

## **XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **EFICIÊNCIA DA MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS PELO MÉTODO DE ASPERSÃO DE ALTA PRESSÃO DE ÁGUA – RESULTADOS PRELIMINARES**

*Lucas Alves Lamberti<sup>1</sup>; Daniel Gustavo Allasia Piccilli<sup>2</sup>; Tatiana Cureau Cervo<sup>3</sup>; Bruna Minetto<sup>4</sup>;  
Carla Fernanda Perius<sup>5</sup>; Jonathan Rehbein dos Santos<sup>6</sup>; João Pedro Paludo Bocchi<sup>7</sup>*

**RESUMO** – Os pavimentos permeáveis fundamentam-se na redução do escoamento superficial ao permitir a infiltração da água pluvial, no entanto, o processo natural chamado de colmatagem faz com que os poros do pavimento sejam lentamente preenchidos por sedimentos. Atualmente, o método de verificação da capacidade de infiltração de pavimentos é descrito pela norma NBR 16416 de 2015. Este método foi adotado neste trabalho que teve por objetivo o acompanhamento da redução da capacidade de infiltração de três tipos de pavimentos permeáveis ao longo de 12 meses, e em seguida, a eficiência da recuperação dos pavimentos pelo método de lavagem por aspersão com alta pressão de água. Constatou-se a importância da manutenção anual dos pavimentos permeáveis, pois, ao fim deste período, verificou-se uma redução da capacidade de infiltração de até 80%. O método de aspersão de alta pressão mostrou-se eficiente, capaz de recuperar totalmente a eficiência do pavimento, a depender do tipo de revestimento.

**ABSTRACT**– The permeable pavements are based on the reduction of the surface flow by allowing the infiltration of the rainwater, however, the natural process called clogging causes the pores of the pavement to be slowly filled by sediments. Nowadays, the method of verification of the capacity of infiltration of pavements is described by the norm NBR 16416 of 2015. This method was selected in this work that had the objective of monitoring the reduction of the infiltration capacity of three types of permeable pavements over 12 months, and after, the efficiency of the recovery of the pavements by the method of high pressure water wash spray. It was verified the importance of the annual maintenance of the permeable pavements, because, at the end of this period, a reduction of the infiltration capacity of up to 80% was found. The method of high pressure spray proved to be efficient, capable of fully recovering the pavement efficiency, depending on the type of coating.

**Palavras-Chave** – Pavimento permeável; colmatagem; manutenção.

1) Professor, UFSM – Cachoeira do Sul, Rua Ernesto Barros, nº 1345, CEP, 96506-322, lucas.lamberti@hotmail.com

2) Professor, UFSM, Av. Roraima, nº 1000, CEP, 97105900, CT LAB, dallasia@gmail.com

3) Professora, UFSM, Av. Roraima, nº 1000, CEP, 97105900, CT LAB, cervo.tatiana@gmail.com

4) Aluna de Mestrado, UFSM, Av. Roraima, nº 1000, CEP, 97105900, CT LAB, bruna.minetto@gmail.com

5) Aluna de Doutorado, UFSM, Av. Roraima, nº 1000, CEP, 97105900, CT LAB, carlaferius@gmail.com

6) Aluno de Mestrado, UFSM, Av. Roraima, nº 1000, CEP, 97105900, CT LAB, jonathanrehbein\_06@hotmail.com

7) Aluno de Graduação, UFSM, Av. Roraima, nº 1000, CEP, 97105900, CT LAB, jp.bocchi@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Tem-se ampliado o uso e número de pesquisas envolvendo pavimentos permeáveis ao longo dos anos, pois este sistema mostra-se uma boa alternativa para auxiliar a drenagem local. No entanto, além de um bom projeto e execução, é preciso dar atenção à manutenção periódica. Segundo Kia et al. (2017), a vida útil de um pavimento permeável varia de 6 a 20 anos, e seu estado final é causado pelo entupimento dos poros, degradação pelo ciclo gelo-degelo ou desgaste excessivo da superfície.

