



## PAVIMENTOS PERMEÁVEIS E INFRAESTRUTURA VERDE

*Pervious pavements and green infrastructure*

*Pavimentos permeables y infraestructura verde*

**Cintia Miua Maruyama**

Professora Mestre, UFPR, Brasil.  
cintiamaruyama@ufpr.br

**Maria de Assunção Ribeiro Franco**

Professora Doutora, USP, Brasil.  
mariafranco@usp.br

**RESUMO**

A infraestrutura verde é uma alternativa para as cidades do século XXI. Neste contexto o pavimento permeável é uma tipologia que pode colaborar para a redução de enchentes e alagamentos. Observa-se haver carência de material sobre pavimentos permeáveis no contexto do projeto de uma infraestrutura verde de forma mais aprofundada. Assim esta pesquisa vem colaborar para preencher esta lacuna e os objetivos foram reunir informações sobre características principais do pavimento permeável como parte de infraestrutura verde e apresentar brevemente estudo de caso em andamento em São Paulo/SP. Este estudo de caso é parte de uma pesquisa com financiamento da FAPESP intitulada "Infraestrutura verde para a resiliência urbana às mudanças climáticas na cidade de São Paulo/SP". Como método recorreu-se à pesquisa bibliográfica de artigos, teses e textos relevantes no assunto. O estudo de caso baseou-se na revisão de literatura e no espaço físico disponível das vias do trecho em análise. Os resultados referentes aos pavimentos permeáveis apontaram as suas definições, usos, tipos, recomendações de projeto, manutenção, limitação e vantagens. Também relataram estudo de caso em andamento em São Paulo/SP, com a proposição de uma seção típica de rua dentro dos princípios da infraestrutura verde usando o pavimento permeável e a *curb extension*. As conclusões indicaram os pavimentos permeáveis, associado a outras tipologias de infraestrutura verde como a *curb extension*, serem alternativa para a mitigação de problemáticas como enchentes e alagamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimento permeável. Infraestrutura verde. Ciclovia.

**ABSTRACT**

Green infrastructure is an alternative to the cities of the XXI century. In this context pervious pavement is a typology that can help to decrease flooding and overflows. It is observed there is lack of papers about pervious pavement related to green infrastructure design with more details. So this paper presents data about main features about pervious pavement as part of a green infrastructure and relates a case study that has been done in São Paulo/SP. This case study is part of a research funded by FAPESP called "Green infrastructure for urban resilience to climate change in São Paulo/SP". It was used as a method bibliographic research at papers, thesis and other important texts. Case study method was based on the bibliographic research and in the the available street space from the streets by case study. Results about pervious pavement show theirs concepts, uses, types, design recommendations, maintenance, limitations and advantages. It also reported case study has been done in São Paulo/SP, with the proposal of a street typical section using green infrastructure principles using permeable pavement and curb extension and swale. Findings indicated are pervious pavement with other green infrastructure typologies such as curb extension be an alternative to mitigate problems such as flooding and overflows.

**KEYWORDS:** Permeable pavement. Green infrastructure. Bike lanes.

**RESUMEN**

La infraestructura verde es una alternativa a las ciudades del siglo XXI. En este contexto el pavimento permeable es una tipología que puede contribuir a la reducción de las inundaciones. Se observa que hay falta de material sobre pavimentos permeables en el contexto del diseño de una infraestructura verde con texto más detallado. Así que esta investigación se une para llenar este vacío y objetivos estaban reuniendo información acerca de las características clave de pavimentación permeable como parte de la infraestructura verde y estudio de caso presente brevemente en marcha en Sao Paulo / SP. Este estudio de caso es parte de la investigación financiada por la FAPESP titulado "Infraestructura Verde de la resiliencia urbana al cambio climático en Sao Paulo / SP". Como método recurrió a los artículos bibliográficos de investigación, tesis y textos pertinentes sobre el tema. El estudio de caso se basa en la revisión de la literatura y el espacio físico del tramo de carreteras de que se trate. Los resultados de los pavimentos permeables mostraron sus definiciones, usos, tipos, recomendaciones de diseño, mantenimiento, limitaciones y ventajas. También se ha reportado estudio de caso en curso en Sao Paulo / SP, con la proposición de una sección típica de la carretera dentro de los principios de la infraestructura verde utilizando pavimentos permeables y extensión bordillo. Los resultados indicaron los pavimentos permeables, con otras tipologías de infraestructura verde como la extensión acera, ser una alternativa para mitigar problemas tales como las inundaciones y el anegamiento.

**PALABRAS CLAVE:** Pavimentación Permeable. Infraestructura Verde. Ciclista



## Introdução

A maioria das cidades brasileiras está estruturada em sistemas de drenagem que foram desenvolvidos no século XIX. Estes sistemas tradicionais capturam a água da chuva e a conduzem a corpos d'água ou a sistemas coletores. Muitos desses sistemas são ineficientes e também caros. Fatores como os efeitos das mudanças climáticas<sup>1</sup> e o aumento das áreas impermeabilizadas colaboram para aumentar a ineficiência dos sistemas tradicionais de drenagem.

