

# **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DRENANTE DO PAVER COM JUNTAS ALARGADAS E DO SISTEMA DRENANTE**

Cecília de Castro Bolina<sup>1</sup>  
Ramon Santos do Couto<sup>2</sup>  
João Marcos Sousa Andrade<sup>2</sup>  
Helen Oliveira Tenório<sup>3</sup>  
Marcelus Isaac Lemos Gomes<sup>4</sup>

## **RESUMO**

O objetivo do presente trabalho é contribuir para o estudo de drenagem de sistema de piso pré-moldado, aumentando o raio das juntas das peças de concreto e, conseqüentemente, a área de percolação existente entre os pisos, desenvolvendo uma estrutura drenante de acordo com a norma NBR 16416. Confeccionado com uma mísula de 9,40 mm, o paver apresentou área vazada de 9,10%, se encaixando no intervalo de 7 a 15% recomendado pela norma, ao utilizar pedrisco como rejunte. Constatou-se que esse conjunto possui seis vezes o coeficiente de permeabilidade mínimo recomendado pela norma. Com base nos resultados do simulador de chuva, para uma área de drenagem de 1 m<sup>2</sup> e uma área de contribuição de 3 m<sup>2</sup>, uma chuva para a região metropolitana de Goiânia com retorno de 10 anos, ocasionando uma vazão de 148,5 litros por hora na área drenante, não ocasionaria escoamento superficial, mesmo ao extrapolar a vazão para cerca de 759 litros por hora.

Palavras-chave: peça de concreto com mísulas alargadas, paver permeável, capacidade de drenagem.

## **CONTRIBUTION TO THE STUDY OF PERMEABLE PAVEMENT: EVALUATION OF DRAINAGE CAPACITY OF PAVER WITH ENLARGED JOINTS AND DRAINAGE SYSTEM**

### **ABSTRACT**

This paper objective is to contribute to the study of drainage of precast floor system, increasing the radius of joints of the concrete parts and, consequently, the percolation area existing between the floors, developing a drainage structure according to the NBR 16416. Made with a 9.40 mm shell, the paver had an 9.10% cast area, falling within the range of 7 to 15% recommended by the standard, when using hail as a grout, it was evaluated that this set has six times the minimum permeability coefficient recommended by the standard. It was found that this set has six times the minimum permeability coefficient recommended by the standard. Based on the results of the rainfall simulator, for a drainage area of 1 m<sup>2</sup> and a contribution area of 3 m<sup>2</sup>, a rainfall for the metropolitan region of Goiânia with a return of 10 years, causing a flow of 148.5 liters per hour in the drainage area, would not cause surface runoff, even when extrapolating the flow to about 759 liters per hour.

Keywords: piece of concrete with enlarged shells, permeable paver, drainage capacity.

Recebido em 13 de janeiro de 2019. Aprovado em 22 de fevereiro de 2019.

<sup>1</sup> Professora Dra. da Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí

<sup>2</sup> Engenheiro Civil PUC GOIÁS

<sup>3</sup> Professora PUC Goiás e Engenheira Civil da Goiarte

<sup>4</sup> Professor PUC Goiás e Engenheira Civil da UFG Goiânia

## INTRODUÇÃO

Com o grande crescimento das regiões metropolitanas, depara-se com problemas de impermeabilização do solo e, conseqüentemente, inundações do ambiente urbano. Vários fatores colaboram para a má eficiência da drenagem urbana, sobrecarregando todo o conjunto de drenagem. Entre esses fatores, pode-se citar a ampla utilização de pavimentação impermeável como asfaltos e calçamentos de concreto maciço que sobrecarregam o sistema de drenagem pluvial. Sistemas permeáveis permitem uma diminuição do volume do escoamento superficial aliviando o sistema de drenagem urbana (Boogard *et al.*, 2014; Gonçalves; Oliveira, 2014).

O aumento da densidade de ocupação por edificações e obras de infraestrutura viária, por sua vez, traz como conseqüências diretas o acréscimo das áreas impermeáveis, modificações no sistema de drenagem anteriormente existente, incremento das velocidades de escoamento superficial reduzindo os tempos de pico de enchentes, amplificando esses picos e reduzindo as vazões de recarga do lençol (Andrade Filho *et al.*, 2000; Marchioni, 2018).

É possível notar que a utilização do piso pré-moldado, paver, ou pavimento intertravado, cresce cada vez mais no Brasil, a sua facilidade de assentamento e percepção estética associado com a grande facilidade de manutenção, o torna uma ótima opção arquitetônica para pavimento em praças, áreas de lazer, parques, área de passeio, estacionamentos, pátios industriais, ciclovias, jardins, entre outros (Wiebbelling, 2015; Marchioni; Becciu, 2015).

