

# PROJETO TÉCNICO: PAVIMENTO PERMEÁVEL





## FICHA TÉCNICA DE SISTEMATIZAÇÃO DO PROJETO

### REALIZAÇÃO:

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland  
Programa Soluções para Cidades

### COORDENAÇÃO GERAL:

Érika Mota

### EQUIPE:

Cristiane Bastos

### CONCEPÇÃO E EDIÇÃO DE CONTEÚDO:

Lígia Pinheiro

### PESQUISA E SISTEMATIZAÇÃO:

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH)  
Luiz Fernando Orsini de Lima Yazaki  
Erika Naomi Tominaga  
André Sandor Kajdacsy Balla Sosnoski  
Fernanda Dias Radesca  
Letícia Yoshimoto Simionato

### REVISÃO TÉCNICA:

Mariana Marchioni

### PROJETO E PRODUÇÃO GRÁFICA:

Fábrica de Ideias Brasileiras – FIB



Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland



FUNDAÇÃO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DE HIDRÁULICA





## DEFINIÇÃO

Em áreas urbanas densamente ocupadas, as superfícies destinadas ao sistema viário e às áreas de estacionamento ocupam espaços consideráveis, chegando a 30% da área da bacia de drenagem. A utilização de pavimentos permeáveis contribui para a diminuição do escoamento superficial e para problemas de inundações urbanas. Estas medidas atuam sobre diferentes níveis, como segue:

- Pavimentos dotados de revestimentos superficiais permeáveis: possibilitam a redução da velocidade do escoamento superficial, a retenção temporária de pequenos volumes na própria superfície do pavimento e a infiltração de parte das águas pluviais;
- Pavimentos dotados de estrutura porosa: onde é efetuada a detenção temporária das águas pluviais, provocando o amortecimento de vazões e a alteração no desenvolvimento temporal dos hidrogramas;
- Pavimentos dotados de estrutura porosa e de dispositivos de facilitação da infiltração: onde ocorre tanto a detenção temporária das águas pluviais como também a infiltração de parte delas. Obtém-se assim o amortecimento de vazões, a alteração temporal dos hidrogramas e a redução dos volumes escoados.



## VANTAGENS E PRECAUÇÕES

### VANTAGENS

- Melhoria na segurança e conforto pois há redução na formação de poças de água e consequente melhoria da aderência;
- No caso de pavimentos de infiltração, observam-se ganhos ambientais, com a possibilidade de recarga de reservas subterrâneas;
- No caso de pavimentos porosos, ocorre a melhoria da qualidade das águas por ação de filtração no corpo do pavimento;
- Destacam-se benefícios financeiros, associados à redução das dimensões do sistema de drenagem de jusante.

### PRECAUÇÕES

- No caso dos pavimentos de infiltração pode haver possível poluição do lençol freático;
- Este tipo de pavimento está sujeito à colmatação.
- No caso de adoção de blocos porosos, recomenda-se que o rejunte não seja utilizado.



## APLICAÇÕES INDICADAS

- Áreas industriais;
- Galpões;
- Pátios;
- Ruas com tráfego leve;
- Condomínios e Conjuntos Habitacionais;
- Praças;
- Calçadas;
- Estacionamentos.



## PARÂMETROS DE PROJETO

**ÁREA DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO A SER CONTROLADA:** é a área que terá suas águas pluviais direcionadas para a medida. Este parâmetro depende da natureza da medida escolhida. No caso de pavimentos permeáveis, a área deve ser menor do que 10 ha, ou seja, 100.000 m<sup>2</sup>.

**CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DO SOLO:** tem influência sobre o desempenho dos dispositivos de infiltração. Se a capacidade de infiltração estiver fora dos limites estabelecidos, medidas infiltrantes não podem ser utilizadas. No caso de pavimentos permeáveis, o solo do local deve ter capacidade de infiltração entre 7 e 200 mm/h.

**NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO:** também tem influência sobre o desempenho dos dispositivos de infiltração, sendo que o nível máximo do lençol freático deve ser de até 1 m abaixo do fundo do dispositivo. Se o nível do lençol freático for alto (acima de 1 m do fundo), a implantação do pavimento permeável só pode ser feita se seu fundo for impermeável.