A "infraestrutura verde" - IV, desponta como uma alternativa para as cidades do século XXI. Tal visão defende a possibilidade de que os projetos de ruas, praças, parques e edifícios possam integrar tecnologias que tornem possível o aproveitamento dos diversos serviços ecológicos que podem fornecer (AHERN; PELLEGRINO; MOURA, 2013). Exemplos de serviços ecológicos se referem à promoção da infiltração, retenção, filtragem das águas das chuvas no próprio local. Assim melhorar a qualidade e diminuir a quantidade dos escoamentos superficiais. Na escala local tipologias de infraestrutura verde têm sido desenvolvidas para atingir tais objetivos. Em espaços viários selecionamos alguns exemplos possíveis de tipologias de IV: pavimentos permeáveis, biovaletas, jardins de chuva, *curb extension* etc.

O pavimento permeável possui projeto e características que têm como um dos objetivos a infiltração da água da chuva e o amortecimento de pico de cheia na jusante da bacia em que o pavimento está inserido.

Biovaletas são jardins lineares em cotas mais baixas ao longo de vias e estacionamentos. Recebem as águas contaminadas por resíduos, como óleo, partículas de poluição e outros. Promovem filtragem inicial (HERZOG, 2010).

Jardins de chuva são jardins em cotas mais baixas que recebem as águas da chuva de superfícies impermeáveis adjacentes (Ibidem).

*Curb extension* é um jardim de chuva de pequenas dimensões em cotas mais baixas, que podem ser projetados junto às vias para receber as águas do escoamento superficial de áreas impermeáveis (Portland, 2016).

A literatura a respeito de pavimentos permeáveis no contexto de uma infraestrutura verde é escassa. Os textos que fazem menção ao assunto fazem comentários breves sobre o tema e não se aprofundam em detalhes suficientes para subsidiar profissionais da área em decisões de projeto. Daí a justificativa desta pesquisa, que pretendeu preencher esta lacuna e reunir informações sobre os pavimentos permeáveis com relação: aos conceitos e definições, usos, tipos, vantagens e desvantagens, recomendações de projeto e de manutenção. Ao final apresentamos possibilidades de implantação de pavimento permeável no contexto de uma infraestrutura verde num estudo de caso que está sendo conduzido em São Paulo/SP.

## OBJETIVOS

O presente estudo trata-se de uma pesquisa qualitativa. Os objetivos foram reunir num texto informações a respeito dos pavimentos permeáveis no contexto do projeto da infraestrutura

---

<sup>1</sup> As mudanças climáticas trazem efeitos como precipitação de chuva mais intensa em curto espaço de tempo, o que sobrecarrega os sistemas de drenagem e leva à possibilidade de falha desses sistemas. Estas falhas causam as enchentes, alagamentos e problemas associados que assolam muitas cidades brasileiras, especialmente as grandes cidades, como é o caso de São Paulo/SP, local do estudo de caso.



verde e ao final apresentar possibilidade de uso do pavimento permeável no projeto de uma infraestrutura verde em uma área de São Paulo/SP.

## MÉTODO

Realizamos revisão de literatura buscando identificar obras pertinentes e relevantes abrangendo artigos científicos, livros, manuais entre outros materiais. Analisamos as questões referentes aos pavimentos permeáveis de modo a identificar seus aspectos mais importantes com relação às suas características, conceitos, usos, limitações entre outros, e, procuramos contextualizar seu uso no projeto de infraestrutura verde. A seção típica do estudo de caso foi baseada nas recomendações observadas na revisão de literatura e no espaço físico disponível nas vias do trecho estudado.

## RESULTADOS

Os resultados colhidos pelos estudos acerca de pavimentos permeáveis serão apresentados na forma de: definições, usos, tipos, recomendações de projeto, manutenção, limitação, vantagens e breve apresentação de estudo de caso em andamento.

## DEFINIÇÕES

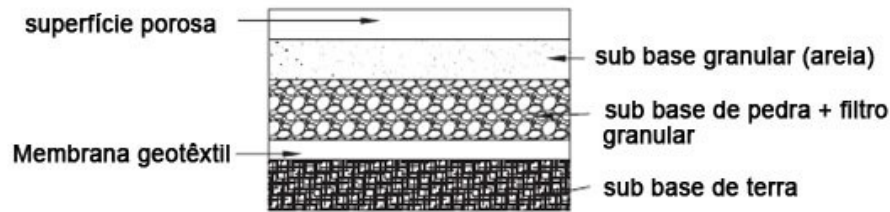
Pavimento permeável é definido como aquele que permite a passagem da água da chuva e do derretimento da neve. Suzuki *et al.* (2014) esclarece que os pavimentos permeáveis também são conhecidos como estrutura-reservatório. O mesmo autor comenta que tal nomenclatura faz menção às funções da sub-base, as quais são:

- Função mecânica, que se liga ao termo estrutura. Esta permite suportar os carregamentos derivados do tráfego de veículos, objetos ou pessoas.
- Função hidráulica, referente à palavra reservatório. Esta assegura reter de forma provisória a água devido à porosidade dos materiais, seguido pela drenagem e, sempre que for possível, pela infiltração no solo do subleito.