A construção de pavimentos permeáveis visa aliviar o então já sobrecarregado, sistema de drenagem urbana. Esses dispositivos atuam como uma técnica alternativa para o aumento da permeabilidade do solo urbano, tornando-se uma ferramenta de drenagem (Virgiliis, 2009; Sample, 2013).

O sistema tradicional de construção de pavimento de paver considera o assentamento das peças intertravadas em uma camada de areia sob uma base compactada. Para auxiliar o assentamento e o intertravamento, o paver do tipo platô possui em suas faces laterais juntas. Ao aumentar o raio das juntas dos pisos e adaptar a estrutura do pavimento, inserindo vazios, há a possibilidade de transformar a peça tradicional em um piso drenante (Figura 1), quanto maior o raio, maior a área de percolação da água (Tem Sustentável, 2018).

**Figura 1** – Paver do tipo Platô com juntas alargadas



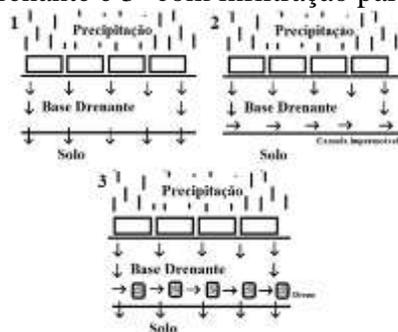
Fonte: Tem Sustentável (2018)

A estrutura do pavimento drenante não é muito diferente dos pavimentos clássicos. O volume de vazios é o valor fundamental para a boa funcionalidade do sistema, por isso, para realizar o dimensionamento das camadas de suporte são utilizados agregados com distribuição

granulométrica descontínua, o que favorece uma maior existência de vazios no conjunto (Araújo *et al.*, 2000; Silva, 2012).

Entre as inúmeras características da estrutura drenante, pode-se citar três: a) Sistema que permite uma absorção parcial e imediata da água pluvial pelo solo, e o restante fica “armazenada” nas camadas e percola ao decorrer do tempo o que contribui para a recarga dos sistemas hídricos subterrâneos (Figura 2.1); Sistema drenante com a finalidade de desviar ou canalizar o fluxo de água para outra região, evitando que algumas regiões permaneçam inundadas com a presença de água (Figura 2.2); Sistema drenante com infiltração parcial (Figura 2.3), o solo não possui uma grande capacidade de drenagem, e em determinado ponto, ele satura e a taxa de infiltração diminui, para evitar que o pavimento e a área fiquem inundados na presença de uma chuva muito intensa, parte da água é canalizada e desviada para outra região (Virgiliis, 2009; Hein, 2014; Silva, 2016).

**Figura 2** – Esquema do sistema drenante, 1- com infiltração da água no solo, 2- com camada impermeável ao fundo da base drenante e 3- com infiltração parcial



Fonte: Virgiliis (2009)

O objetivo do presente trabalho é contribuir para o estudo de drenagem de sistema de piso pré-moldado, aumentando o raio das juntas das peças de concreto e, conseqüentemente, a área de percolação existente entre os pisos, desenvolvendo uma estrutura drenante com base nas normas vigentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa da pesquisa consistiu na seleção e caracterização dos agregados que serão utilizados no rejunte de assentamento, base, sub-base do sistema drenante e no dimensionamento da mísula para adaptação do equipamento utilizado na produção da peça pré-moldada de concreto.

A caracterização dos agregados foi feita de acordo com as normas: Agregados - Determinação da composição granulométrica, NBR NM 248; Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75  $\mu\text{m}$ , por lavagem, NBR NM 46; Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente, NBR NM 52; e Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água, NBR NM 53 (ABNT, 2001, 2009a, 2009b, 2009c).

Para determinar a intensidade de chuva, utilizaram-se dados, para a cidade de Goiânia, (Tabela 1). A intensidade máxima média de precipitação será estimada com duração recomendada pela NBR 16416 de uma hora e retorno mínimo de 10 anos (ABNT, 2015).