O entupimento dos poros ocorre pela retenção de sedimentos finos na superfície ou vegetação que brota nos espaços entre os blocos. As partículas podem ser oriundas de solos (areia, silte, argila), detritos de outras áreas trazidos pelos veículos, ou ainda, material orgânico de vegetação próxima trazido pelo vento. Com o processo de entupimento dos poros, ocorre a redução da capacidade de infiltração e, conseqüentemente, redução do desempenho ao longo prazo.

Os principais procedimentos adotados para remoção dos sedimentos finos da estrutura são aspiração, aspersão de alta pressão de água, varrição seca ou úmida, e a associação desses métodos. Alguns estudos (LIN et al., 2016; HEIN et al., 2013; COUGHLIN et al., 2012; TONG, 2011; SCHAEFER et al., 2011; CHOPRA et al., 2010) compararam a eficiência dos procedimentos de limpeza e constataram que a aspiração e a aspersão de alta pressão podem recuperar a taxa de infiltração inicial do pavimento. Azzout et al. (1994) não aconselham o uso de vassouras na limpeza superficial do pavimento, pois introduz os finos nos poros do pavimento.

A periodicidade da limpeza depende das condições do local e do clima, mas variam entre uma e quatro limpezas ao ano (RAZZAGHMANESH E BEECHAM, 2018; KIA et al., 2017). Marchioni e Silva (2010) recomendam limpeza anual para aumentar a vida útil do pavimento permeável. Segundo os autores, ao fim de 10 anos sem manutenção o pavimento permeável perde 90% de sua principal característica que é a capacidade de infiltração da água.

Ao elaborar este trabalho, pretende-se comparar a capacidade de infiltração de pavimentos permeáveis tradicionais ao longo de 12 meses, verificar a importância de aplicar manutenção anual e verificar a eficiência do método de aspersão d'água sob pressão pela recuperação após este período.

## METODOLOGIA

A área deste estudo está localizada no interior de Itaara/RS. O local fica a aproximadamente 20 km da Universidade Federal de Santa Maria (figura 1).

O local escolhido apresentava, inicialmente, uma cobertura gramada com declividade de 15%, algumas árvores baixas a uma distância de 10 metros e uma estrada vicinal a 9 metros.

Os revestimentos analisados foram:

- dois módulos de intertravado de concreto permeável;
- dois módulos de intertravado de concreto convencional;
- dois módulos de concreto permeável moldado no local.

Para otimizar o espaço, os módulos foram locados em pares, ocupando áreas de 1 x 2 metros.