Alguns benefícios ambientais do pavimento permeável: redução dos coeficientes de *runoff*, recarga de lençóis freáticos e auxílio na filtragem de alguns poluentes (CONNECTICUT, 2004). Outros benefícios são ligados às questões de segurança e engenharia de tráfego, como a redução de poças d'água, o que aumenta a segurança e o conforto para dirigir durante períodos chuvosos. Também na diminuição dos ruídos do tráfego em comparação com pavimento convencional, o que ajuda na diminuição do desconforto sonoro nas cidades (SUZUKI *et al.*, 2014).

O pavimento permeável surgiu nos anos de 1945-1950 na França (SUZUKI *et al.*, 2014), porém teve muitos problemas devido a questões do ligante asfáltico que trazia baixa resistência. Foi resgatado nos anos de 1970 pelos EUA e França. Permite que as águas pluviais que incidem sobre o pavimento percolem para o solo abaixo. O pavimento permeável possui várias camadas, conforme Figura 1:

Figura 1 - Esquema típico de seção de sistema de pavimento permeável



Fonte: SCHOLZ; GRABOWIECKI (2006) adaptado pelos autores

Deve-se ter cuidado com o lençol freático, cuja profundidade ideal é 1,50m do fundo do pavimento permeável.

## USOS

Segundo Araújo *et al.* (2000) os pavimentos permeáveis de forma geral podem proporcionar uma redução dos volumes escoados e melhoria do tempo de resposta da bacia para condições similares ou melhores que antes da efetiva urbanização da área. Para que seja eficiente o sistema deve ter manutenção periódica trimestral, evitando o seu entupimento (ARAÚJO *et al.*, 2000).

O manual de Connecticut (2004) recomenda os seguintes usos para o pavimento permeável:

- Uso em combinação com as tipologias de infraestrutura verde para reduzir os coeficientes de *runoff*<sup>2</sup> e poluentes carreados pela água;
- Áreas de baixo tráfego de veículos (máximo de 500 viagens médias por dia) como áreas de estacionamento;
- Acessos a residências, calçadas, ciclovias, entre outros similares.

## TIPOS DE PAVIMENTO PERMEÁVEL

Primeiro vamos explicar o funcionamento hidráulico do pavimento permeável para depois abordar os seus tipos.

O pavimento permeável tem seu funcionamento baseado nos seguintes princípios (SUZUKI *et al.*, 2014):

- Entrada imediata da água da chuva no corpo do pavimento. Tal fato pode ocorrer de forma distribuída, caso de revestimentos porosos, ou ser localizada. Neste último caso se utilizam drenos laterais ou bocas de lobo.

<sup>2</sup> *Runoff* pode ser traduzido como escoamento superficial da água e é um dos coeficientes utilizado em equações de dimensionamento hidráulico de dispositivos de drenagem urbana. Reduzir coeficiente de *runoff* significa diminuir a parte que escoar na superfície já que mais água infiltra no solo.



- A estocagem temporária da água da chuva na estrutura reservatório no interior do pavimento, nos vazios desta camada.
- A evacuação em baixa velocidade da água, a qual se dá por infiltração no solo. O tempo de infiltração recomendado é de 24 a 72hs. Tal fato colaborará para que a água pluvial lançada nos rios e córregos adentre neles em um tempo maior do que normalmente ocorreria num sistema de pavimentação convencional, o que ajuda a evitar os problemas de alagamentos e enchentes.

O mesmo autor comenta que com base nos princípios indicados anteriormente os pavimentos permeáveis podem ser classificados em quatro tipos:

- Tipo 1: tem revestimento e reservatório poroso e a água sai por infiltração no solo;
- Tipo 2: tem revestimento e reservatório poroso, mas com manta impermeável de modo que a água saia para coletor, não por infiltração;
- Tipo 3: tem revestimento impermeável associado a coletor que direciona a água a reservatório poroso. Esta água é armazenada e infiltra no solo;
- Tipo 4: tem revestimento impermeável, associado a coletor que direciona a água a reservatório poroso e a água armazenada é direcionada a coletor e deste para exutório.

