das cheias reduzindo os impactos para jusante.

O desenvolvimento sustentável pressupõe necessariamente que haja equilíbrio ecológico, benefício social e viabilidade econômica. Nesta perspectiva, a implantação do pavimento permeável pode estimular a conscientização da população e servir de incentivo à adoção de ações para garantir a sustentabilidade às áreas urbanas incorporando conceitos de qualidade ambiental e tecnológica, uso racional de materiais e recursos e aplicação de métodos eficazes que visam contribuir para o manejo e controle do escoamento superficial repondo condições anteriormente perdidas pelo uso desordenado do solo urbano que possui a impermeabilização como sua conseqüência.

Revisões, atualizações das normas e especificações técnicas de matérias e procedimentos devem ser pensados objetivando soluções ambientalmente responsáveis e dentro de conceitos pertinentes à sustentabilidade de todos os processos.

## **O ESTACIONAMENTO NO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA – CTH**

Trata-se da pavimentação de área de estacionamento para tráfego leve, localizada dentro das dependências do Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH) da Universidade de São Paulo (USP) com dois tipos de pavimentos: um com revestimento em blocos intertravados de concreto poroso e o outro com concreto asfáltico poroso tipo CPA.

A idéia surgiu da necessidade de fornecer à Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP) a possibilidade de lançar mão desse tipo de pavimento em muitos empreendimentos por ela desenvolvidos. Desta forma a PMSP interessou-se pelo assunto sugerindo estudo mais técnico e aprofundado, visando o estabelecimento de procedimentos de elaboração de projeto e execução de obras para sua utilização em Parques Lineares (Secretaria do Verde e Meio Ambiente), ciclovias, lotes ajardinados, passeios públicos, ruas de tráfego leve em áreas de mananciais, pontos de alagamento por insuficiência de microdrenagem, áreas de estacionamento e calçadas, dentre outros.

A escolha de executar um estacionamento com pavimento permeável com a função de reservatório teve por objetivo estudar sua metodologia de projeto e construção com o intuito de subsidiar grandes empreendimentos que possuam áreas impermeáveis e necessitem atender a legislação do Município de São Paulo que trata da obrigatoriedade de que os lotes urbanos deixem pelo menos 15% da área total como área permeável e “lei das piscininhas” que obriga a retenção em reservatórios de parte de escoamento antes de lançá-lo ao sistema de drenagem.

Os projetos foram elaborados com base no levantamento planialtimétrico cadastral da área anotando-se as principais singularidades existentes, topografia, sondagens, ensaios de caracterização, levantamentos das interferências, estudos do tipo de tráfego e capacidade de suporte do subleito para a determinação da espessura das camadas de base, sub base e revestimento, estudos hidrológicos para a determinação da chuva de projeto e dimensionamento hidráulico da espessura das camadas granulares que armazenam em seu interior a água que infiltra.

Foram feitos estudos complementares como de transplante de espécies arbóreas que estavam interferindo no empreendimento e projeto de compensação ambiental de acordo com diretrizes da Secretaria do Verde e Meio Ambiente na sua portaria n.º 26/2008.

Especial cuidado foi tomado com o sistema de saída do reservatório e da captação do escoamento superficial visto que os instrumentos de medição foram também projetados. Considerou-se a boca de lobo pré-existente da rede de drenagem externa, como coletora das águas pluviais tendo-se preliminarmente levantado suas cotas de fundo para a determinação de seu ponto baixo e a direção de escoamento da galeria.

Para a captação das águas provenientes do escoamento superficial foram projetadas declividades na superfície do revestimento de 0,5% no sentido longitudinal e 1,0% no sentido transversal. As inclinações foram definidas para que as águas pluviais permaneçam maior tempo em contato com a superfície do pavimento permitindo sua infiltração. Esta é a razão pela qual se admitiu no projeto declividades baixas alterando-se o conceito de escoamento rápido para fora da superfície que é normalmente adotado em obras de pavimentação.