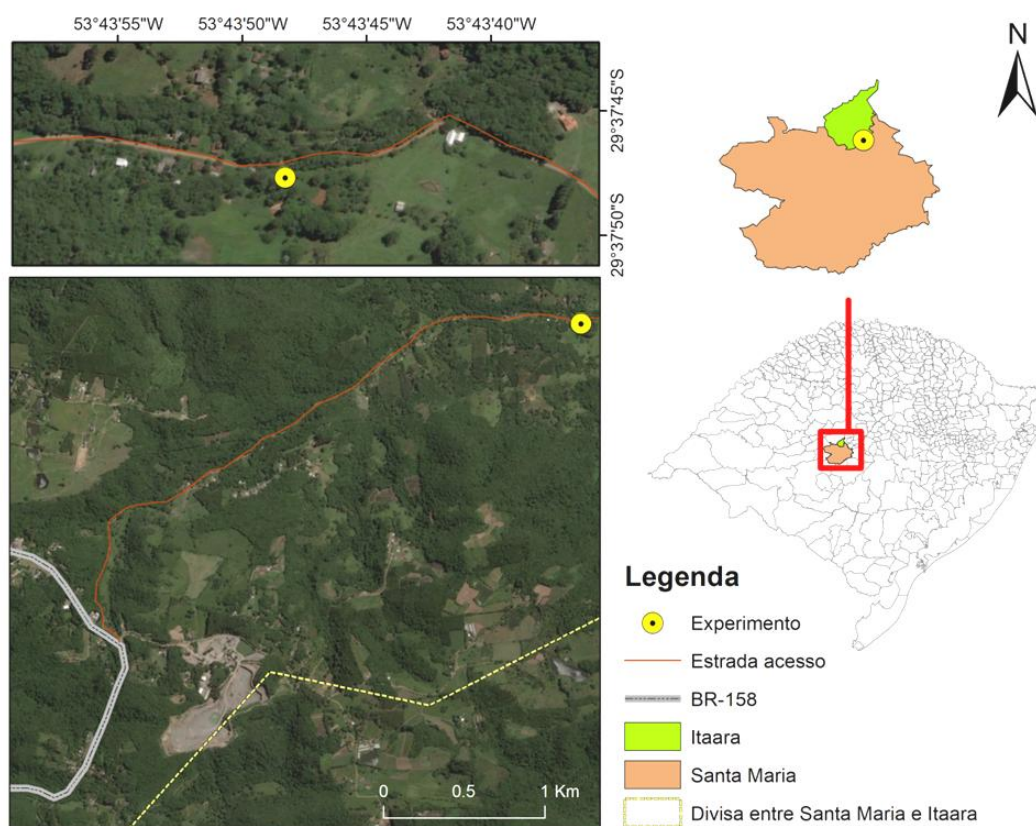


Figura 1 - Mapa de localização dos módulos experimentais

### Implantação

A vedação lateral foi feita com cerâmicas de 60 cm x 60 cm transpassadas entre si e lona preta. No fundo de cada módulo foi posto a manta geotêxtil, em seguida a camada de reservatório (20 cm de brita 1) (figura 2 (a)). Acima do reservatório foi ajustada outra manta geotêxtil para evitar a entrada de finos no reservatório pela camada.

Quando todos os seis módulos estavam nesta condição, fez-se a execução dos revestimentos. Os dois primeiros módulos foram executados com blocos intertravados de concreto poroso e nomeado Pav 1 e Pav 2. Para tanto, a superfície recebeu uma camada de assentamento de 5 cm de areia grossa (figura 2 (b)) conforme recomendações da NBR 16416 (2015), e em seguida, os blocos

porosos foram posicionados e rejuntados com a mesma areia grossa (figura (c)). Outro par de módulos foram executados da mesma forma, porém, com intertravado de concreto convencional. Estes foram chamados de Pav 3 e Pav 4. O terceiro par de módulos foi executado com concreto permeável, chamados de Pav 5 e Pav 6, sem a camada de assentamento de areia. Colocou-se uma camada de 10 cm do concreto permeável diretamente sobre a manta geotêxtil.



Figura 2 – Etapas de construção. (a) colocação da brita; (b) camada de assentamento; (c) revestimentos com blocos intertravados.

O traço de concreto permeável empregado foi dosado e avaliado em laboratório, adotando-se materiais locais (tabela 1).

Tabela 1 – Propriedades físicas e proporção dos traços estudados

Material	Água	Cimento	Brita 0	Brita 1	Areia
D. máx. característico (mm)	-	-	9,50	19,00	1,20
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	1,00	2,93	2,44	2,50	2,64
Proporções dos agregados	0,36	1,00	3,04	0,76	0,20
Consumo de materiais (kg/m <sup>3</sup> )	116,82	324,49	986,44	246,61	64,90

### Avaliação

Foi aplicado o método descrito na norma NBR 16416 (ABNT, 2015) para determinar o coeficiente de permeabilidade dos pavimentos permeáveis. O ensaio consiste na vedação de um anel com diâmetro interno de  $300 \pm 10$  mm com o pavimento, vedado com massa de calafetar (figura 3).

Em seguida, é despejada uma quantidade pré-estabelecida de água mantendo-se uma lâmina d'água entre 10 e 15 mm. O tempo necessário para infiltração completamente a água é utilizado no cálculo do coeficiente de permeabilidade, conforme equação 1.