O mesmo autor comenta que o projeto de pavimento permeável pode se enquadrar em três categorias básicas, que dependem do armazenamento da água provido pelo reservatório e a da capacidade de infiltração do solo. As categorias são:

- Sistema com infiltração total. A água sai apenas pela infiltração no solo. Deve haver um reservatório de material granular grande para acomodar o volume da água da chuva estimado em projeto. Esta solução atenua de forma total a descarga de pico, o volume e traz melhoria na qualidade da água, benefícios importantes dentro de uma infraestrutura verde. Mas somente deve ser usado em locais onde o solo possui boa capacidade de infiltração e sem que haja deposição de materiais na superfície do pavimento potencialmente nocivos aos lençóis freáticos. Também deve ser evitado em áreas de aquíferos fornecedores de abastecimento de água.
- Sistema de infiltração parcial. Para solos com baixa capacidade de infiltração ou quando o nível do lençol freático é alto (cerca de 1m de profundidade), tal sistema deve ser utilizado. Neste caso é associado a sistema de drenagem subsuperficial com tubos perfurados localizados na parte inferior do reservatório de brita. O período de retorno da chuva de projeto deve ser de ao menos dois anos. Neste caso há atenuação nas enchentes e alagamentos, benefícios importantes num projeto de infraestrutura verde.
- Sistema de infiltração para controle de qualidade da água. Tal sistema coleta apenas o fluxo inicial da precipitação, a qual carrega a maior quantidade de poluentes. Tal sistema traz o benefício da filtragem de poluentes, também importante dentro de uma

infraestrutura verde. Porque coleta o fluxo inicial da precipitação, que carrega a maior quantidade de poluentes.

### TIPOS DE REVESTIMENTO PERMEÁVEL

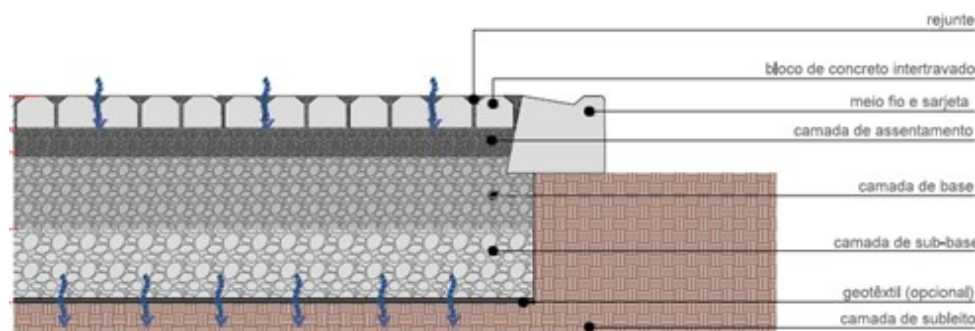
Devem-se distinguir dois aspectos quanto ao pavimento permeável. Primeiro: o que é pavimento e segundo o que é revestimento. Porque existe muita confusão neste assunto.

Pavimento permeável envolve toda a estrutura: revestimento e sub-base. Revestimento é somente a camada superficial do pavimento. Sub-base abrange a estrutura reservatório e também a parte estrutural do pavimento.

Um pavimento pode ser permeável mesmo possuindo revestimento impermeável. O que garante a permeabilidade é a estrutura reservatório que fica na sua sub-base. No caso de haver revestimento impermeável tubulações levam a água da chuva para a estrutura reservatório ou a infiltração pode ocorrer pelas juntas do material. No caso da infiltração se dar pelas juntas o revestimento é chamado modular (FIGURA 2). Já o revestimento permeável é nomeado de poroso (FIGURA 3) e a água infiltra pela superfície do material (TOMAZ, 2009).

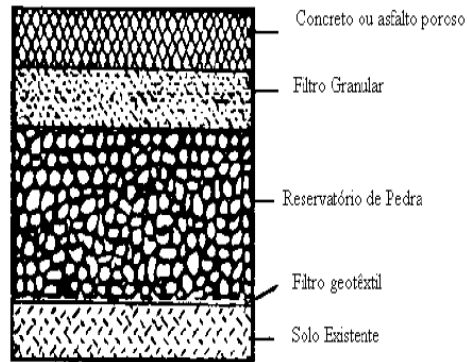
O revestimento poroso pode ser de concreto ou de asfalto. Já o pavimento modular é feito pelas peças pré-fabricadas de blocos de concreto convencional, blocos de concreto vazados preenchidos com material granular, como areia ou vegetação rasteira, como grama. Como opção de revestimento permeável também existem as geocélulas, que são estruturas plásticas preenchidas com grama ou pedrisco, mas estas ainda não são comuns no Brasil. As geocélulas dão o reforço do pavimento que permite a passagem de veículos.

Figura 2 - seção de pavimento modular



Fonte: ABCP (sem data)

Figura 3 seção típica de pavimento poroso



(i) e (ii) Concreto ou Asfalto Poroso

Fonte: Araújo *et al.* (2000) *apud* Urbonas e Stahre (1993)

## REVESTIMENTO MODULAR

O revestimento modular é feito de estruturas rígidas com aproximadamente 30% de vazios preenchidos com materiais permeáveis como pedrisco. Ele é executado sobre uma camada de pedra britada para armazenamento de águas pluviais. A camada de revestimento pode ser de: tijolos, granito, blocos de concreto pré-moldado ou moldado *in loco* etc. Neste tipo de revestimento o concreto não é poroso e a água penetra pelas juntas existentes entre os blocos (TOMAZ, 2011).