Executaram-se aproximadamente 1600 m<sup>2</sup> de pavimento permeável divididos em 800 m<sup>2</sup> de blocos intertravados de concreto poroso (Área B) e 800 m<sup>2</sup> de concreto asfáltico poroso tipo CPA (Área C) como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1 – Vista em planta do estacionamento

## CONCEPÇÃO DO PAVIMENTO

As diretrizes básicas que nortearam a concepção do pavimento permeável foram:

- As estruturas de pavimento selecionadas devem ser dimensionadas de tal forma a suportar os carregamentos impostos pelo tráfego de veículos, predominantemente de passeio, por se tratar de área de estacionamento.
- Os revestimentos devem ser drenantes e as camadas subjacentes de sub-base e base constituídas de materiais granulares com volume de vazios que permita reter temporariamente as águas infiltradas.
- Os materiais granulares escolhidos não podem perder resistência significativa quando saturados, para não prejudicar o desempenho estrutural do pavimento.

Os materiais constituintes do reservatório devem apresentar permeabilidade suficiente para permitir a evacuação lenta da água para a rede de drenagem, e apresentar granulometrias apropriadas que evitem problemas de colmatção e de erosão interna em decorrência do fluxo d'água.

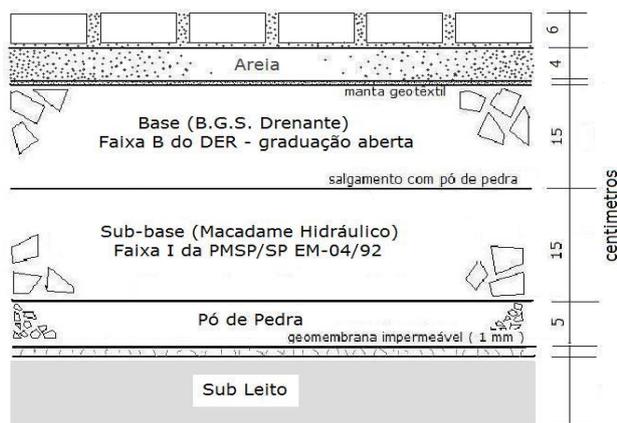


Figura 2 – perfil do pavimento com blocos intertravados de concreto poroso

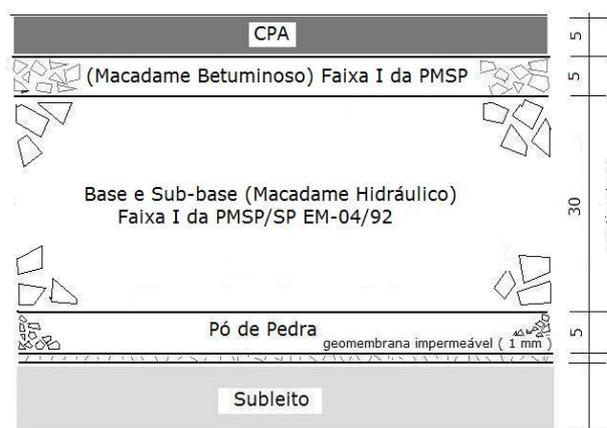


Figura 3 – Perfil do pavimento em CPA

Na área B (Figura 2), os blocos intertravados de concreto poroso foram assentados sobre berço de areia de aproximadamente 4 cm e rejuntados com areia quimicamente tratada com produto desenvolvido para agregá-la não permitindo sua remoção com o escoamento superficial nem tampouco sua colmatação, sendo travado em suas extremidades por sarjetas e guias impedindo o deslocamento de peças e conseqüente patologia de descontinuidade.

Foram desenvolvidos blocos porosos por empresa associada à Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), ensaiados quanto à resistência e à permeabilidade alcançando a resistência média na compressão de 25 MPa.

Separando a camada de areia da base de BGS (Brita Graduada Simples), foi colocada manta não-tecida de filamentos de polipropileno (manta geotêxtil), possibilitando a livre passagem das águas de infiltração para o meio drenante, e o bloqueio de finos para as camadas inferiores.

Após dimensionamento hidráulico e estrutural, optou-se por executar camada de 15 cm de BGS (Faixa B do DER – graduação aberta) sobre Macadame Hidráulico de 15 cm, após salgamento com pedrisco na interface das 2 camadas.

Na área C (Figura 3), foi executado concreto asfáltico poroso tipo CPA (Camada Porosa de Atrito) espessura de 5 cm, com granulometria aberta, na faixa do Arizona e ligante asfáltico modificado por polímeros SBS, tipo 65/90, com adição de 0,4% de fibras sobre camada de 5 cm de macadame betuminoso na Faixa I da PMSP/SP EM-04/92.

Visando a melhor drenabilidade optou-se por uma única camada de Macadame Hidráulico de pedra n.º 3 - Faixa I da PMSP/SP EM-04/92, de 30 cm em virtude do seu elevado índice de vazios para melhor armazenamento da água.