**RISCO DE CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFERO:** se o aquífero em questão for muito sensível à poluição, não se recomenda a utilização de medidas que promovam a infiltração, tais como os pavimentos permeáveis infiltrantes pois geralmente, as águas pluviais carregam esgoto e poluentes de origem difusa. Os pavimentos permeáveis de retenção com fundo impermeabilizado podem ser utilizados.

**FRAGILIDADE DO SOLO À AÇÃO DA ÁGUA:** No caso de medidas de infiltração, alguns tipos de solo podem perder suas características e sofrer desestruturação, mediante presença frequente de água. E mesmo em medidas de retenção ou retenção, isso pode ocorrer, tornando o fundo da estrutura muito barrento.

**PERMEABILIDADE DO SUBSOLO NOS DISPOSITIVOS DE INFILTRAÇÃO:** quando o subsolo apresenta baixa permeabilidade não se recomenda o uso de medidas infiltrantes como os pavimentos permeáveis infiltrantes mas, pode-se utilizar os pavimentos permeáveis de retenção com fundo impermeabilizado.

**DECLIVIDADE DO TERRENO:** como altas declividades restringem a implantação de dispositivos de retenção e infiltração, estes não são recomendados em terrenos muito íngremes.

**AUSÊNCIA DE LOCAL DE DESTINO PARA A DESCARGA DO VOLUME REGULARIZADO DE ÁGUA:** Pavimentos permeáveis (tanto os infiltrantes como os de retenção) devem possuir extravasores conectados à rede de microdrenagem, caso ocorram chuvas mais intensas do que a de projeto. Portanto, na ausência de um local de destino para a descarga, são inviáveis.

**DISPONIBILIDADE DE ÁREA:** Apesar da necessidade de espaços amplos, os pavimentos permeáveis podem ser implantados em substituição a pavimentação comum em diversos tipos de áreas, como vias de tráfego leve, calçadas, praças, pátios e estacionamentos, o que aumenta a disponibilidade de regiões adequadas.

**PRESENÇA DE INSTALAÇÕES SUBTERRÂNEAS:** Se houver interferências de outras redes, como rede de água, esgoto, luz e telefone, os pavimentos permeáveis só poderão ser implantados se estas puderem ser realocadas ou se a configuração de projeto da medida puder ser modificada e adaptada.

**AFLUÊNCIA POLUÍDA:** A afluência de altas cargas de esgotos pode prejudicar o funcionamento dos pavimentos permeáveis, nestes casos pode ser necessária a implantação de estruturas mais complexas e caras que o próprio pavimento, o que pode inviabilizar sua implantação.

**AFLUÊNCIA COM ALTA TAXA DE SEDIMENTOS E LIXO:** se não for possível controlar a fonte de poluição, deve-se considerar a manutenção como rotina ou estruturas de retenção a montante. Assim, o projeto do dispositivo de pré-tratamento pode acabar se tornando mais complexo e caro do que a própria medida, inviabilizando sua implantação.



**ESFORÇOS E TRÁFEGO INTENSOS:** A implantação de pavimentos permeáveis não é recomendada em áreas com tráfego intenso.

**FLEXIBILIDADE DE DESENHO:** Os pavimentos permeáveis estão limitados, somente, à geometria do local em que serão implantados.

**LIMITES DE ALTURA OU PROFUNDIDADE DA MEDIDA DE CONTROLE:** em medidas que contam com a infiltração no seu modo de funcionamento, a comparação entre o tempo de residência desejado e a altura (condicionada pelo volume), pode resultar numa limitação desta última, dependendo da capacidade de infiltração do solo. Dessa forma, o pavimento permeável só poderá ser instalado caso seja possível modificar sua área superficial sem que seja modificado seu volume.



## PARTE 1

# PAVIMENTO INTERTRAVADO PERMEÁVEL



Revestimento composto de peças de concreto para pavimentação. As peças devem atender à ABNT NBR 9781, atentando-se para a dimensão das peças, que para serem consideradas pavimento intertravado devem atender a relação comprimento/espessura  $< 4$ .

A infiltração de água, neste caso, se dá pelos espaços vazios nas peças, pelo espaçamento entre elas ou ainda, pela própria peça quando constituída de concreto permeável.



## COMPOSIÇÃO DE CUSTO

### PROJETO TÉCNICO;

#### • LICENÇAS:

- Licença Ambiental;
- Autorização do órgão administrador do tráfego para interdição.