Quanto aos usos, o revestimento modular é normalmente usado em estacionamentos e passeios públicos. Num projeto de infraestrutura verde recomendamos o uso revestimento de blocos de concreto, devido à necessidade de regularidade de superfície para o trânsito de cadeirantes, bicicletas etc. Tal regularidade é mais difícil de alcançar com o uso de revestimento de tijolo, grama ou granito.

Com relação ao projeto, deve-se prever manta geotêxtil não tecido (bidim) para evitar entupimento. A declividade prevista para o revestimento modular deve ter o máximo de 5% (TOMAZ, 2011). O revestimento modular apresenta bons resultados quanto à redução dos coeficientes de *runoff*, fato importante a considerar num projeto de infraestrutura verde. O Quadro 1 apresenta os resultados para coeficiente de escoamento superficial obtidos por Tucci (2000) em simulador de chuva.





Quadro 1 - Coeficientes de escoamento por material

Tipo de Superfície	Coeficiente de escoamento superficial ( <i>runoff</i> ) C
Solo compactado (rua de chão batido)	0,66
Concreto (pavimento impermeável)	0,95
Blocos de concreto ( <i>blockets</i> )	0,78
Paralelepípedo de granito	0,60
Blocos vazados (pavimento modular)	0,03

Fonte: Tucci, 2000

No caso de revestimento modular, o "c" igual a 0,03 implica que o mesmo deixa passar 97% da água. Quanto às juntas, seu objetivo é facilitar o movimento vertical da água na sub-base do pavimento modular. É recomendado pela Interpave (2008) o uso de pedrisco com diâmetro entre 2mm a 6,3mm nas juntas. Não é recomendado o uso de areia nas juntas. Podem ser usadas juntas alargadas para que haja maior infiltração no solo.

### REVESTIMENTO POROSO

Existem basicamente dois tipos de revestimento de pavimento poroso: asfalto e concreto. O asfalto poroso é constituído por misturas abertas tipo camada porosa de atrito – CPA, que mantém uma grande porcentagem de vazios graças às pequenas quantidades de fíler, de agregados miúdos e de ligante asfáltico. Especificações do DNER-ES apontam para índice de vazios de 18 a 25% (BERNUCCI *et al.*, 2008), bem maior que os 3 a 5% do asfalto comum. Este índice de vazios alto permite rápida percolação da água. Outras vantagens são o aumento da aderência pneu-pavimento e redução do ruído.

No caso do concreto poroso há baixo teor ou mesmo a retirada de finos da mistura dos agregados do pavimento. Assim o índice de vazios fica em torno de 15 a 25%, por isso tem menor resistência do que o concreto comum (ABCP, sem data).

Há que se ter cautela com o aumento de índice de vazios, tanto para o caso do pavimento asfáltico como o de concreto, pois ele está diretamente relacionado com a estabilidade. Ou seja, quanto maior o índice de vazios menor a estabilidade do pavimento. Equacionar a permeabilidade com estabilidade é o desafio dos projetistas.

Para o uso em projeto de infraestrutura verde em espaços da mobilidade recomendamos o revestimento concreto poroso para as calçadas. Porque como o asfalto é muito usado em pavimento viário é recomendável inserir na calçada material que proporcione contraste visual, para segurança da circulação de pessoas com, por exemplo, problema de baixa visão. As ciclovias podem ser de concreto poroso ou asfalto CPA, as limitações estão mais ligadas à disponibilidade do material na região.

### PROJETO

Para o projeto do pavimento permeável o primeiro passo é determinar a área de contribuição. Tomemos como exemplo o cálculo de pavimento permeável de um estacionamento. Caso sejam consideradas as áreas adjacentes como contribuintes para a área de projeto do estacionamento, estas devem ter tamanho máximo de cinco vezes a área do pavimento (CORSINI, 2014).



Para dimensionar o sistema devem-se considerar os dados da precipitação da região, do tráfego e análise da permeabilidade do solo (IBIDEM). Se a permeabilidade for baixa não se recomenda instalar o pavimento permeável.

É preciso executar dimensionamento mecânico e hidráulico. O mecânico verifica e avalia a carga à qual o sistema será submetido. O hidráulico mensura o volume de água a ser recebido e define os níveis de infiltração.

### MANUTENÇÃO

Para que seja eficiente o sistema do pavimento permeável deve ter manutenção periódica evitando a colmatção, que é o entupimento dos vazios que garantem a permeabilidade do pavimento. Nos primeiros dois anos há a tendência do concreto poroso perder 50% da permeabilidade e continuar perdendo até perder por completo após sete anos. No caso de concreto permeável moldado *in loco*, a manutenção é feita com a retirada de 3cm ou 4cm da camada mais externa, que é substituída por nova camada de revestimento (Mazonetto, 2011). Se o sistema for de blocos, existe a opção de substituir por novos ou removê-los e trocar de lado. Assim a parte que era externa se volta para a interna. Deve-se também trocar o material do rejunte e executar limpeza anual por aspiração (CORSINI, 2014).