Todo o pacote granular constituído pela base e sub-base foi assentado sobre geomembrana impermeável de PEAD que teve a função de isolar a estrutura dos pavimentos a serem estudados do subleito ou solo do local e, também, garantir a integridade do subleito quanto ao seu molhamento como conferir estanqueidade. Esse arranjo permite o estudo hidráulico independentemente da capacidade de infiltração do solo local, que poderia interferir na avaliação da capacidade como reservatório do pavimento permeável. Para evitar o puncionamento da geomembrana contra furos e rasgos, optou-se por espalhar uma camada de 5 cm de pó-de-pedra como camada protetora impedindo que a pedra 3 do Macadame Hidráulico perfurasse o PEAD.

Em ambos os pavimentos a declividade transversal e longitudinal tanto na superfície quanto na camada de sub-base foi pequena para permitir a melhor infiltração e evitar o escoamento superficial (Figuras 4 e 5).

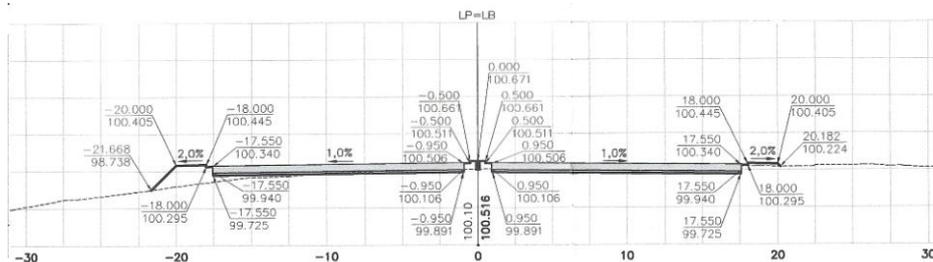


Figura 4 – Perfil Transversal sem escala – Fonte: Liliane L.A. Pinto, 2009

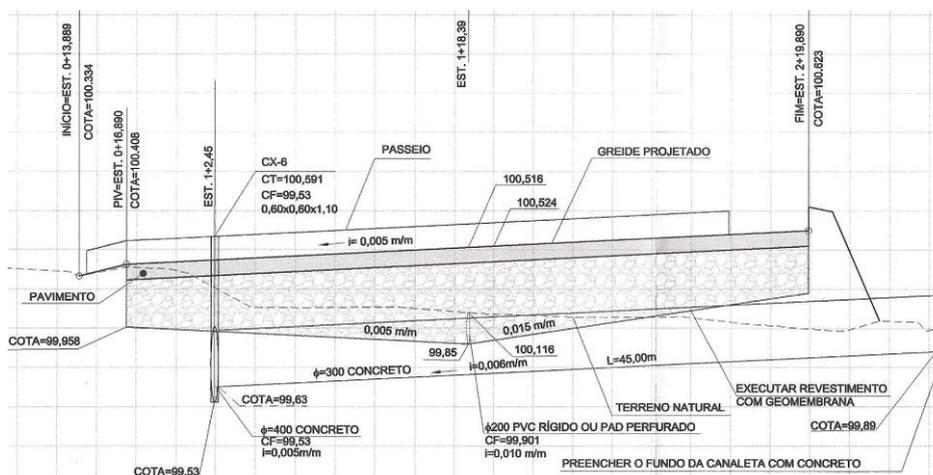


Figura 5 – Perfil longitudinal sem escala - Fonte: Liliane L.A. Pinto, 2009

## ESTUDOS HIDRÁULICOS

Para a determinação da altura do reservatório, ou seja, para o cálculo das espessuras das camadas do pavimento quanto aos aspectos hidráulicos, sugere-se a utilização da precipitação XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos

pluviométrica com tempo de concentração  $t$  e período de retorno de  $T$ , conforme preconizado por Cedergren para o dimensionamento de dispositivos de drenagem subsuperficial.

Considerando-se a equação (1) proposta por Martinez–Magni (1999) para a cidade de São Paulo calcula-se a altura total de precipitação:

$$h_{i,t} = 2358,09(t+10)^{-0,92281} + 610,6002(t+20)^{-0,8764} \{-27,9192 - 56,4402 \ln [\ln (T/T-1)]\} \quad (1)$$

onde:

$h_{i,t}$  = altura total precipitada, correspondente à duração  $t$  e o período de retorno  $T$ , em mm.

