AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COM O USO DA NORMA ASTM C1701

Andrea Sartori Jabur [1] & Fernando Dornelles [2]& André Silveira[3]& Joel Avruch Goldenfum[4] & Alice Cardoso[5] & Cristhiane Michiko Passos Okawa [6]*

Resumo – O objetivo deste artigo é a avaliação da capacidade de infiltração de tipos de pavimentos permeáveis, com o uso de Norma ASTM (*American Society for Testing and Materials*) C1701, *Standard Test Methods for Infiltration Rate of in Place Pervious Concrete*. Os pavimentos estudados são o asfalto poroso e o revestimento de bloco vazado, ambos instalados no IPH-UFRGS. Os resultados obtidos revelaram que ambos os pavimentos apresentam colmatação, devido ao seu uso como estacionamento de automóveis. Os resultados obtidos apresentaram valores superiores a 10^{-5} m/s no bloco vazado e entre $8{,}9.10^{-6}$m/s e 19.10^{-6}m/s, para o asfalto poroso, valores estes que equivalem ao grau de permeabilidade baixo à médio. Avaliando os valores obtidos no asfalto poroso, o bloco vazado apontou uma capacidade de infiltração superior, com grau de permeabilidade média. Evidenciou-se que o asfalto poroso no módulo experimental é o menos resistente em relação ao uso, pois após 9 anos, este perdeu de modo significativo a sua capacidade de infiltração (colmatação), diferenciando do bloco vazado, que ainda apresenta uma infiltração superior a do asfalto poroso. Esta colmatação ocorreu pela falta de manutenção dos pavimentos, que foi propositalmente definida a princípio do experimento, de modo a avaliar as condições reais de utilização.

Palavras-Chave – Teste de Infiltração, Norma ASTM C1701, Pavimentos Permeáveis.

AVALIACION OF POROUS PAVIMENT WITH USE STANDART ASTM C1701 T

Abstract – The objective of this article is the evaluation of the infiltration capacity of types of porous paviment, with the use of ASTM (American Society will be Testing and Materials) C1701, Standard Test Methods will be Infiltrations Rate of in Place Pervious Concrete. The studied floors are porous asphalt and the covering of leaked block, both installed in IPH- UFRGS. The gotten results had disclosed that both the floors present colmatação, due to its use as parking of automobiles. The gotten results had presented superior values the 10-5 m/s in the leaked block and between 8,9.10-6m/s and 19.10-6m/s, for porous asphalt, values these that are equivalent to the low degree of permeability the medium. Evaluating the values gotten in porous asphalt, the leaked block pointed a superior infiltration capacity, with degree of average permeability. One after proved that porous asphalt in the experimental module is resistant the least in relation to the use, therefore 9 years, this lost in significant way its infiltration capacity (waterproof), differentiating of the leaked block, that still presents a superior infiltration of porous asphalt. This waterproof occurred for the lack of maintenance of the floors, that proposal was defined the principle of the experiment, in order to evaluate the real conditions of use.

Keywords – Infiltration Test, ASTM 1701, Porous Paviment.

[1] UTFPR – Campus Pato Branco, jabur@utfpr.edu.br.
[2] IPH/UFRGS, fds_eng@yahoo.com.br
[3] IPH/UFRGS, andre@iph.ufrgs.br
[4] IPH/UFRGS, Joel@iph.ufrgs.br
[5] IPH/UFRGS, geo.alicecardoso@gmail.com
[6] UEM, crisokawa@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

As enchentes urbanas podem ser oriundas de diferentes causas, como por exemplo: o processo de urbanização gera mudanças no microclima das cidades. Considerando ainda que o intenso processo de desmatamento, a construção de residências, edifícios, indústrias, ocupação das áreas de várzeas e a impermeabilização do solo com asfalto modificam o meio ambiente e dificultam o escoamento das chuvas. Somam-se a isto sistemas de drenagem urbana ineficientes, incapazes de atender às vazões necessárias, até por conta do crescimento populacional e também do uso irregular dos solos, que minimizam a capacidade de infiltração, conduzindo toda água das chuvas para o sistema de drenagem pluvial urbano.