A EPA (2016) recomenda que o pavimento poroso deve ser limpo com equipamentos à vácuo no mínimo 4 vezes por ano e/ou lavado com mangueira de pressão de água para remover as partículas evitando a colmatção. Há pesquisa (SANSALONE *et al.*, 2012) que indica que após o uso de tais equipamentos serem aplicados mesmo após ocorrer colmatção, houve considerável recuperação da capacidade de infiltração.

### LIMITAÇÕES DOS PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

No Manual de Connecticut (2004) são previstas algumas limitações para os pavimentos permeáveis, como:

- Não recomendável para tráfego pesado e intenso (máximo de 500 viagens/dia);
- O solo da sub-base deve ser suficientemente permeável;
- Há a necessidade de manutenção constante, pois é suscetível a colmatção por sedimentos;
- Aplicação para pequenas áreas de drenagem;
- Aplicação para pistas com declividade máxima de 5%, acima disto deve-se usar pavimento convencional;
- Risco de contaminação de lençol freático, dependendo das condições da superfície.

Outra questão é o controle na execução, pois deficiência neste quesito pode entupir os dispositivos, levando à sua ineficiência.

Um dado importante a ser considerado é que o pavimento permeável, como por exemplo, de asfalto poroso, pode custar até 15% mais do que o convencional. Mas devemos ponderar que este pavimento tem também a função de drenagem. Além disso, ele pode ser auxiliar no enfrentamento das problemáticas graves de enchentes e alagamentos, que causam prejuízos enormes às cidades e populações atingidas. Tal benefício em si pode superar em muito o custo a mais que envolve sua execução.



## VANTAGENS

A ABCP (sem data) apresenta as seguintes vantagens do pavimento permeável:

- Ocorrência de mais segurança e conforto para dirigir em dias de chuva, devido à redução nas formações de poças de água;
- Para o caso de pavimentos com infiltração há ganhos ambientais, ligados à possibilidade de recarga de reservas subterrâneas de água;
- Possibilidade de melhoria da qualidade das águas por ação da filtração dado pelo pavimento;
- Economia nos sistemas de drenagem da jusante.

## ESTUDO DE CASO EM ANDAMENTO EM SÃO PAULO/SP

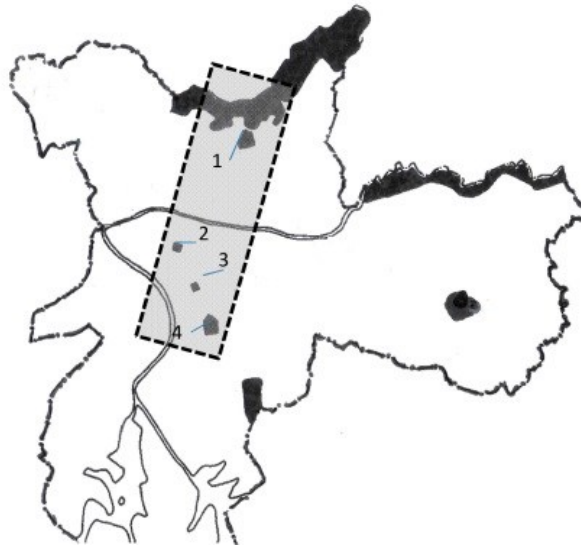
Uma possibilidade de aplicação do pavimento permeável em projeto de infraestrutura verde é em áreas de calçadas, canteiros centrais, ciclovias e ciclofaixas. Conforme vimos nas limitações, os pavimentos permeáveis têm a problemática de não serem recomendados para tráfego pesado e/ou intenso de veículos, devido à sua baixa estabilidade estrutural. Mas é indicado para tráfego leve e pouco intenso. Assim recomendamos que num projeto de infraestrutura verde que os espaços destinados à circulação de pessoas e bicicletas sejam dotados de estruturas de pavimentos permeáveis<sup>3</sup>. Instalados nos espaços da mobilidade juntamente com outras tipologias de infraestrutura verde, como canteiros pluviais, *curb extension* e jardins de chuva os pavimentos permeáveis podem colaborar para aumento da permeabilidade das cidades e filtragem inicial da água dos escoamentos superficiais.

No município de São Paulo/SP, num trecho de enquadramento da pesquisa que delimita um retângulo, ao qual denominamos "Trilha Norte-Sul", está sendo desenvolvida uma pesquisa que, dentre outros aspectos, procura aplicar os pavimentos permeáveis em calçadas, ciclovias e canteiros centrais como parte de uma infraestrutura verde. Este trabalho é parte de uma pesquisa desenvolvida com subsídio da FAPESP/SP e tem o título: "Infraestrutura verde para a resiliência urbana às mudanças climáticas na cidade de São Paulo", cujas autoras são participantes e a professora doutora Maria de Assunção Ribeiro Franco é a pesquisadora responsável. Estuda o potencial que os parques urbanos e suas bordas conectadas a outras áreas verdes e/ou abertas que integrem uma infraestrutura verde podem ser fatores de resiliência e adaptação da Cidade de São Paulo enquanto ecossistema urbano às mudanças climáticas (FRANCO, 2015). Na Figura 04 temos ilustração do enquadramento da área de estudo. Nesta figura os números de 1 a 4 indicam os parques que são estudados na pesquisa.