**Tabela 1 – Cálculo de Intensidade de Chuva para Goiânia**

Tempo de retorno (anos)	Tempo de duração da chuva (minutos)	Intensidade (mm/h)
10	60	49,5
15	60	52,5
20	60	54,7
30	60	57,9
60	60	63,9

Utilizado o item B.3 do anexo B da NBR 16416 para o dimensionamento hidráulico da altura da base granular com camada impermeável ao fundo da base drenante. O dimensionamento foi dado pela utilização da Equação 1 (ABNT, 2015).

$$H_{m\acute{a}x} = \frac{\Delta Q_c R + P - f T_e}{V_R} \quad (\text{m}) \quad (1)$$

Onde,

$H_{m\acute{a}x}$  - é a espessura total da camada reservatório, expressa em metros (m);

$\Delta Q_c$  - é a precipitação excedente da área de contribuição para uma dada chuva de projeto, expressa em metros (m);

$R$  - é a relação entre as áreas de contribuição e a área de pavimento permeável ( $A_c/A_p$ );

$A_c$  - é a área de contribuição, expressa em metros quadrados ( $m^2$ );

$A_p$  - é a área de pavimento permeável, expressa em metros quadrados ( $m^2$ );

$P$  - é a precipitação de projeto, expressa em metros (m);

$f$  - é a taxa de infiltração do solo, expressa em metros por hora (m/h);

$T_e$  - é o tempo efetivo de enchimento da camada reservatório, geralmente igual a 2 horas, expresso em horas (h); e

$V_r$  - é o índice de vazios da camada.

O dimensionamento da estrutura drenante foi determinado com base nas curvas granulométricas da norma NBR 16416 dos agregados selecionados para o presente estudo (ABNT, 2015).

O cálculo da largura das juntas (Figura 6) foi realizado conforme o item 6.6 da norma NBR 16416, a área de percolação das juntas alargadas ou áreas vazadas entre peças de concreto deve corresponder a uma área no intervalo entre 7 a 15% em relação à área total, correspondente à metade da espessura dos espaçadores de cada peça. A área de percolação deve ser calculada de acordo com a Equação 2 (ABNT, 2015).

## ***Aperc***

$$= \frac{A_{ext} - (A_{int} + A_{esp})}{A_{ext}} \quad (\text{mm}) \quad (2)$$

Onde:

$A_{perc}$  - é a área de percolação, expressa percentual;

$A_{ext}$  - é a área externa, expressa em milímetros (mm);

$A_{int}$  - é a área interna, expressa em milímetros (mm); e

$A_{esp}$  - é a área do espaçador, expressa em milímetros (mm).

A área externa deve ser calculada somando-se ao comprimento e à largura das peças, a metade da espessura dos espaçadores ( $e/2$ ) em cada uma das direções; A área do espaçador deve ser calculada considerando-se toda a largura e espessura ( $e$ ) dos espaçadores conforme a Figura 3.

**Figura 3** – Detalhe dos espaçadores do paver platô



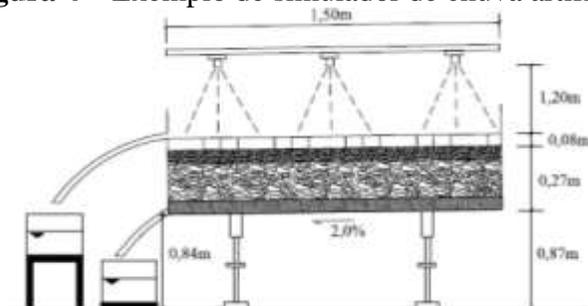
Fonte: ABNT (2015)

As peças para pavimentos pré-moldadas de concreto foram produzidas por vibro-prensa hidráulica. Moldou-se peças pré-fabricadas normatizadas, Pavers tipo I, Platô de 60 mm, resistência a compressão superior ou igual a 35 MPa, de acordo com os requisitos 4, 5.4 e 5.6 da norma NBR 9781. Para determinação dos valores de resistência característica da peça, realizou-se ensaio de resistência à compressão em seis amostras (ABNT, 2013).

Com aumento da mísula lateral situada nas paredes da peça, possibilitou uma distância maior entre blocos. Essa junta tem a função de espaçador, aumento a área de percolação da água da chuva. Para determinar o coeficiente de permeabilidade do pavimento permeável, a normativa NBR 16416, traz em seu Anexo A, procedimentos para determinação do coeficiente. Para está de acordo, o pavimento deve possuir uma velocidade de escoamento superior a  $10^{-3}$  m/s (ABNT, 2015).

Foi construído um simulador de chuva adaptado, com base no esquema da Figura 4, possibilitando a realização de ensaio para determinação da permeabilidade do sistema através da infiltração da água na estrutura de um pavimento teste montado em escala reduzida. No ensaio mediu-se a vazão de escoamento da água pela estrutura do sistema drenante (Karasawa; Suda, 1996).