Figura 3 – Vedação entre anel e pavimento com massa de calafetar

$$K=(C \cdot m)/(d^2 \cdot t) \quad (1)$$

Sendo,

K: coeficiente de permeabilidade expresso em milímetros por hora (mm/h);

C: fator de conversão de unidades do SI, igual a 4.583.666.000;

m: massa de água infiltrada (kg);

d: diâmetro interno do cilindro expresso em milímetros (mm);

t: tempo necessário para toda a água percolar, expresso em segundos (s).

O ensaio foi realizado nos seis módulos na primeira semana após a construção, 6 meses e 12 meses após a construção. Após os 12 meses foi realizada uma limpeza superficial em todos os módulos com pressurizador de água da marca Tramontina®, modelo Master, pressão de saída máxima de 10,5 MPa (105 bar) a uma distância de 10 cm da superfície. A limpeza de cada módulo teve duração de 3 minutos. O ensaio de infiltração foi repetido na semana seguinte para verificar a taxa de recuperação dos pavimentos permeáveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os coeficientes de permeabilidade dos seis módulos para as condições de novo (recém-construído), 6 meses, 12 meses e após a recuperação com lava-jato estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Coeficiente de permeabilidade dos pavimentos analisados

Revestimento		Coeficiente de infiltração (cm/s)			Perda de eficiência (%)	Pós lavagem	Recuperação (%)
		Novo	6 meses	12 meses			
Intertravado Poroso	Pav 1	0.024	0.020	0.014	41.7	0.024	41.7
	Pav 2	0.030	0.014	0.008	73.3	0.025	56.7
Intertravado comum	Pav 3	0.013	0.009	0.003	76.9	0.004	7.7
	Pav 4	0.012	0.008	0.003	75.0	0.006	25.0
Concreto permeável	Pav 5	0.184	0.090	0.040	78.3	0.070	16.3
	Pav 6	0.202	0.124	0.152	24.8	0.155	1.5

Observa-se melhor desempenho do concreto permeável em todas as etapas, representado pelos módulos Pav 5 e Pav 6. O pavimento com pior infiltração foi o intertravado comum (Pav 3 e Pav 4). No entanto, o intertravado poroso surpreendeu ao apresentar um desempenho aquém do esperado, menos de 10% do concreto permeável quando novo. Como pode ser verificado na figura 4, a capacidade de infiltração dos módulos revestidos com concreto permeável é significativamente superior aos demais. É importante ressaltar que a norma NBR 16416 (2015) exige que pavimentos permeáveis apresentem um coeficiente de permeabilidade mínimo de 0,1 cm/s.