Segundo Araújo, Tucci e Goldefum (1999), a tendência na área de drenagem pluvial urbana é a busca da manutenção das condições de pré-desenvolvimento atuando na fonte da geração do mesmo. Para tanto, é necessário utilizar-se de dispositivos de acréscimo de infiltração e do aumento de retardo do escoamento, tendo como exemplo, o pavimento permeável, que é capaz de reduzir volumes de escoamento superficial e vazões de pico a níveis iguais ou até inferiores aos observados antes da urbanização, redução do impacto da qualidade da água e dos sedimentos.

Os pavimentos permeáveis são constituídos normalmente de concreto ou asfalto convencionais, dos quais foram retiradas as partículas mais finas, ou seja, a areia (CANHOLI, 2005). Além dessas superfícies tradicionais, existem os pavimentos construídos com módulos de blocos de concretos vazados (TUCCI *et al*., 1995).

Pode-se afirmar ainda que os pavimentos permeáveis tendem a promover a recarga do lençol freático e a melhoria significativa da qualidade da água que infiltra para o subsolo, apesar de apresentar a possibilidade de contaminação do lençol freático, embora essa possibilidade seja provavelmente desprezível conforme Schueler, 1987 apud Pinto, 2011.

Este artigo tem como objetivo a avaliação da capacidade de infiltração de dois tipos de pavimentos permeáveis, com o uso de Norma ASTM (*American Society for Testing and Materials*) C1701, *Standard Test Methods for Infiltration Rate of in Place Pervious Concrete*. Os pavimentos estudados formam o asfalto poroso e o revestimento de bloco vazado, ambos instalados no Instituto de Pesquisas Hidráulicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos ensaios, primeiramente efetuou-se um levantamento da bibliografia específica para a avaliação de um método de obtenção de dados. Posteriormente em face de dificuldades encontradas em relação aos sensores hidrostáticos, optou-se pelo uso do teste de infiltração da Norma Americana ASTM C1701.

Para a execução do ensaio, foram utilizados os seguintes equipamentos: cilindro de 300 mm de diâmetro interno, balde de 10 litros, recipiente graduado com 1 L, massa de calafetar, escova de cerda de polipropileno ou vassoura, cronômetro e água. Primeiramente foi realizada a limpeza do pavimento utilizando apenas a escova, para a retirada dos sedimentos e sujeiras depositadas no pavimento. Após a limpeza, aplicou-se a massa de calafetar na superfície inferior do cilindro e sendo este pressionado na superfície do pavimento. Foi necessária, neste procedimento, a aplicação de massa de calafetar além daquela já colocada no cilindro, para obter uma vedação completa e evitar vazamentos laterais.

Após a instalação do cilindro, foi realizada uma pré-molhagem, como estabelece a Norma, segundo descrito em Marchioni e Silva (2011), em que deve-se despejar água no interior do cilindro com velocidade suficiente para manter a carga hidráulica entre 10 a 15 mm (Figura 1).

A Norma estipula um total de 3,60 ± 0,05 kg de água, para esta pré-molhagem, que no caso foi de 3,6 litros. O tempo de infiltração, medido por um cronômetro, foi contabilizado da seguinte forma: início da cronometragem assim que a água atingia a superfície do pavimento permeável e finalização da cronometragem quando não houvesse mais água na superfície.



Figura 1 - Etapas para o teste de infiltração. 1. Balde e Becker graduado para os volumes de água. 2. Colocação da massa de calafetar no cilindro. 3. Posicionamento do cilindro e marcas de 15 e 10 mm. 4. Enchimento do cilindro. 5. Mantendo a carga hidráulica. 6. Finalização da prática com a infiltração total da água no pavimento.

O teste de infiltração era iniciado em até 2 minutos depois da pré-molhagem. Segundo a Norma, se o tempo de infiltração da pré-molhagem fosse inferior a 30 s, deveria ser utilizado para o ensaio, o total de 18 ± 0,05 kg de água (18 Litros). Se o tempo fosse superior a 30 s, era utilizado 3,60 ±0,05 kg de água (3,6 Litros). Com o tempo determinado na pré-molhagem, era despejada a água no anel de forma a manter constante a carga hidráulica entre 15 a 10 mm.