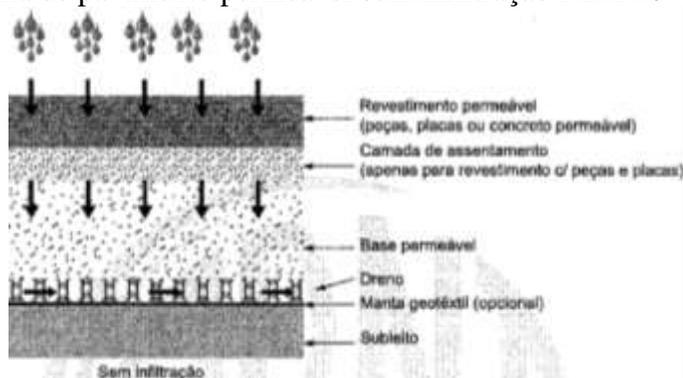
**Figura 4** – Exemplo de simulador de chuva artificial



Fonte: Karasawa; Suda (1996)

A seção da estrutura drenante dentro do simulador foi construída conforme o exemplo citado pela norma NBR 16416:2015 (Figura 5), sistema de drenagem sem infiltração no solo (ABNT, 2015).

**Figura 5** – Sistema de pavimento permeável sem infiltração NBR 16416 (ABNT, 2015).



O simulador foi confeccionado em uma estrutura metálica com chapas laterais de aço e uma das faces em vidro temperado incolor, facilitando a identificação das camadas e a análise visual do comportamento do escoamento da água no sistema. O fundo do constituiu-se de duas chapas metálicas para facilitar o direcionamento do fluxo para o cano de dreno. Sobre essas placas foi colocado um geocomposto leve flexível para drenagem, cujo núcleo drenante é constituído por uma geomanta tridimensional com espessuras de 10 mm, essa manta tem função direcionar a água que atravessou o sistema drenante para o dreno. Para simular a chuva, utilizaram-se canos de 25 mm de diâmetro com furos para dispersar de forma homogênea a água sob o sistema.

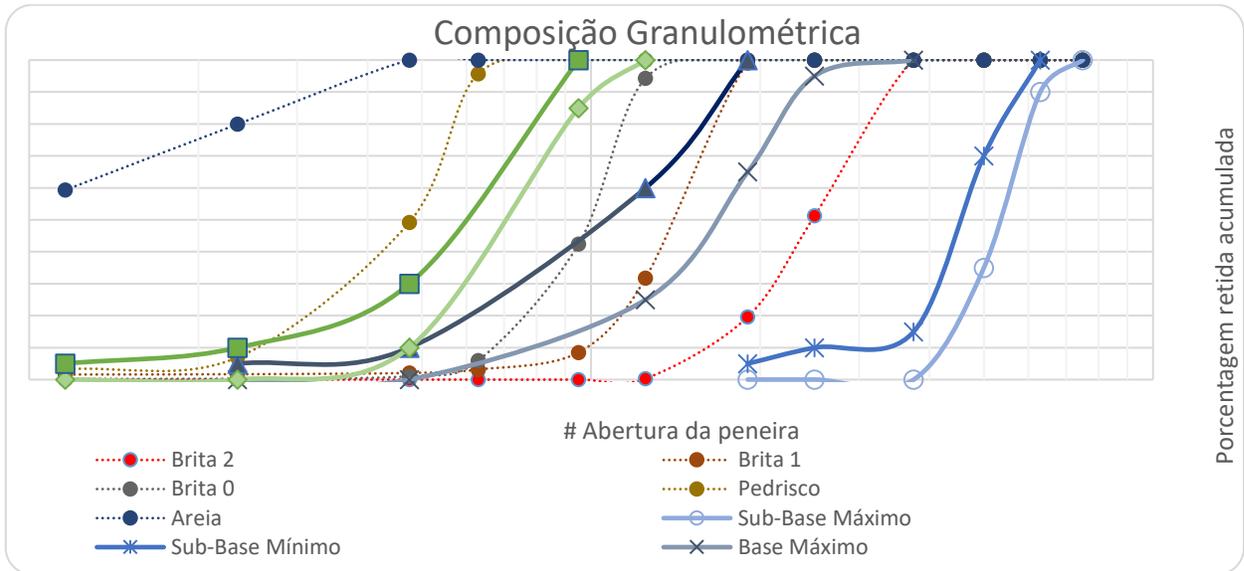
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo as recomendações de ensaios das respectivas normas, observou-se que pela granulometria da areia artificial média comercializada na região metropolitana de Goiânia, não atenderia as curvas recomendadas para o material de rejuntamento e assentamento do piso drenante, por está “distante” dos limites recomendados pela normativa, conforme apresentado na Figura 6.