#### • EXECUÇÃO:

- Mão-de-obra;
- Escavação;
- Equipamentos:
  - equipamentos de Proteção Individual (EPI);
  - trenas;
  - nível de mangueira;
  - colher de pedreiro;
  - estacas de madeira;
  - lápis;
  - pá;
  - enxada;
  - placa vibratória;
  - guias de madeira ou tubos metálicos (opcional);
  - régua metálica;
  - esquadro metálico;
  - desempenadeira;
  - fio de nylon (linhas guia);
  - carrinho para transporte de peças de concreto;
  - carrinho para transporte de areia;
  - marreta de borracha;
  - vassoura;
  - rodos de madeira;
  - serra de disco ou guilhotina.
- Transporte de Material;
- Material:
  - Blocos de concreto intertravados;
  - Material para assentamento;
  - Material para base;
  - Material para sub-base;
  - Manta geotêxtil (opcional).

#### • MANUTENÇÃO

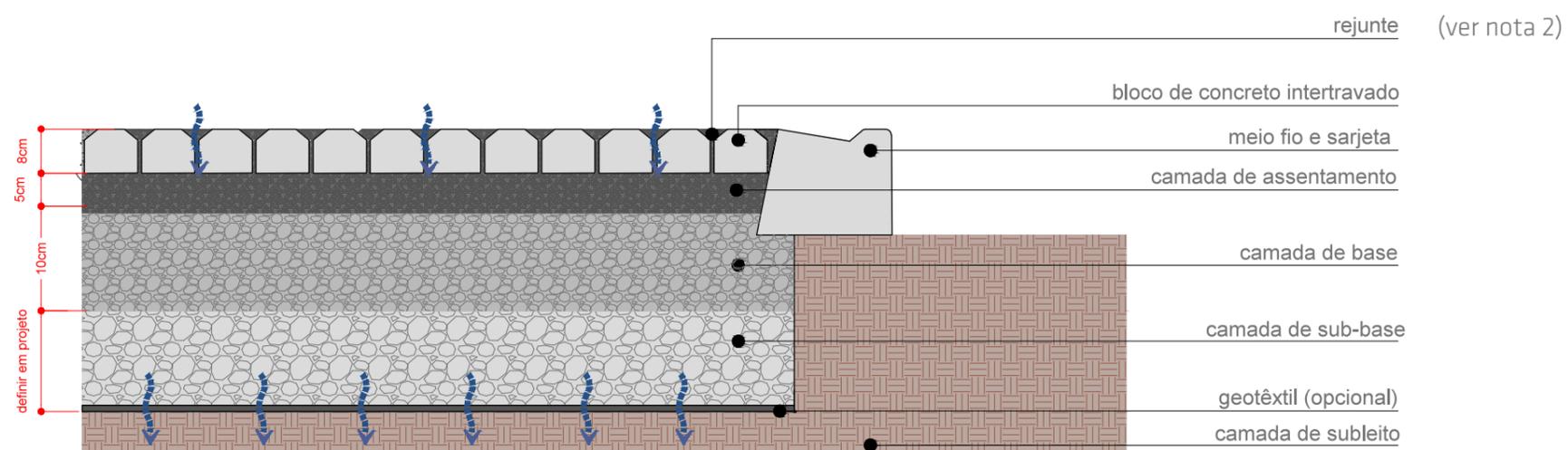
- Substituição de peças com defeito (trincas, desalinhamento e afundamento);
- Limpeza para retirada de manchas, limo, bolor e ervas daninhas. (Para aplicar a água na limpeza utiliza-se uma mangueira com pressão).

#### • CUSTOS EXTRA



## DESENHO TÉCNICO

### TIPO 1: PAVIMENTO INTETRAVADO PERMEÁVEL COM INFILTRAÇÃO TOTAL NO SOLO



1 - A escolha entre os tipos de infiltração varia em função das condições locais do solo, risco de contaminação e distância do lençol freático. Recomenda-se que a estrutura do pavimento permaneça saturada por no máximo 24h.

2 - Utilizar agregado graúdo com  $d_{máx} = 9,5\text{mm}$  no rejunte e camada de assentamento. **NÃO RECOMENDA-SE** a utilização de areia ou pó de pedra.

3 - As camadas de base e sub-base devem ser dimensionadas para funcionarem como reservatório e também suportar a carga solicitada. A altura das camadas varia em função do tipo de tráfego, tipo de solo e regime de chuvas da região. Sugere-se a utilização na base de um agregado com volume de vazios superior a 40%.