Para a determinação do coeficiente de infiltração, utilizou-se a seguinte equação, apresentada pela norma C1701:

$$I = \frac{K \cdot M}{(D^2 \cdot t)} \qquad (1)$$

Onde:
I = coeficiente de infiltração (mm/h)
M = massa de água infiltrada (kg)

D = Diâmetro interno do cilindro de infiltração (300 mm)
t = tempo de infiltração (s)
K = 4.583.666.000 (Sistema Internacional) (para converter as unidades)

LOCAL DO EXPERIMENTO: PAVIMENTO PERMEÁVEL

No ano de 2004, foi construído, nas dependências do IPH/UFRGS, um módulo experimental, constituído em um estacionamento com duas tipologias de pavimento permeável, para a avaliação da capacidade de infiltração e da qualidade da água.

A obra apresenta uma área superficial de 264 m^2 (figuras 2 e 3), a qual foi dividida em duas partes, sendo utilizado, em uma das partes, o asfalto poroso, pré-misturado a frio, com granulometria aberta e, na outra, o revestimento com blocos vazados intertravados de concreto preenchidos com areia e grama.

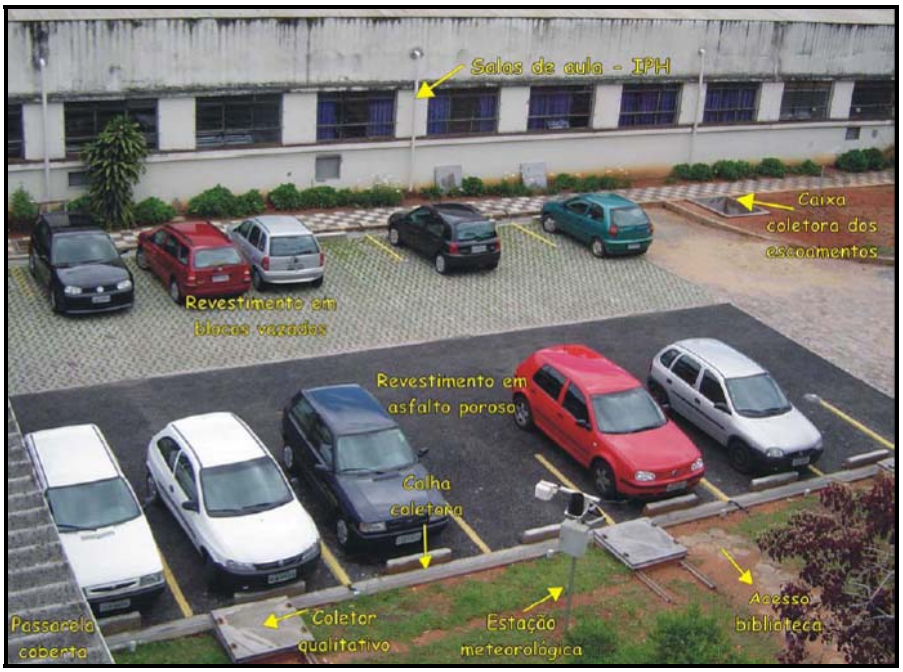


Figura 2 - Vista superior do módulo experimental. (Fonte: ACIOLI, 2005).

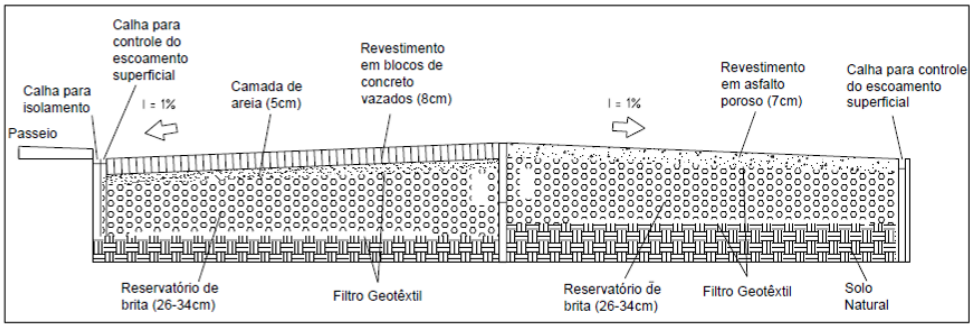


Figura 3. Perfil transversal do módulo experimental. (Fonte: ACIOLI, 2005).