$t$  = duração da chuva em minutos;

$T$  = período de retorno em anos.

Cedergren (1980), sugere a utilização da precipitação pluviométrica com tempo de concentração  $t$  de 1 hora e período de retorno de  $T$  entre 1 e 2 anos, para o dimensionamento de dispositivos de drenagem subsuperficial.

A profundidade do reservatório de granular do pavimento permeável é determinada por:

$$H = \frac{h_{i,t}}{n} \quad (2)$$

Onde:

$H$  é a profundidade do reservatório de material granular,

$n$  é a porosidade média do material.

$h_{i,t}$  é a altura total precipitada, relativa à duração  $t$  e o período de retorno  $T$ , em mm.

A porosidade ( $n$ ) é calculada de acordo com a expressão abaixo:

$$n = 1 - \frac{\gamma_d}{G_s * \gamma_w} \quad (3)$$

Onde:

$\gamma_d$  = densidade seca do material

$G_s$  = densidade real dos grãos

$\gamma_w$  = densidade da água

## ESTUDOS DE TRÁFEGO

No caso específico deste trabalho, por se tratar de área de estacionamento, o tráfego foi considerado do tipo leve de acordo com o critério preconizado nos métodos de dimensionamentos de pavimentos da Prefeitura do Município de São Paulo (IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Leve e Médio – SIURB – Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras). O tipo de tráfego adotado foi Tráfego Leve  $N=10^5$  e  $CBR = 8,0 \%$  (CBR obtido através das sondagens).

Para este tipo de tráfego prevê-se a circulação de até 20 veículos comerciais por dia e com até 10 tf (toneladas força) por eixo, correspondendo a caminhões de lixo, realização de mudanças, etc.

De acordo com a instrução de projeto PMSP-IP-04 que trata do assunto, os serviços geológicos e geotécnicos para a caracterização do subleito deverão respeitar a Instrução de Projeto IP-01 da PMSP/SIURB.

A equação a ser considerada conforme o método de dimensionamento PMSP é:

$$R * K_r + B * K_B \geq H_{SL} \quad (4)$$

Onde:

$K_R$ ,  $K_B$ ,  $K_{SB}$ ,  $K_{REF}$  representam os coeficientes estruturais do revestimento, da base, da sub-base e do reforço do subleito, respectivamente;  $H_{SB}$ ,  $H_{REF}$  e  $H_{SL}$  são as espessuras em termos de material granular, fornecidas pela figura 6:

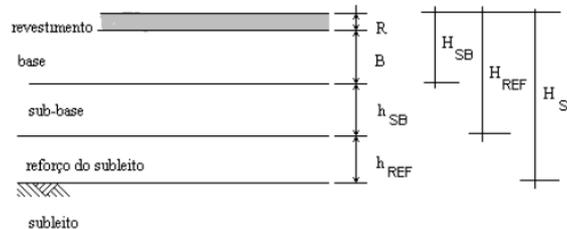


Figura 6 – esquema das camadas para dimensionamento do pavimento

A norma adotada para o dimensionamento de pavimentos intertravados com blocos de concreto é a PMSP-IP-06.

Conforme considerações feitas para estudos de tráfego tem-se: Tipo de tráfego adotado = Tráfego Leve =  $N=10^5$ , CBR = 8,0 % ( CBR obtido através das sondagens) e para pavimentos intertravados com blocos de concreto poroso adotou-se o Procedimento A. Este procedimento foi adaptado pela ABCP no Estudo Técnico n.º 27 do trabalho original proposto pela BCA - "British Cement Association", com a utilização de bases cimentadas.

Após os estudos de dimensionamento hidráulico e de carga de tráfego, adotou-se o dimensionamento da espessura das camadas granulares que apresentou o maior valor, visto que esta será a altura mínima para garantir que o volume de precipitação seja totalmente absorvido para a chuva de projeto e que a solicitação imposta por carregamentos não danifique o pavimento como um todo.

A tabela 1 a seguir apresenta as especificações utilizadas para a preparação do subleito, base e sub-base para a execução do estacionamento no Centro Tecnológico de Hidráulica da USP.