---

<sup>3</sup> Para tanto é necessário observar as limitações, como exemplo, a possibilidade de ocorrer contaminação devido às características de uso da superfície.

Figura 4 - Área de estudo



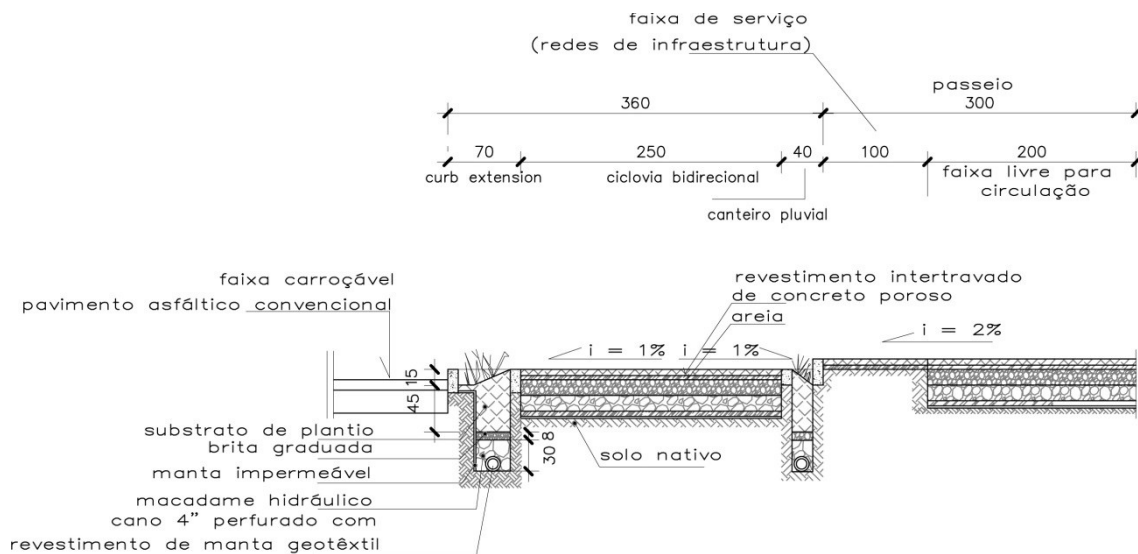
Fonte: Franco (2015)

Na Figura 05 temos a ilustração de uma proposta para uma seção típica de via da área de estudo. A tecnologia dos pavimentos permeáveis será aplicada ao longo de calçadas, ciclovias e canteiros centrais das avenidas da “Trilha Norte-Sul”, tais como: Caetano Álvares, Sumaré, Brasil, Juscelino Kubistchek entre outras. Os pavimentos permeáveis serão aplicados em conjunto às *curb extension* e canteiros pluviais. Abaixo dos pavimentos permeáveis e das *curb extension* e canteiros pluviais haverá a estrutura reservatório para amortecimento de pico de cheia na jusante. Tal estrutura reservatório é composta pela brita graduada e pelo macadame hidráulico. O tempo de retenção nestes reservatórios será de pelo menos 24hs. Apenas na faixa de serviço para as redes de infraestruturas urbanas não haverá esta estrutura reservatório para não comprometer o projeto das diversas redes que passam na via (abastecimento, coleta de esgoto, etc.). Esta seção típica é uma proposta para projetos de adaptações que venham a serem feitos na área de estudo, já que se trata de uma região com urbanização consolidada. Trata-se de uma proposta de seção de via comercial, como é a característica da maior parte das vias da área em estudo.

Em vias comerciais as edificações estão na divisa do lote, o que limita a aplicação de canteiro pluvial ou outro elemento similar no trecho entre a calçada e o lote. Isto porque segundo o manual de Portland (2016) estes dispositivos devem ser instalados ao menos a 1,50m da divisa do lote e a 3m de edifícios. No caso de vias residenciais com calçadas mais generosas em que há recuo frontal das edificações de ao menos 3m pode-se pensar também na instalação de canteiros pluviais em parte da calçada.

Para instalar a *curb extension* deve-se ter o cuidado de se afastar ao menos 3m de fundações de edifícios. Outra proposta para as *curb extension* seria a sua instalação no local das áreas de estacionamento na via, retirando trechos de vagas de estacionamento, para potencializar as possibilidades de biorretenção nos espaços viários.

Figura 5 - Seção de via com infraestrutura verde



Fonte: autoras (2016)

## CONCLUSÕES

Pavimentos permeáveis são uma alternativa que podem colaborar para a mitigação das problemáticas enfrentadas pelas áreas urbanizadas atuais. Problemas como as mudanças climáticas e aumento das taxas de impermeabilização das cidades têm sobrecarregado os sistemas tradicionais de drenagem e os levando a serem em muitos casos ineficientes.