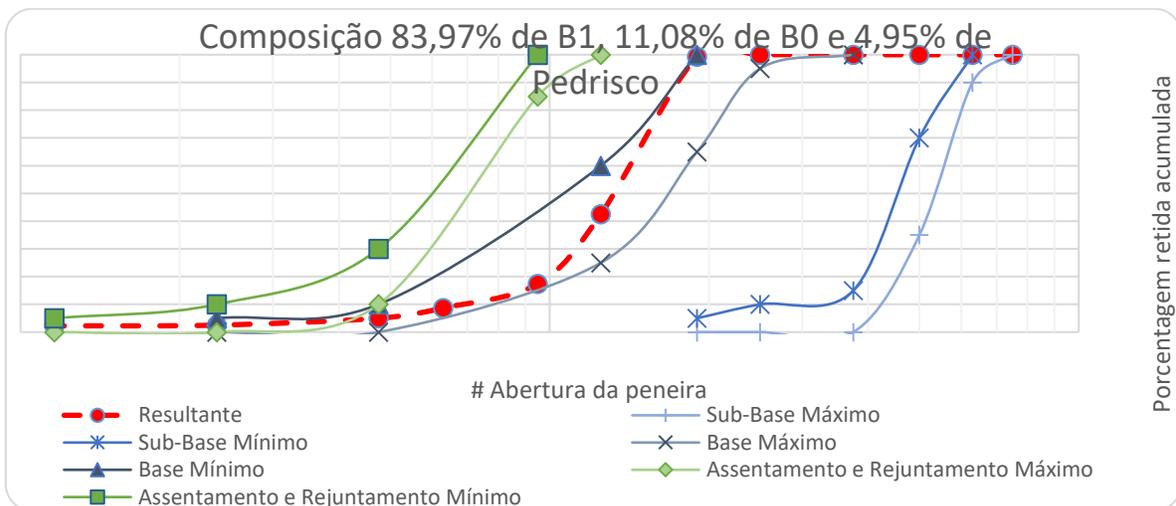
Ao observar a Figura 6, avaliou-se também, que os demais agregados disponíveis no mercado, não se encontram dentro das curvas recomendadas, portanto, houve a necessidade de

realizar misturas (Figuras 7 e 8) entre os agregados a fim de encontrar as melhores proporções que atendessem a norma.

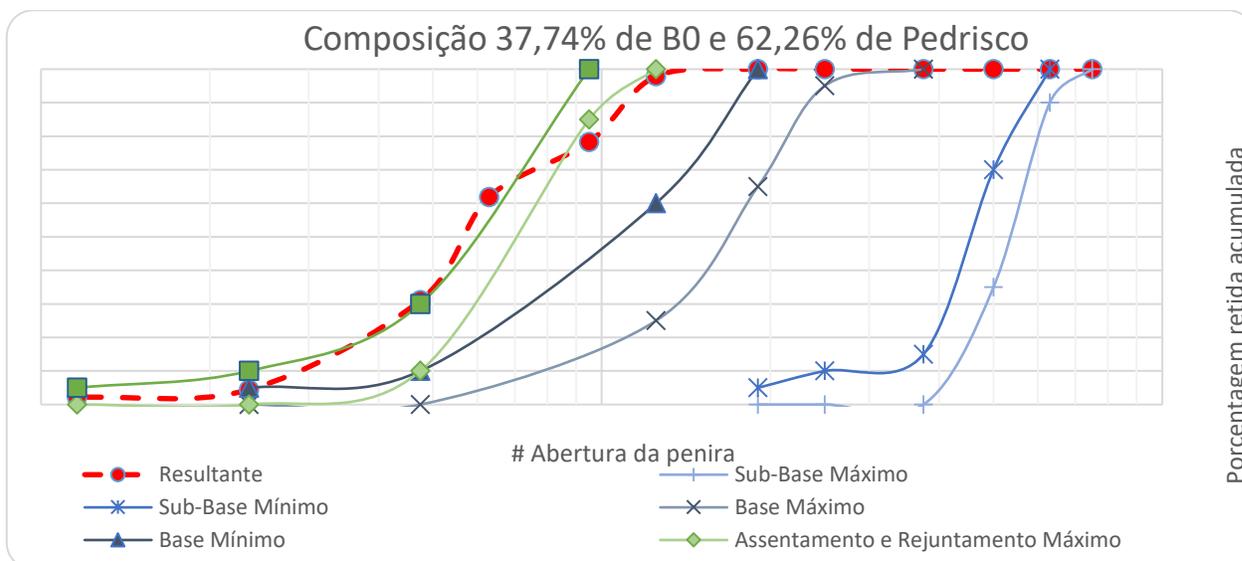
**Figura 6** – Composição granulométrica dos agregados comercializados na região Metropolitana de Goiânia, e curva granulométrica para as camadas recomendadas pela NBR 16416 (ABNT, 2015).