O pavimento foi construído junto ao bloco de ensino do IPH, que se caracteriza por ter tráfego de veículos, servindo basicamente como estacionamento para servidores e alunos. O experimento iniciou-se com a pesquisa de mestrado de Acioli (2005) e continuou com a pesquisa de doutorado de Castro (2010)[7]. Acioli (2005) apresentou em sua dissertação, o dimensionamento do experimento, o detalhamento dos dispositivos de monitoramento e os resultados de um ano de monitoramento quantitativo dessa estrutura (primeira etapa de monitoramento). Os resultados deste trabalho indicam que o pavimento permeável analisado apresentou ótimo comportamento no controle da geração de escoamento superficial. Uma segunda etapa de monitoramento foi efetuada no período de dezembro 2007 a outubro de 2009, por Castro (2010). Dos dois pavimentos permeáveis estudados, somente o de revestimento de blocos vazados apresentou o controle adequado do volume de escoamento superficial, enquanto observou-se um grande comprometimento da capacidade de infiltração no revestimento com asfalto poroso. Ficou estabelecido desde a instalação do experimento, a não manutenção ou limpeza dos dois pavimentos, buscando caracterizar uma condição da realidade brasileira e definir a vida útil dos materiais. A figura 4 apresenta as condições atuais do experimento, em 2012. Observa-se o desgaste dos pavimentos devido a falta de manutenção.



Figura 4 - Condições atuais dos pavimentos, após 9 anos de uso.

RESULTADOS OBTIDOS

Realizou-se o teste de infiltração em ambos os pavimentos permeáveis, de modo a configurar a capacidade de infiltração dos mesmos. Para identificar o grau de infiltração dos pavimentos, pois a Norma ASTM C1701 não apresenta valores para comparação dos resultados obtidos, considerou-se os coeficientes de permeabilidade dos solos (Terzagui; Peck, 1967, apud Marchioni[8]) em comparação com os resultados dos ensaios (tabela 1). Decidiu-se realizar o teste de infiltração, em diferentes pontos, para avaliar a ocorrência de locais com colmatação e sem colmatação, devido ao fluxo de veículos no estacionamento.

[7] A tese ainda não foi publicada, mas a pesquisadora repassou várias informações pessoais.
[8] Informações pessoais.

Tabela 1 – Valores típicos de coeficiente de permeabilidade de solos e agregados.

Tipo de Solo	Coeficiente de permeabilidade K (m/s)	Grau de permeabilidade
Brita	$>10^{-3}$	Alta
Areia de brita, areia limpa, areia fina	10^{-3} a 10^{-5}	Média
Areia, areia suja e silte arenoso	10^{-5} a 10^{-7}	Baixa
Silte, silte argiloso	10^{-7} a 10^{-9}	Muito Baixa
Argila	$< 10^{-9}$	Praticamente Impermeável

(Fonte: Terzagui; Peck, 1967, apud Marchioni e Silva, 2011).

Asfalto Poroso

Partiu-se para a determinação da infiltração em diferentes pontos, para avaliar os pontos onde o pavimento apresentava colmatação e pontos que não apresentavam grande colmatação aparente. Os testes ocorreram em dias diferentes, pois o tempo de duração dos ensaios inviabiliza a realização de vários testes no mesmo dia, para que isso ocorresse, seria necessária a instalação de vários cilindros ao mesmo tempo e de participação de assistentes durante o experimento. Dos seis testes realizados, apenas 3 foram selecionados, por serem representativos.