Tabela 1 – especificações de projeto e obra adotados

<b>DESIGNAÇÃO</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>ANO</b>
Preparo do Subleito do Pavimento	PMSP IE-01	2004
Sub-Bases e Bases de Brita Graduada	PMSP ES-06	1992
Camadas de Macadame Betuminoso	PMSP ES-07	1992

## **DOSAGEM DO CPA**

O CPA foi executado com CAP modificado por polímero SBS tipo 65/90. Ao mesmo tempo, recebeu a adição de fibras para aumentar o teor de ligante asfáltico visando diminuir o efeito da desagregação visto que está susceptível a maior oxidação no interior de seus vazios. A dosagem incluindo fibras foi aplicada de forma pioneira no trecho oeste do Rodoanel de São Paulo. Foram analisados os resultados dos ensaios realizados no Laboratório de Tecnologia de Pavimentos LTP da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, chegando-se a conclusão que o mesmo CPA, com a mesma dosagem (polímero e fibras), poderia ser aplicado no trecho experimental.

Sendo assim, a dosagem especificada apresenta as seguintes características:

Pedreira: BARUERI

CAP: Modificado por polímero SBS - TIPO 65/90.

CPA: Faixa Arizona – AASHTO T-27 e AASHTO T-11.

As granulometrias foram realizadas por via úmida conforme metodologia empregada pela AASHTO T-27 e AASHTO T-11, denominada Faixa Arizona.

Os agregados foram fracionados (segundo porcentagens definidas), nas peneiras: 1/2” – 3/8” – n°4 – n° 8, para a preparação individual dos corpos de prova com altura de  $6,35 \pm 0,13$  cm.

A compactação, com 75 golpes por face do corpo de prova, bem como a densidade Máxima da Mistura, foram executadas 2 horas após a mistura (AASHTO R-30).

A tabela 2 mostra a dosagem utilizada para a execução da Camada Porosa de Atrito com cimento asfáltico modificado com polímeros e adição de fibras.

Tabela 2 – Dosagem do CPA

A ESPESSURA DA CAMADA COMPACTADA NA PISTA DEVE SER 5 CM.			
VALORES ENCONTRADOS PARA TEOR ÓTIMO EM PESO DE ASFALTO ADICIONADO (AASHTO R-35)			4,5%
COMPOSIÇÃO DA MISTURA SECA			CAP- SBS - TIPO 65/90
BARUERI	GRANILHA (10,0mm)	93,1%	88,9%
BARUERI	AREIA ARTIFICIAL	5,0%	4,8%
DIVERSOS	CAL CH I	1,5%	1,4%
DIVERSOS	Fibra	0,4%	0,4%
TOTAL		100,0%	4,5%
TOTAL GERAL			100,0%

A faixa granulométrica pode ser vista na figura 7 abaixo:



\* (MS-4) = INSTITUTO DE ASFALTO - MANUAL DE ASFALTO - SÉRIE Nº 4 - EDIÇÃO 1989 ( Versão em português 2001 - Petrobras )

Figura 7 – Faixa Arizona (AASHTO T-27 E AASHTO T-11)

A seguir, apresentam-se as fases de execução dos revestimentos de CPA (Foto 1) e de blocos intertravados de concreto poroso (Foto 2) e aspecto final (Foto 3).



Foto 1 – Execução do revestimento de CPA



Foto 2 - Execução do revestimento de blocos intertravados de concreto poroso



Foto 3 – Aspecto final do estacionamento

## **RESULTADOS**

Após 24 meses da abertura ao tráfego na área do estacionamento, não foram observadas patologias deteriorativas das condições mecânica e estrutural dos revestimentos tanto da área executada com CPA quanto na executada com blocos intertravados de concreto poroso. Em ambos os casos não se observaram trincas, deformações longitudinais, depressões e até o presente os pavimentos apresentaram resultados satisfatórios de infiltração conforme estudados pelo Departamento de Hidráulica da Escola Politécnica da USP (Liliane L. A. Pinto, 2011).

### **A NORMA DA PMSP - ETS 003/2010**

O objetivo desta Especificação Técnica é a definição dos critérios de dimensionamento e execução de pavimentos permeáveis com revestimento em Concreto Asfáltico Poroso – CPA (Camada Porosa de Atrito) nas vias públicas submetidas a Tráfego Leve segundo a IP-02 sob a jurisdição da Prefeitura do Município de São Paulo.

A sub-base e base dos pavimentos permeáveis devem ser constituídas exclusivamente por material pétreo granular de faixas abertas, sob risco de perda da permeabilidade e da função de reservatório da camada de base, razão pela qual não se tolera alteração das faixas granulométricas presentemente indicadas.