**Figura 7** – Composição granulométrica da mistura dos agregados para melhor atender a recomendação da camada base segundo a NBR 16416 (ABNT, 2015).



**Figura 8** – Composição granulométrica da mistura dos agregados para melhor atender a recomendação da camada de assentamento e rejuntamento segundo a NBR 16416 (ABNT, 2015).



Determinou-se que as misturas mais adequadas para a camada de base seria de 83,97 % de brita 1, 11,08% de brita 0 e 4,95% de pedrisco. Ao realizar o ensaio de índice de vazios da NBR NM 45, observou-se que a mistura possui o índice de vazio de 40,54% superior aos 32,00% recomendado pela NBR 16416. Já para as camadas de assentamento e rejuntamento foi obtido uma composição de 37,74% de brita 0 e 62,26% de pedrisco (ABNT, 2006, 2015).

Houve a necessidade de realizar adaptações na forma da vibro-prensa para realizar a moldagem dos corpos de prova dos pisos drenantes, constatou-se que as novas medidas do paver foram de 100 x 200 mm com a mísula de 9,40 mm de raio (Figura 9).

**Figura 9** – Forma adaptada para atender aos pré-requisitos de área de percolação conforme a norma ABNT NBR 16416 (ABNT, 2015).



Seguindo a recomendação para cálculo da área de percolação segundo o item 6.6 da norma NBR 16416, Equação 2, encontrou-se que a área vazada entre as peças de concreto é de 9,10%, estando assim dentro do intervalo de 7 a 15% em relação a área total recomendado pela normativa. Para o cálculo, adotou-se como área externa 2.2908,36 cm<sup>2</sup>, área interna de 20.000,00 cm<sup>2</sup> e área somada dos espaçadores de 1.018,26cm<sup>2</sup> (ABNT, 2015).

Após moldadas e curadas, Figura 10, as amostras foram encaminhadas ao ensaio de ruptura a compressão; atendendo aos três dias de idade, o requisito de resistência superior aos 35 MPa recomendados pela normativa NBR 9781 (ABNT, 2013).

**Figura 10** – Amostras moldadas de acordo com a norma NBR 16416 e NBR 9781 (ABNT, 2013, 2015).

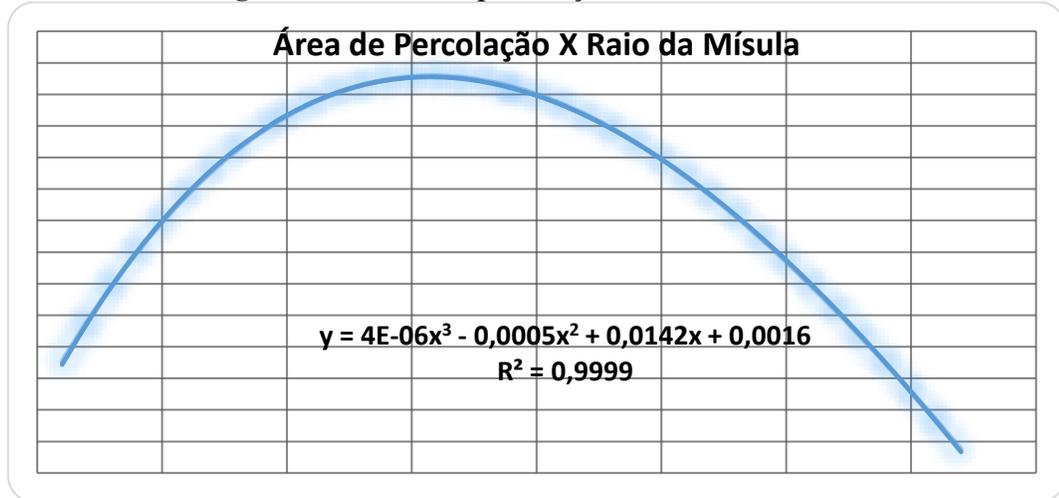


O item 6.5 da normativa NBR16416 recomenda que a dimensão máxima característica ( $D_{máx}$ ) do agregado utilizado para o rejunte da peça, tenha 1/3 da largura da junta. O limite inferior recomendado para a camada da base e rejuntamento possui o  $D_{máx}$  de 6,3 mm, logo para atender ao item 6.5 da norma, o paver teria que possuir uma mísula com raio de 18,9 mm. Na Figura 11 verifica-se que a mísula seria desproporcional ao corpo do paver, por conta da distância entre as suas extremidades, o que poderia provocar uma possível rotação quando as peças estivessem sujeitas a esforços cisalhantes causados pelo tráfego de veículos ou cargas pontuais excêntricas ao corpo da peça (ABNT, 2015).