4 - Para mais informações de projeto, especificação de materiais e execução consulte o Manual de Melhores Práticas de Pavimento Intetravado Permeável disponível em [www.solucoesparadacidades.org.br](http://www.solucoesparadacidades.org.br)

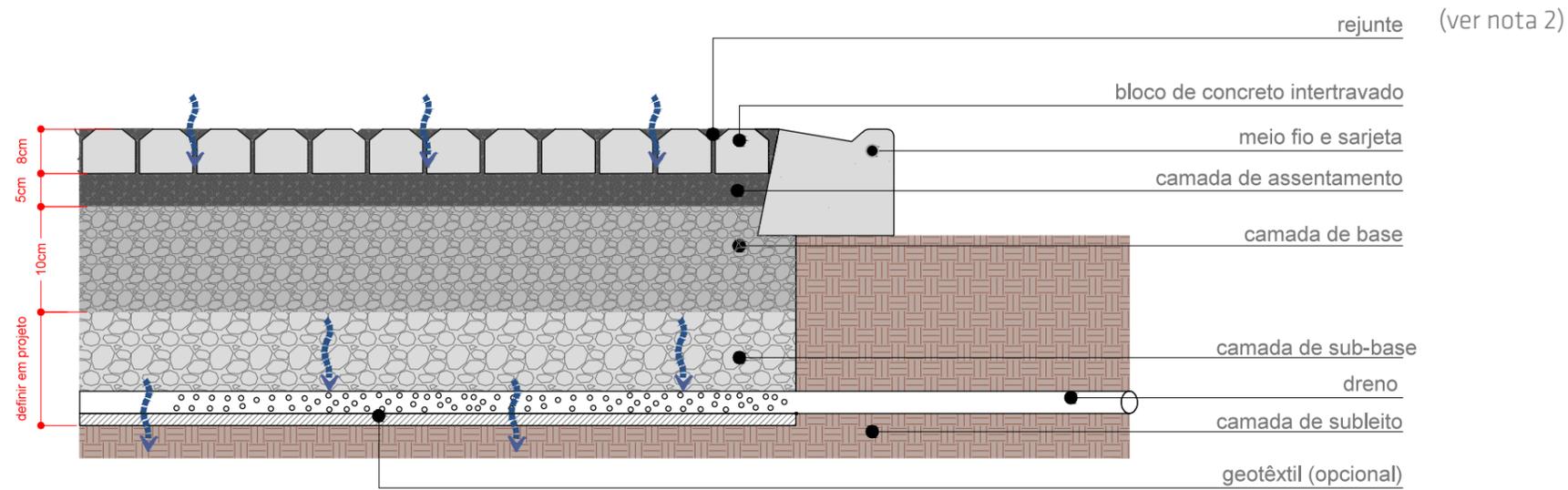


Este desenho foi elaborado e é distribuído apenas como referência projetual e, portanto, não exclui a necessidade do usuário consultar um profissional independente e habilitado para determinar o correto dimensionamento e detalhamento para sua execução. A ABCP não se responsabiliza por erros e omissões, de qualquer natureza, relacionados com o referente projeto, isentando-se da responsabilidade para com o mesmo.



## DESENHO TÉCNICO

### TIPO 2: PAVIMENTO INTETRAVADO PERMEÁVEL COM INFILTRAÇÃO PARCIAL NO SOLO



A camada de assentamento deve ter espessura de 50 milímetros e a base e a sub-base devem ser dimensionadas para cada caso\*

\*vide Marchioni, Mariana & Silva, Cláudio Oliveira. Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas, em:

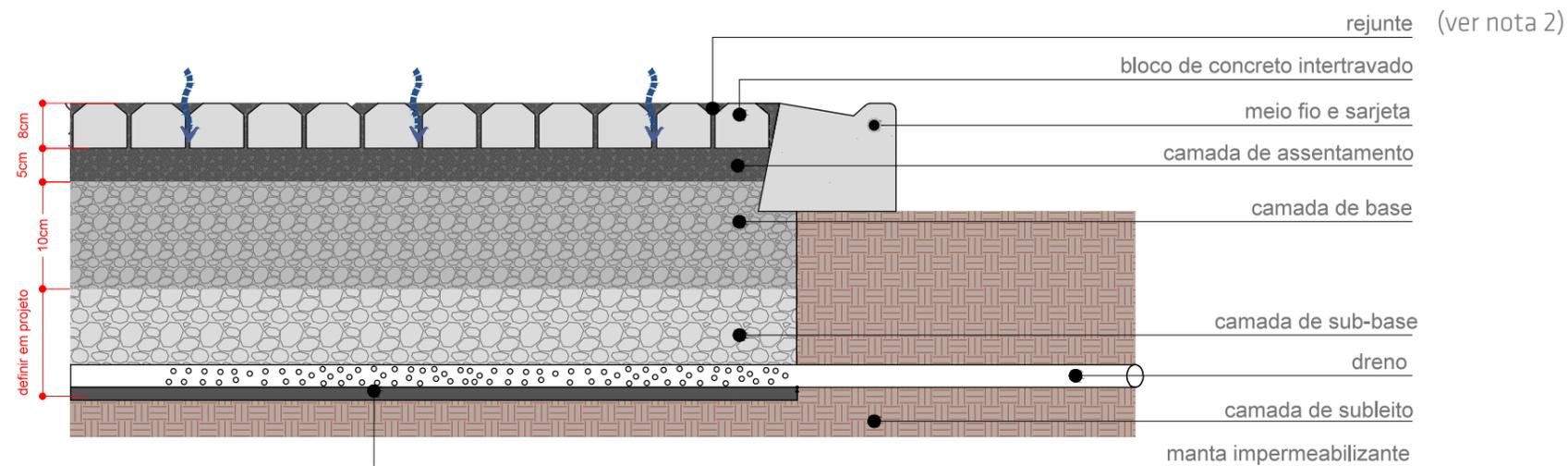
**Para Saber Mais.**

As setas em azul representam o fluxo das águas pluviais pela estrutura. O fundo da estrutura permite que as águas pluviais se infiltrem lentamente no solo local. E o dreno, localizado mais acima, funciona como um exutório, que direciona o fluxo para o sistema de drenagem quando o nível de água acumulada ultrapassa a altura do mesmo.



## DESENHO TÉCNICO

### TIPO 3: PAVIMENTO INTETRAVADO SEM INFILTRAÇÃO NO SOLO



As setas em azul representam o fluxo das águas pluviais pela estrutura. O dreno localiza-se no fundo que é impermeabilizado. Dessa maneira, as águas pluviais armazenadas são liberadas lentamente para o sistema de drenagem através do dreno.

## PASSO-A-PASSO: EXECUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL

1



Fonte: Acervo Afonso Virgiliis

- Limpeza do terreno;
- Abertura da caixa de pavimentação

2



Fonte: Acervo ABCP

Terraplenagem

3



Fonte: Acervo Afonso Virgiliis

- Compactação do subleito;
- Espalhamento e compactação do solo de reforço e nivelamento (caso necessário);

4



Fonte: Acervo Afonso Virgiliis

Instalação da rede de drenagem.

5



Fonte: Acervo Afonso Virgiliis

Assentamento da manta geotêxtil (opcional)

6



Fonte: Acervo ABCP

Espalhamento das camadas de brita

7



Compactação das camadas de brita

Fonte: Acervo Afonso Virgiliis

8



Execução das guias e sarjetas.

Fonte: Acervo ABCP

9



Assentamento dos blocos de concreto

Fonte: Acervo ABCP

10



Rejunte dos blocos  
com pedrisco

Fonte: Acervo ABCP

11



Obra concluída

Fonte: Acervo ABCP



## EXEMPLO DE EXECUÇÃO



Fonte: Portland Bureau of Environmental Services

**LOCAL:** Bairro de Westmoreland, Portland, Oregon, Estados Unidos.

**CONTEXTO:** Inserido no Programa Ruas Verdes (Green Streets Program).

**DATA DA OBRA:** 2004

**CUSTO DA OBRA:** US\$ 412.000 (é importante ressaltar que, ainda que o custo do pavimento permeável seja relativamente maior, ele trará diminuição nos custos com a rede de drenagem)

**FINANCIAMENTO:** US\$ 80.000,00 foram pagos com recursos do fundo da Environmental Protection Agency (EPA).

**MANUTENÇÃO:** Para evitar o acúmulo de sedimentos no pavimento instalado, bem como o crescimento de grama ou outras vegetações, se faz necessária a limpeza a vácuo do pavimento.