O correto dimensionamento da espessura das camadas considera as premissas de tráfego e a característica do subleito, associados às premissas hidráulicas de tempo de armazenamento, tempo de retenção e condutividade hidráulica.

Sua utilização em outros tipos de empreendimentos urbanos, áreas públicas e particulares, estacionamentos, parques, quadras esportivas, ciclovias, passeios e calçamentos etc, poderá ser adotada, desde que seja precedida das necessárias adaptações pertinentes a cada caso específico e submetidos à aprovação segundo legislação vigente e órgão responsável.

Para utilização nas vias públicas submetidas ao tráfego de veículos da cidade de São Paulo a Especificação Técnica de Serviços - ETS contemplou a utilização de dispositivo de restrição de infiltração da água no subleito, como membranas impermeáveis ou outra solução comprovadamente eficaz, visando garantir a estabilidade mecânica do subleito.

## MATERIAIS RECOMENDADOS PARA AS DIVERSAS CAMADAS DO PAVIMENTO

Os materiais próprios para as camadas de revestimento, base e reforço do subleito deverão obedecer às respectivas especificações da p.

No caso de sub-bases e bases granulares, além da obediência às especificações contidas nas normas correspondentes, os materiais deverão satisfazer às seguintes exigências de CBR mínimo e de expansão máxima medida com sobrecarga de 4,5 Kg:

Bases:	CBR $\geq$ 80%    Expansão $\leq$ 0,5%
Sub-bases:	CBR $\geq$ 30%    Expansão $\leq$ 1,0 %

Materiais próprios para reforço do subleito são os de CBR superior ao apresentado pelo subleito e com expansão inferior a 2%, medida com sobrecarga de 4,5 Kg.

## SEÇÃO TIPO RECOMENDADA PARA PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

A Figura 8 apresenta as seções típicas recomendadas pela especificação para revestimento e base, com e sem necessidade de reforço de subleito.

Caso o projetista adote a estrutura indicada na Figura 8, o dimensionamento da estrutura do pavimento ficará praticamente restrito à determinação das características e espessuras das camadas de reforço do subleito.

MATERIAL	ESPESSURA
CPA – Faixa IV	4 cm
IMPRIMAÇÃO LIGANTE	
BGS – Faixa A	15 cm
BGS – Faixa Drenante	15 cm
IMPERMEMABILIZAÇÃO	
REFORÇO DO SUBLEITO CBR $\geq$ 8%	H <sub>REF</sub> = 0
Subleito compactado a 100% da energia CBR $\geq$ 8%	15,0 cm

MATERIAL	ESPESSURA
CPA - Faixa IV	4 cm
IMPRIMAÇÃO LIGANTE	
BGS – Faixa A	15 cm
BGS – Faixa Drenante	15 cm
IMPERMEABILIZAÇÃO	
REFORÇO DO SUBLEITO CBR $\geq$ 8%	H <sub>REF</sub> $\geq$ 10cm
Subleito compactado a 100% PN CBR < 8%	15,0 cm

Fig 8 – Estruturas tipo de pavimentos permeáveis para Tráfego Leve (até N = 10<sup>5</sup> solicitações)

## CONDIÇÕES DAS CAMADAS DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO

O dimensionamento pressupõe, também, que sejam inteiramente satisfeitos os requisitos de controle e recebimento conforme as Instruções de Execução da SIURB/PMSP de todas as camadas executadas, bem como o atendimento de todas as especificações executivas explicitadas na Especificação Técnica de Serviços:

- ET-DE-P00/008 – Concreto Asfáltico Poroso com Ligante Modificado por Polímero – Camada Porosa de Atrito.
- ET-DE-P00/028 – Sub-base ou Base de Brita Graduada.
- ETS-001/2003 – Camadas de reforço do subleito, sub-base e base mista de pavimento com agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil.
- ESP-003/92 – Camadas de reforço do subleito de solo-brita de granulometria descontínua.
- IE-002/2004 – Reforço do subleito com solo selecionado.
- IE-001/2004 – Preparo do subleito do pavimento.

## CONCLUSÕES

Uma vez que os resultados obtidos na pista experimental construída das dependências do Centro Tecnológico de Hidráulica na USP que serviram de base para os estudos, tenham reportado dados de desempenho e execução representativos, permite-se no momento, com maior certeza, o aporte de dados necessários para a elaboração da primeira norma técnica de pavimentos permeáveis do país a Especificação Técnica de Serviços - ETS 003/2010 da Prefeitura do Município de São Paulo.