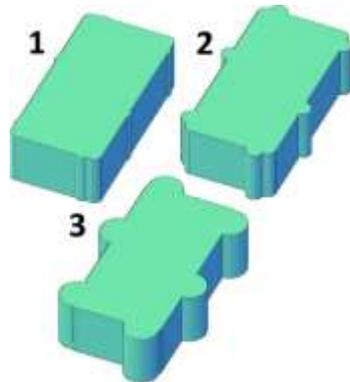
A mísula adotada no trabalho tem o raio de 9,40 mm, 1/3 é o equivalente a 3,13 mm, valor este que deveria ser o  $D_{máx}$  do agregado utilizado para o rejunte do piso. Portanto, um agregado com essa dimensão estaria fora do limite inferior recomendado pela norma NBR 16416 (ABNT, 2015).

Ao determinar a área de percolação pela Equação 2 usando o raio de 18,9 mm, para o limite inferior da norma, tem-se uma área de percolação de 10,20%; ao adotar uma mísula de 9,4 mm e obteve-se uma área de percolação de 9,10%, Figura 12. Logo, reduzindo a distância entre os paver pela metade, deixando suas extremidades mais próximas e ganhando um maior intertravamento do sistema, houve uma perda de aproximadamente 1% de área de permeabilidade da peça.

**Figura 11** – Área de percolação vs. Raio da mísula.



**Figura 12** - Paver comum com mísula de 2 mm de raio, 2 – Paver estudado no presente trabalho com mísula de 9,4 mm de raio, e 3 – Paver com mísula calculada para tender o item 6.5 da NBR 16416 (ABNT, 2015), 18,9 mm de raio.



Com base no Anexo A NBR 16416, na Figura 13 determinou-se que o piso e o material de rejuntamento (pedrisco) possuem o coeficiente de permeabilidade de  $6,16 \times 10^{-3}$  m/s, valor esse superior aos  $10^{-3}$  m/s recomendado no item 6.7.1 dessa mesma norma. Mesmo sem atender a recomendação do item 6.5 dessa mesma normativa, o material de rejunte possibilitou resultado do coeficiente superior ao recomendado e visualmente o agregado acomodou bem na área de percolação (ABNT, 2015).

**Figura 13** – Amostras moldadas de acordo com as normas NBR 16416 (ABNT, 2015) e NBR 9781 (ABNT, 2013).



Utilizando Equação 1, para uma chuva na cidade de Goiânia de 49,5 mm (60 min com o tempo de retorno de 10 anos) e seguindo a recomendação de que o tempo efetivo de enchimento da camada reservatório igual a 2 horas, determinou-se que será utilizado uma área de contribuição duas vezes a área drenante, o simulador foi feito para possuir uma área drenante de 1,0 m<sup>2</sup>, logo a área de contribuição será de 2,0 m<sup>2</sup>, o sistema adotado desconsidera a infiltração do solo por ser considerado impermeável, e por último, adotou-se o índice de vazios da mistura para a base, 40,54%. Para as condições simuladas, observou-se que a altura deverá ser de 36,6 cm para a camada de base, e os outros 5 cm para a camada de assentamento (Figura 14).

**Figura 14** – Camadas do simulador.



Para simular a chuva da área drenante e da área de contribuição, adotou-se uma vazão de 148,5 litros por hora, sendo 49,5 litros pela área drenante (chuva de 10 anos de retorno) e 99,0 litros pela área de contribuição. Durante todo o ensaio, observou-se que não houve escoamento superficial, com a chuva de 10 anos de retorno, a estrutura levou 66,9 minutos para o nível d'água atingir o nível superior do piso, logo o reservatório tem a capacidade de suportar aproximadamente 170 litros. Visando encontrar a máxima precipitação sem que haja escoamento superficial, usou-se a maior vazão fornecida pelos equipamentos do laboratório, vazão equivalente a uma chuva de 759 mm/h e não houve o surgimento de lâmina d'água durante o ensaio.

Após o reservatório cheio, abriu-se o registro para a saída da água e obteve-se uma vazão de saída máxima de 864 litros por hora, equivalente a aproximadamente 5 vezes a chuva de projeto.

O aumento do espaçador do pré-moldado de concreto em conjunto a utilização de material granular como rejunte, pode apresentar valores de velocidade de escoamento superiores aos recomendados. Com uma resistência de no mínimo 35 MPa, as peças atendem a solicitações de cargas oriundas de veículos, possibilitando a utilização do bloco em áreas de estacionamento e circulação de veículos.