## PARTE 2

# PAVIMENTO CONCRETO PERMEÁVEL



O revestimento de concreto permeável apresenta alta porosidade permitindo a infiltração de água. O concreto permeável é constituído de pasta cimentícia que envolve os agregados e possui baixo teor de finos, ou mesmo sem finos. Tipicamente apresenta de 15% a 25% de teor de vazios e atinge um coeficiente de permeabilidade por volta de 0,34 cm/s.



## COMPOSIÇÃO DE CUSTO

### PROJETO TÉCNICO;

#### • LICENÇAS:

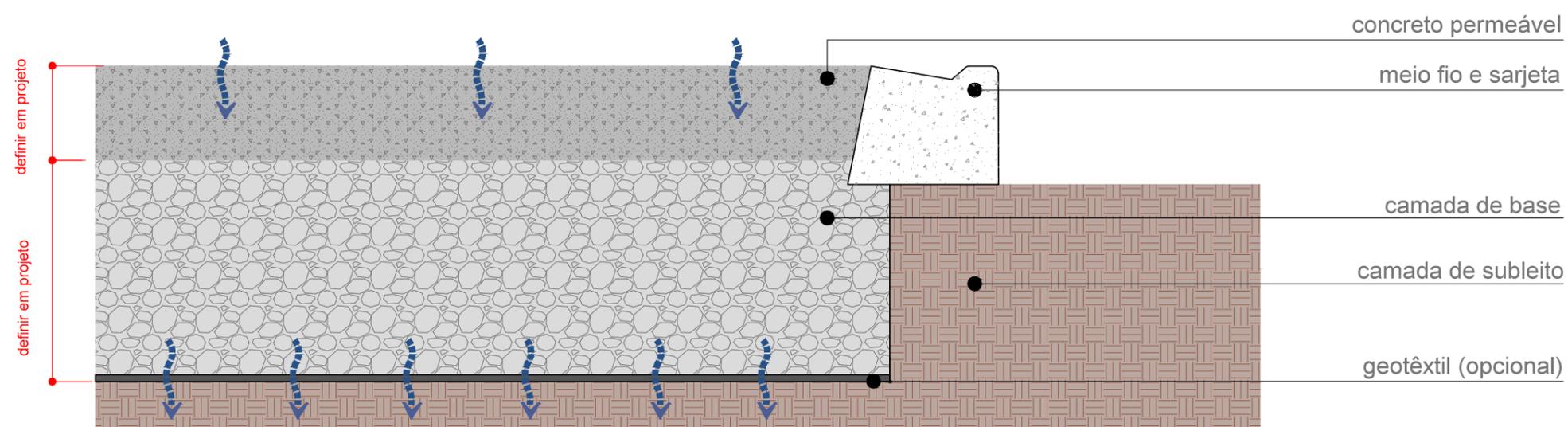
- Licença Ambiental;
- Autorização do órgão administrador do tráfego para interdição;

#### • EXECUÇÃO:

- Mão-de-obra;
- Escavação;
- Equipamentos:
  - Régua vibratória ou régua de alumínio;
  - Fôrma metálica;
  - Rolo Compactador;
  - Aplicador de cura;
- Transporte de Material;
- Material:
  - Concreto permeável.

#### • MANUTENÇÃO

- Limpeza regular com mangueira sob pressão;
- Limpeza anual, ou quando necessário, utilizando aspiração.