Acredita-se que o primeiro passo foi dado com relação ao estabelecimento de uma norma para execução dos pavimentos permeáveis, que atenda simultaneamente aos critérios hidráulicos e estruturais de maneira sustentável, dando ênfase à adoção desse sistema como medida complementar de drenagem urbana para amortecimento de picos de cheia na origem contribuindo para a mitigação dos efeitos de eventos severos de chuva em pólos urbanos.

Cabe salientar que se trata de uma especificação pioneira no Brasil e que, portanto, poderá ser aprimorada em futuras revisões.

O importante é que outros órgãos, como a Secretaria do Verde e Meio Ambiente, Secretaria de Habitação, Departamento de Edificações e muitos outros, terão doravante em que se basear para a elaboração de suas próprias normas e especificações técnicas. Inclusive a ABNT possui agora ferramental para elaboração de Norma Brasileira específica sobre o tema.

Destaca-se ainda a contribuição de um órgão executivo como é a SIURB (Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras) que possui uma Comissão Permanente de Revisão de Normas e Procedimentos formalmente nomeada que conta com profissionais da área de pavimentação e drenagem da Prefeitura, além do apoio de professores e consultores da Universidade de São Paulo. Além disso, especial atenção deve ser dada ao contrato entre a Prefeitura do Município de São Paulo e a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica que tem propiciado o desenvolvimento de outros estudos e pesquisas correlacionados ao tema.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a PMSP – Prefeitura do Município de São Paulo pelo financiamento da obra; à FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica pela cessão da área de estacionamento para esta finalidade e instalação de instrumentação para acompanhamento e monitoração dos eventos de precipitação; à FBS Construtora pela execução da obra com as cautelas solicitadas; à Planservi Engenharia pelo levantamento topográfico e auxílio em projetos; à Imperpav pelos ensaios e controle tecnológico durante toda a obra.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, “Drenagem Urbana”, Vol. 5, *Coleção São Paulo* – Autorização de reprodução desta fonte bibliográfica aposta em ofício da Secretaria de Vias Públicas n°. 0029/98/PROJ. de 23/09/98 (1995).

ACIOLI, L. A., *Estudo Experimental de Pavimentos Permeáveis para Controle do Escoamento Superficial na Fonte*, Dissertação de Mestrado, (2005) UFRGS – IPH, (2005).

BAPTISTA, M.: NASCIMENTO, N.: BARRAUD, S., *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*, Porto Alegre: ABRH, (2005), 266 p.

CEDERGREN, H. R., *Drainage of Highway and Airfield Pavements*. New York, Wiley, (1974).

CEDERGREN, H. R., *Drenagem de Pavimentos de Rodovias e Aeródromos*. Rio de Janeiro, LTC, (1980).

DER/SP – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO, *Concreto Asfáltico Poroso com Ligante Modificado por Polímero – Camada Porosa de Atrito* – DER/SP ET-DE-P00/028, (2006).

DER/SP – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO, *Pavimento com Peças Pré-Moldadas de Concreto* – DER/SP ET-DE-P00/048, (2006).

FERGUNSON, B. K., *Porous Pavements – Integrative Studies in Water Management and Land Development*, Taylor & Francis Group CRC Press (2005), 577p.

INTITUTO DO ASFALTO, *Manual do Asfalto, Série 4*, 1989, edição em português pela Petrobrás, (2001).

MARTINEZ: MAGNI, *Diretrizes de Projeto de Hidráulica e Drenagem Urbana*, Prefeitura do Município de São Paulo, Secretaria de Vias Públicas, vol. IV, Tomo A, (1999).

PMSP - Prefeitura do Município de São Paulo, *IP-04 – Dimensionamento de pavimentos Flexíveis para tráfego Leve e Médio*, SIURB – Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras (2004).

PMSP - Prefeitura do Município de São Paulo, *IP-06 Dimensionamento de Pavimentos Com Blocos Intertravados de Concreto*, SIURB – Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras (2004).

VIRGILIIS, A. L. C., *Procedimentos de Projeto e Execução de Pavimentos Permeáveis Visando Retenção e Amortecimento de Picos de Cheias*, Dissertação de Mestrado, EPUSP (2009).