Os outros três testes foram descartados, devido aos vazamentos que ocorreram durante os experimentos, pois a irregularidade do asfalto poroso dificultava a vedação do cilindro com a massa de calafetar. Os resultados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Resultados obtidos pelo teste de infiltração, ASTM C1701.

Data	Horário	Local	Volume de água (L)	Tempo (s)	I (mm/h)	I (m/s)
24/10/2012	09h55min	1	3,6	5.720	32,05	$8{,}9.10^{-6}$
06/11/2012	09h30min	5	3,6	2.244	81,71	$2{,}3.10^{-5}$
24/10/2012	13h30min	8	3,6	2.650	69,19	$1{,}9.10^{-5}$

Os resultados ilustrados na tabela 2 apresentam valores heterogêneos, comprovando áreas com mais colmatação em comparação às outras. Os valores de infiltração ficaram entre $8{,}9.10^{-6}$m/s e 19.10^{-6}m/s, e considerando os valores a tabela 1, estes equivalem ao grau permeabilidade baixo à médio. Logo, o asfalto poroso apresenta uma capacidade de infiltração comparada a areia, areia suja e silte arenoso. Segundo Marchioni[9], para considerar um pavimento poroso, seus valores devem ser superiores a 10^{-5} m/s. A figura 5 ilustra as etapas do teste de infiltração, o qual foi monitorado com a instalação de uma câmera digital dentro do cilindro. Esta câmera foi programada para registrar as imagens a cada 1 minuto, o que auxiliou na cronometragem do ensaio.

[9] Informações Pessoais.