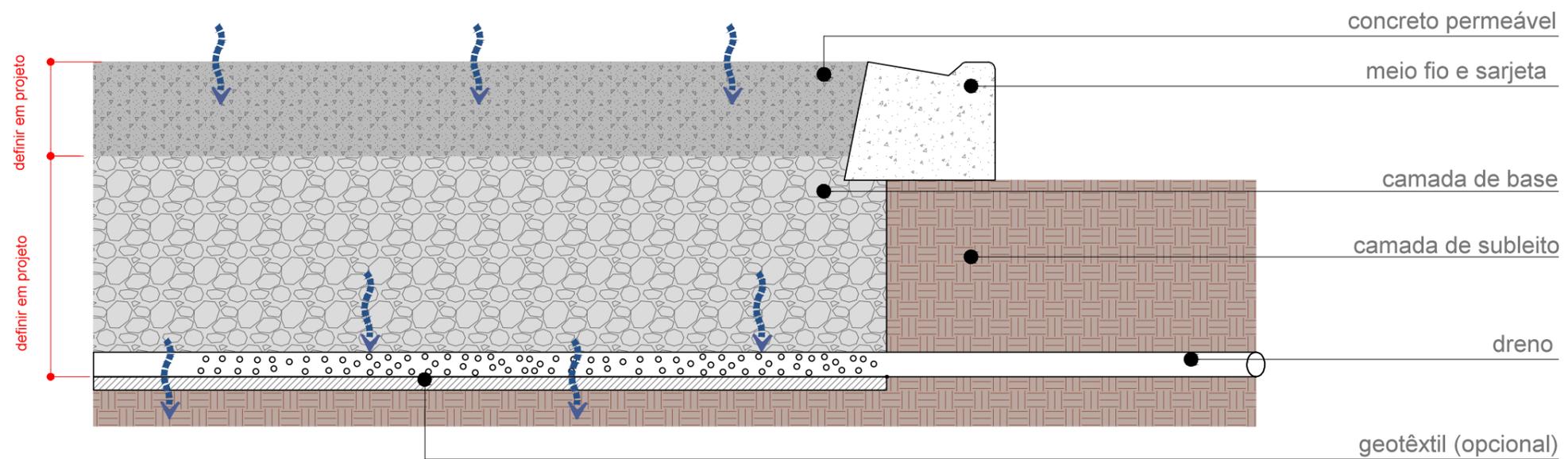


Este desenho foi elaborado e é distribuído apenas como referência projetual e, portanto, não exclui a necessidade do usuário consultar um profissional independente e habilitado para determinar o correto dimensionamento e detalhamento para sua execução. A ABCP não se responsabiliza por erros e omissões, de qualquer natureza, relacionados com o referente projeto, isentando-se da responsabilidade para com o mesmo.



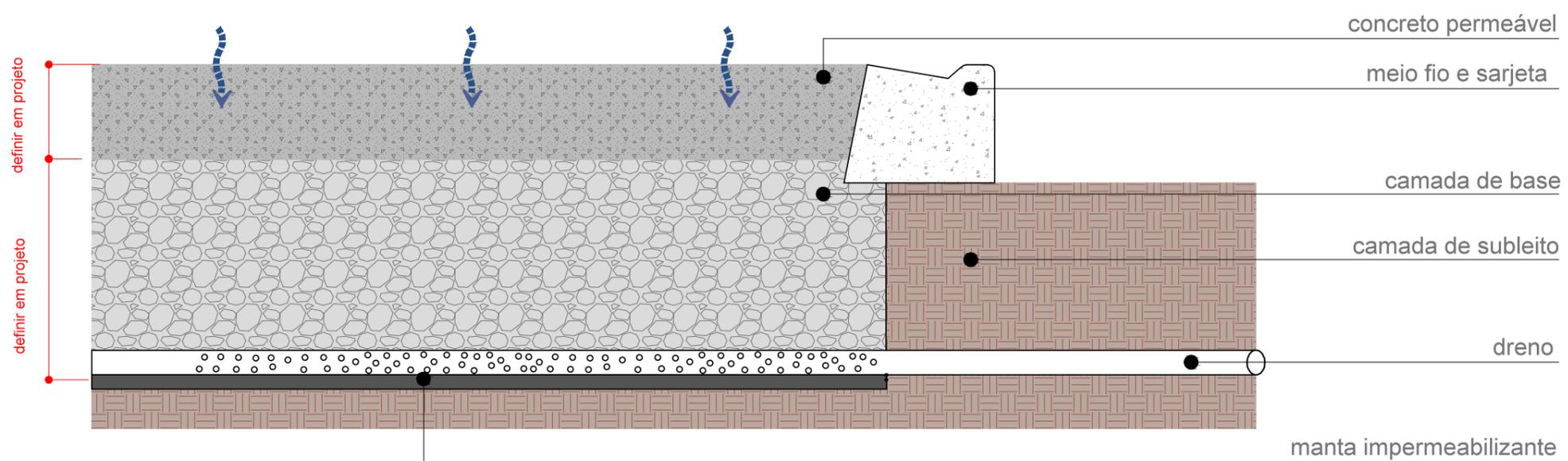
## DESENHO TÉCNICO

### TIPO 2: PAVIMENTO PERMEÁVEL COM INFILTRAÇÃO PARCIAL NO SOLO



## DESENHO TÉCNICO

### TIPO 3: PAVIMENTO PERMEÁVEL SEM INFILTRAÇÃO NO SOLO





## PASSO-A-PASSO: EXECUÇÃO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PERMEÁVEL

Para a execução do Pavimento de Concreto Permeável, os passos de 1 a 8 serão os mesmos realizados para a execução do Pavimento Intertravado Permeável. Haverá mudanças a partir do passo 9, conforme apresentado abaixo:



- Limpeza do terreno;
- Abertura da caixa de pavimentação.