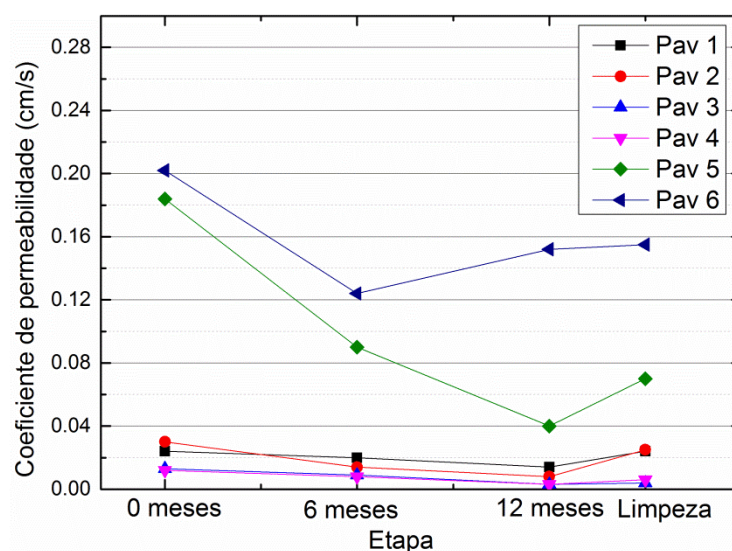


Figura 4 – Permeabilidade dos pavimentos ao longo do período analisado

Ao fim de 12 meses o pavimento com menor redução na capacidade de infiltração foi o Pav 6 revestido por concreto permeável (24,8%). O módulo que apresentou a maior redução foi o Pav 5 (78,3%), composto pelo mesmo revestimento. Como não houve trânsito sobre os pavimentos, essa divergência deve ter sido causada pela ação do vento ao direcionar mais quantidade de sedimentos

ao pav 5. Da mesma maneira, os pavimentos revestidos com intertravado poroso apresentaram uma pequena divergência quanto à redução da capacidade de infiltração após 12 meses, no entanto, foi o revestimento com melhor recuperação após aplicação da limpeza com lava-jato, Pav 1 recuperou toda a sua perda ao longo de 12 meses (41,7%) e o Pav 2 recuperou 56,7% dos 73,3% perdidos. Os pavimentos com concreto permeável apresentaram pouca recuperação em relação ao que haviam perdido, já constatado no momento da lavagem, pois se verificou dificuldade em retirar os finos ascendentes durante o processo de lavagem.

## CONCLUSÕES

Entre os revestimentos analisados, o concreto permeável foi o revestimento de melhor desempenho, seguido do intertravado poroso. A manutenção após 12 meses mostrou-se importante para a conservação da funcionalidade dos pavimentos permeáveis. Em apenas 12 meses a eficiência dos pavimentos reduziu significativamente, entre 25 e 80% do coeficiente de permeabilidade. A recuperação com lavagem sob alta pressão variou conforme tipo de revestimento. O pavimento que apresentou melhor recuperação foi o intertravado poroso.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015). *NBR 16416 – Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos*. São Paulo – SP, 25 p.

AZZOUT, Y., BARRAUD, S., CRES, F. N., ALFAKIH, E. (1994). *Techniques alternatives en assainissement pluvial*. Paris: Technique et Documentation – Lavoisier. 372 p.

CHOPRA, M.; et al. (2010). *Effect of rejuvenation methods on the infiltration rates of pervious concrete pavements*. Journal of Hydrologic Engineering, vol. 15, pp. 426-433.

COUGHLIN, J. P.; CAMPBELL, C. D.; MAYS, D. C. (2012). *Infiltration and clogging by sand and clay in a pervious concrete pavement system*. Journal Hydrology Engineering, vol 17, n. 1, pp. 68-73.

HEIN, M. F.; DOUGHERTY, M.; HOBBS, T. (2013). *Cleaning methods for pervious concrete pavements*. International Journal of Construction Education and Research, vol. 9, n. 2, pp. 102-116.

KIA, A.; WONG, H. S.; CHEESEMAN, C. R. (2017). *Clogging in permeable concrete: A review*. Journal Environmental Management, n. 193, pp. 221-233.

LIN, W.; PARK, D. G.; RYU, S. W.; LEE, B. T.; CHO, Y. H. (2016). *Development of permeability test method for porous concrete block pavement materials considering clogging*. Construction and building Material, vol. 118, pp. 20-26.

MARCHINI, M.; SILVA, C. O. (2010). *Pavimento intertravado permeável – melhores práticas*. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), São Paulo - SP, 24p.

RAZZAGHMANESH, M.; BEECHAM, S. (2018). *A review of permeable pavement clogging investigations and recommended maintenance regimes*. *Water*, vol. 10, n. 337, 9p.

SCHAEFER, V. R.; WANG, K.; SULEIMAN, M. T.; KEVERN, J. T. (2006). *Mix Design Development for Pervious Concrete in Cold Weather Climates*. Iowa State University, 83p.

TONG, B. (2011). *Clogging Effects of Portland Cement Pervious Concrete*. Dissertação (mestrado), Iowa State University, 188p.