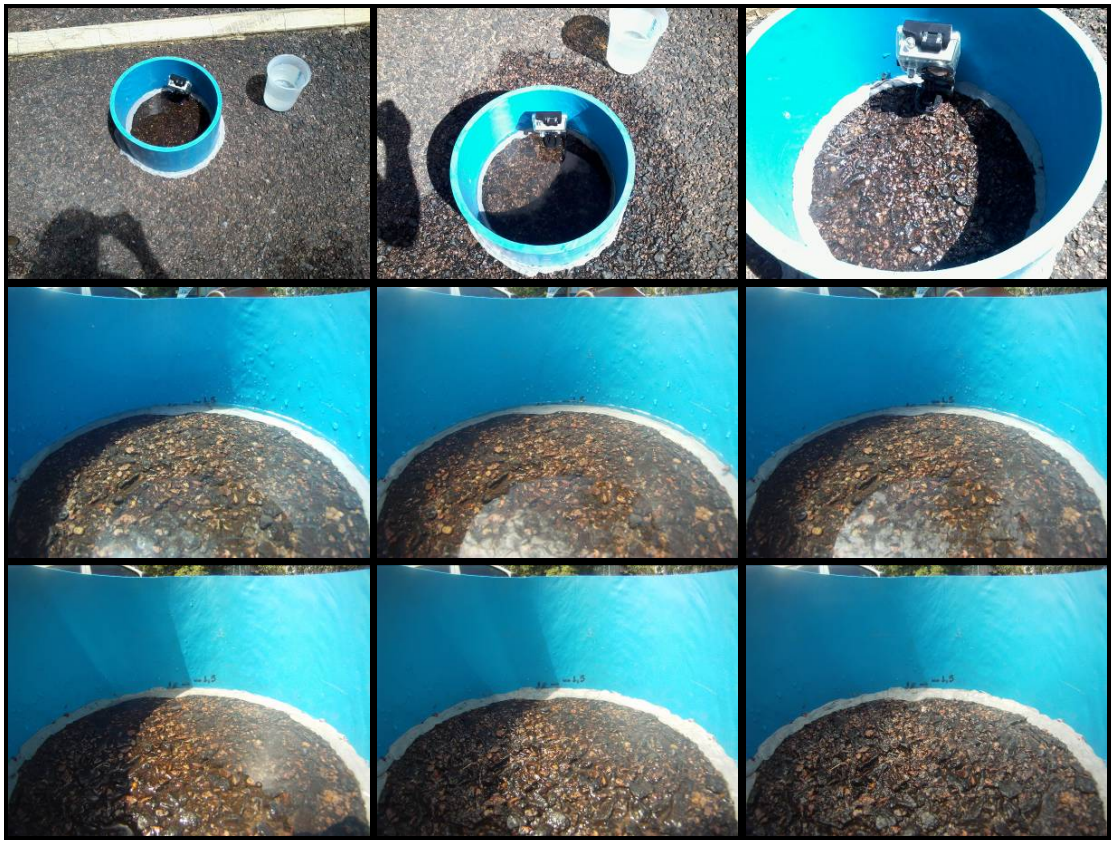


Figura 5 - Teste de infiltração com carga constante, realizado no dia 18 de outubro de 2012.

Bloco Vazado:

O experimento do bloco vazado realizou-se com menor dificuldade na instalação do cilindro único, em relação ao asfalto poroso, devido a melhor regularidade deste pavimento. Não ocorreram vazamentos significativos e todos os 3 ensaios apresentaram resultados coerentes, conforme resultados apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Resultados obtidos pelo teste de infiltração, ASTM C1701.

Data	Horário	Local	Volume (L)	Tempo (s)	I (mm/h)	I (m/s)
17/10/2012	12h00min	8	3,6	1820	100,740	$2{,}79.10^{5}$
18/10/2012	12h35min	8	3,6	2820	65,017	$1{,}81.\ 10^{5}$
08/11/2012	11h45min	1	3,6	1075	170,555	$4{,}74.10^{5}$

Os resultados obtidos apresentaram valores superiores a 10^{-5} m/s, equivalente a areia de brita, areia limpa e areia. Avaliando os valores obtidos no asfalto poroso, o bloco vazado apontou uma capacidade de infiltração superior, com grau de permeabilidade média.

CONCLUSÃO

Evidenciou-se que o asfalto poroso no módulo experimental é o menos resistente em relação ao uso, pois após 9 anos, este apresentou-se quase totalmente impermeabilizado (colmatação), diferenciando-se do bloco vazado, que ainda apresenta uma infiltração superior a do asfalto poroso.

Esta colmatação ocorreu pela falta de manutenção dos pavimentos, que ficou definido no inicio do experimento, de modo a avaliar as condições reais de uma instituição de ensino. Para evitar esta impermeabilização, poderia ser realizada a varrição do local, em torno de duas vezes ao ano, de modo a acrescer a vida útil do pavimento em questão.

Para realizar os ensaios do teste de infiltração pela ASTM C1701, seria interessante trabalhar com mais cilindros ao mesmo tempo, pois facilitaria a determinação da infiltração em diferentes áreas, em um único dia, com as mesmas condições climáticas, mas para isso ocorrer, seria necessário grupo de estudantes para auxiliar nos ensaios.

O teste de infiltração da ASTM C1701 aparenta ser prático, porém apresenta dificuldades na instalação do cilindro, com problemas de vazamento de água pela borda inferior, ocorrido no asfalto poroso, devido à irregularidade do pavimento. Mas observou-se que este ensaio, é mais condizente para novos pavimentos que em pavimentos antigos, devido à heterogeneidade da colmatação nos pavimentos antigos, dependente de vários ensaios para determinar qual o grau de infiltração.

REFERÊNCIAS

ACIOLI, L. A. *Estudo Experimental de Pavimentos Permeáveis Para o Controle do Escoamento Superficial na Fonte*. Dissertação de mestrado para a Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (2005).

ARAÚJO, P.R. *Análise experimental da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre – RS, 1999.

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. In Anais do *XIII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos*, Belo Horizonte, novembro, 1999.

ASTM C1701 (*American Society for Testing and Materials*) - *Standard Test Methods for Infintration Rate of in Place Pervious Concrete*. 2009.

MARCHIONI, M. & SILVA, C. O. *Pavimento Intertravado Permeável* - Melhores Práticas. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011. 24p.

PINTO, Liliane Lopes Costa Alves. *O desempenho dos pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano*. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2011, 255p.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T (orgs.). *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS, 1995.