## CONCLUSÕES

Métodos convencionais de assentamento do paver utilizam como rejunte a areia média, mas, para o pavimento drenante, recomenda-se a utilização de materiais granulares com distribuição granulométricas abertas, pois estes garantem melhores velocidades de escoamento.

Há uma dificuldade de encontrar agregados que se encaixem perfeitamente aos limites recomendados para a camada de base, assentamento e rejunte do bloco. Observou-se que para atender as zonas granulométricas recomendadas, haveria a necessidade de realizar composições (misturas) entre diferentes materiais granulares, dificultando o processo executivo. Facilitaria o processo executivo desse sistema de piso drenante caso a norma aumentasse os limites recomendados para a base e sub-base e rejunte, e adotasse como  $D_{máx}$  valores ligeiramente inferiores ao raio da mísula.

Observou-se que para as condições metrológicas simuladas, o pavimento e estrutura apresentaram bons resultados enquanto a velocidade de percolação. Não ocorreu escoamento superficial para a chuva de projeto e para uma condição extrapolada da chuva. A norma traz recomendações suficientes para o dimensionamento da estrutura e das peças drenantes, todavia, os limites recomendados são restritos dificultando a utilização de agregados que contem a curva granulométrica fora dessas faixas.

A utilização de sistemas drenantes, projetados para as condições da região e que possuem mecanismos para dispersar a água armazenada após os picos de chuva, podem contribuir significativamente para o alívio dos sistemas públicos de drenagem e para a redução de pontos de alagamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46: 2001.** Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45: 2006.** Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: 2009.** Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52: 2009.** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53: 2009.** Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781: 2013.** Peças de concreto para pavimentação - Especificações e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416: 2015.** Pavimentos permeáveis de concreto - requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ANDRADE FILHO, A. G.; SZÉLIGA, M. R.; ENOMOTO, C. F. **Estudo de medidas não-estruturais para controle de inundações urbanas.** Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias, v. 6, n. 1, p. 69-90, 2000.

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C.E.M.; GOLDENFUM, J.A. Avaliação da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução de Escoamento Permeável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** Volume 5. N.3. Jul./Set. 2000, p. 21-29.

BOOGAARD, F.; LUCKE, T.; BEECHAM, Simon. Effect of Age of Permeable Pavements on Their Infiltration Function. **Clean - Soil, Air, Water.** 2014, 42 (2), 146–152.

GONÇALVES, A. B.; OLIVEIRA, R. H. Pavimentos Permeáveis e sua influência sobre a Drenagem. Seminários. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PHA2537 – Água em Ambientes Urbanos. São Paulo, 2014.

HEIN, D. K. Permeable Pavement Design and Constructio Case Studies in North America. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/290946871>. Acessado em: 12 de janeiro de 2019.

KARASAWA, A.; SUDA, S. Characteristics of New Type Permeable Concrete Block Paving System. **5th International Concrete Block Paving Conference**, Tel-Aviv – Israel, 1996.

MARCHIONI, M.; BECCIU, G.. Experimental Results on Permeable Pavements in Urban Areas: A Synthetic Review. **Int. J. Sus. Dev. Plann.** Vol. 10, N°. 7 (2015) 806–817.

MARCHIONI, M. **Pavimentos permeáveis: uma alternativa sustentável para redução de riscos de inundação.** Editora ABCP. São Paulo, 2018.

SAMPLE, D. J. **Best Management Practice Fact Sheet 7: Permeable Pavement.** Virginia Cooperative Extension. Virginia Polytechnic Institute and State University, 2013.

SILVA, F. B. Sistemas Construtivos: Pavimentos de concreto permeável. **Revista Técnica.** Edição 190 - Novembro/2012.

SILVA, A.M.S. Determinação da eficiência de drenagem para um pavimento intertravado de concreto permeável sob diferentes intensidades de precipitação. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pampa. 73 p. Alegrete, 2016.

TEM SUSTENTÁVEL. Pavimento permeável retangular com juntas alargadas. Disponível em: <http://www.temsustentavel.com.br/pisos-versateis-e-economicos/05-pavimento-permeavelretangular-com-juntas-alargadas/>. Acessado em: 01 de junho de 2018.

VIRGILIIS, A. L. C. Procedimentos de Projeto e Execução de Pavimentos Permeáveis Visando Retenção e Amortecimento de Picos de Cheia. São Paulo, 2009. 187 p. Dissertação – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de São Paulo, 2009.

WIEBBELLING, P. O. G. Pavimento com blocos intertravados de concreto: Estudo de caso na UNIVATES. Monografia - Centro Universitário UNIVATES. 73 p. Lajeado, 2015.