Contudo, os pavimentos permeáveis possuem limitações, como a possibilidade de prejudicar lençóis freáticos com poluição, não serem recomendados para locais com solo dotados de baixa permeabilidade e nem para vias com carga pesada e altos volumes de tráfego.

A proposta do estudo de caso em São Paulo/SP apresenta uma possibilidade de uso dos pavimentos permeáveis em ciclovias, ciclofaixas, canteiros e calçadas, que integrados a outros elementos como a *curb extension* e o canteiro pluvial podem ajudar no enfrentamento de problemas de enchentes e alagamentos.

Para estudos futuros sugere-se o estudo de seção viária com pavimento misto, tendo a parte destinada ao estacionamento com pavimento permeável e a parte da faixa de rolamento de veículos com pavimento convencional. Tal solução poderia ser estudada para incluir maiores taxas de permeabilidade nos espaços viários, os quais chegam a corresponder a 30% do todos os espaços de uma cidade.

## AGRADECIMENTO

As autoras agradecem ao professor doutor Carlos Y. Suzuki que ministrou a disciplina PTR 5748 – Drenagem de estradas e aeroportos, na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, da qual a autora Cintia Miu Maruyama foi aluna, e prestou colaborações importantes a esta pesquisa.



## REFERÊNCIAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Projeto técnico: pavimento permeável.** Manual, sem data. Disponível em <[http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF\\_Pav%20Permeavel\\_web.pdf](http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf)>

AHERN, J.; PELLEGRINO, P.; BECKER, N. **Infraestrutura verde desempenho, estética, custos e método.** In: Lucia Maria Sá Antunes Costa; Denise Barcellos Pinheiro Machado (org.). *Conectividade e resiliência: estratégias de projeto para a metrópole.* Rio de Janeiro. Rio Books: PROURB, 2012.

BERNUCCI, Liedi Bariani; Motta, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica. Formação básica para Engenheiros.** Rio de Janeiro, 2008.

CONNECTICUT. **Connecticut Stormwater Quality Manual,** 2004. Disponível em <[www.ct.gov/deep/stormwaterqualitymanual](http://www.ct.gov/deep/stormwaterqualitymanual)>

CORSINI, Rodnei. **Pavimento permeável. Sistema revestido com peças intertravadas de concreto poroso promovem a infiltração da água.** Infraestrutura Urbana, PINI. 2014. Disponível em <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/37/pavimento-permeavel-308773-1.aspx>>. Acesso em 01/09/16

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Conceptual Green Infrastructure Design for Washington Street, City of Sanford.** Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/sanford\\_concept\\_design\\_508.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/sanford_concept_design_508.pdf)>. Abril/2016

FRANCO, Maria Assunção Ribeiro. Projeto de pesquisa. **Infraestrutura verde para a resiliência urbana às mudanças climáticas para cidade de São Paulo.** Instituição sede: FAU USP. FAPESP/SP. 2015.

Mazzonetto, Caroline. **Concreto permeável. Infraestrutura urbana.** Abril, 2011. Disponível em <[infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/13/artigo254488-2.aspx](http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/13/artigo254488-2.aspx)>

PORTLAND, city. **Stormwater Management Manual.** 502p. 2016. Disponível em <<https://www.portlandoregon.gov/bes/64040>>

Interpave. **SUDS + permeable pavement today.** Disponível em <<http://www.paving.org.uk/commercial/permeable.php>>. Acesso em 01/09/16

SANSALONE, J.; KUANG, X.; YING, G.; RANIERI, V. **Filtration and clogging of permeable pavement loaded by urban drainage.** Water Research nº 46, pp. 6763-6774, 2012. Elsevier.

SCHOLZ, M.; GRABOWIECKI, P. **Review of permeable pavement systems.** Building and Environment, 2006, nº 42, pp. 3830-3836.

Smith, D. R. **permeable Interlocking Concrete Pavements.** ICPI – Interlocking Concrete Pavement Institute. Washington D.C., 2001.

SUZUKI, Carlos Yukio; AZEVEDO, Angela Martins; KABBACH, Felipe Issa Kabbach Júnior. **Drenagem subsuperficial de pavimentos. Conceitos e dimensionamento.** Oficina de Textos. São Paulo, 2014. 1ª edição.

TOMAZ, Plínio. **Curso de manejo de águas pluviais.** Capítulo 60 - pavimento poroso. 2009. Disponível em <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo60\\_pavimento\\_poroso.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo60_pavimento_poroso.pdf)>. Acesso em 01/09/16

TOMAZ, Plínio. **Curso de manejo de águas pluviais.** Capítulo 15 – pavimento modular. 2011. Disponível em <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo15\\_pavimento.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo15_pavimento.pdf)>. Acesso em 01/09/16

TUCCI, Carlos E. M.; ARAÚJO, Paulo Roberto; GOLDENFUM, Joel. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 5, nº3, julho/setembro de 2000, pp. 21-29.