Terraplenagem.



- Compactação do subleito;
- Espalhamento e compactação do solo de reforço e nivelamento.



Instalação da rede de drenagem.



Assentamento da manta geotêxtil (opcional).



Espalhamento das camadas de brita.



Compactação das camadas de brita.



Execução das guias e sarjetas.

- 9** • Espalhamento do concreto permeável de maneira rápida e contínua;
- O espalhamento deve ser feito sob a base/subleito úmidos para evitar perda de água do concreto.

- 10** • Nivelamento utilizando régua vibratória ou manualmente com régua de alumínio;
- Atente-se para não vibrar por tempo excessivo e assim entupir os vazios do concreto;
- Nivele de 15 a 20 mm acima das guias para permitir a posterior compactação;

- 11** • A consolidação do concreto é atingida através da compactação utilizando um rolo compactador;
- Esta etapa deve ser completada o mais rapidamente possível.

- 12** • Execução das juntas de dilatação;
- Recomenda-se a execução de juntas a cada 6m com profundidade de  $\frac{1}{4}$  da espessura da placa de concreto;
- A execução das juntas deve ser feita logo após a consolidação;

Nota: o pavimento de concreto permeável tende a trincar menos que o convencional e assim, em alguns casos a junta é dispensada.

- 13** • Cura e proteção do concreto fresco;
- Recomenda-se proteção com manta plástica;
- A cura deve iniciar logo após a execução da junta.

Fonte: *Pervious Concrete Pavements*, NRMCA. (TENNIS, P. D., LEMING, M. L., AKERS, D. J.) *Pervious Concrete Pavements*. NRMCA. PCA. 5ª ed. Skokie, 2008.



## PARA SABER MAIS

### SOBRE COMO IMPLANTAR PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA RUA:

- Interpave. Permeable pavements: Guide to design, construction and maintenance of concrete block permeable pavements. Publicação L534:L217. Ed. 5. Leicester, 2008.  
Smith, D. R. permeable Interlocking Concrete Pavements. ICPI – Interlocking Concrete Pavement Institute. Washington D.C., 2001.
- Manual de Portland, Capítulo 2: Projeto de instalações (em inglês):  
[www.portlandonline.com/bes/index.cfm?c=47954&a=202883](http://www.portlandonline.com/bes/index.cfm?c=47954&a=202883)
- MARCHIONI, Mariana & Silva, Cláudio Oliveira. Pavimento Intertravado Permeável – Melhores Práticas. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.  
Ferguson, B. K. Porous pavements. Integrative Studies in Water Management and Land Development. Florida, 2005.
- VIRGILIS, A. L. C. Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias. 2009. 196 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. Disponível em:  
[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-08092010-122549/pt-br.php](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-08092010-122549/pt-br.php)

### SOBRE EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM URBANA E MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO:

- AZZOUT, Y.; BARRAUD, S.; CRES, F.N.; Alfakih, E.; Techniques Alternatives en Assainissement Pluvial : Choix, Conception, Réalisation et Entretien, LCPC, INSA Lyon, Certu, Agences de l'Eau, Lavoisier Technique et Documentation, Paris. ASCE, 1969. Design and Construction of sanitary and storm sewers. New York, 1994.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. 266 pág. Porto Alegre: ABRH. 2005.
- SCHUELER, T.R.; Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs. Department of Environmental Programs, Metropolitan Washington Council of Governments, 1987
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Manual Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais. Fundação. Centro Tecnológico de Hidráulica. 2012. Disponível para download no site: <<http://aguaspluviais.inf.br/manual.aspx?id=8>>

### SOBRE OS PARÂMETROS DE PROJETOS DAS MEDIDAS:

- GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba- PR. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, CH2M HILL e Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002.
- Manual Metropolitan Council Minnesota (em inglês):  
[www.metrocouncil.org/environment/water/bmp/CH3\\_STFiltBioretention.pdf](http://www.metrocouncil.org/environment/water/bmp/CH3_STFiltBioretention.pdf)

