



INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO AGREGADO GRAÚDO NAS PROPRIEDADES DE PEÇA DE CONCRETO PERMEÁVEL

Palavras-Chave: Pavimentos permeáveis, Materiais e componentes da construção, Peça de concreto permeável

Autores:

CAIO NEMITZ WOLLENWEBER, FT - UNICAMP

Prof^a. Dr^a. ROSA CRISTINA CECHE LINTZ (orientadora), FT - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A rápida expansão dos grandes centros urbanos, quando não orientada por um devido planejamento, pode acarretar grandes problemas sociais e econômicos em razão de enchentes e alagamentos, decorrentes da impermeabilização do solo. Soluções para restituir a capacidade do solo de absorver água são necessárias para solucionar ou minimizar as ocorrências de enchentes e todos os danos sociais e econômicos que as acompanham (SANICOLA; LUCKE; DEVINE, 2018). O concreto permeável, objeto deste estudo, é um material alternativo obtido pela mistura de água, cimento e agregados graúdos. Seu alto índice de vazios é capaz de promover uma infiltração de água superior à dos concretos convencionais (BATEZINI et al., 2021; SÁNCHEZ-MENDIETA; GALAN; MARTINEZ-LAGE, 2021). Este estudo aborda a influência do diâmetro do agregado nas propriedades mecânicas e hidráulicas do concreto.

METODOLOGIA:

Este estudo foi desenvolvido em 4 etapas:

- Etapa 1 - revisão bibliográfica;
- Etapa 2 - coleta dos materiais e caracterização física dos agregados de acordo com as normas brasileiras;
- Etapa 3 - desenvolvimento e moldagem de um traço de referência de piso permeável de concreto e variação da granulometria do agregado graúdo em outros dois traços;
- Etapa 4 - realização dos ensaios experimentais, determinação da resistência à compressão, determinação do coeficiente de permeabilidade e análise dos resultados.

Foi utilizado o método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) para determinação do traço de referência, em massa, de 1: 3,22: 0,55 (cimento: brita: água). A partir deste traço foram

produzidos 2 diferentes traços, variando-se a granulometria da brita utilizada, conforme ilustrado na Tabela 1.

Traço	Cimento	Brita	
		9,5 mm	19 mm
T1	1	3,22	0
T2	1	1,61	1,61
T3	1	0	3,22

Tabela 1 – Traços, em massa, empregados nesta pesquisa.

No estado fresco do concreto foi realizada a determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, segundo a ABNT NBR 16889:2020, conforme Figura 1.

No estado endurecido do concreto foram realizados os seguintes ensaios:

- determinação da resistência à compressão segundo a ABNT NBR 16416:2015;
- determinação do coeficiente de permeabilidade, por meio do permeâmetro de carga constante.



Figura 1: Ensaio de abatimento do concreto

O coeficiente de permeabilidade é um parâmetro expresso em cm/s, ou mm/s, que fornece a velocidade com a qual a água percola em um dado material. Utilizou-se para a determinação da permeabilidade do concreto um equipamento, exibido na Figura 2.

O funcionamento do equipamento se dá pelo princípio de carga variável. Um tubo com altura de 100 cm é colocado sobre o corpo de prova e enchido com água, formando uma coluna de água conhecida. Uma válvula é colocada no sistema logo abaixo do corpo de prova para controlar o fluxo d'água. Assim que aberta a válvula, com um cronômetro mede-se o tempo para que a coluna de água de 100 cm percole pela amostra, saindo pelo outro cano de diâmetro menor.

O coeficiente de permeabilidade é obtido a partir da seguinte equação 1:

$$k = \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \cdot \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (1)$$

onde:

- k: coeficiente de permeabilidade (cm/s);
- a: área da seção transversal do tudo (cm²);
- L: altura da amostra (cm) descanso
- t: tempo (s);
- h₁: nível d'água inicial (cm);
- h₂: nível d'água final (cm).



Figura 2: Permeâmetro de carga variável

Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância (One Way ANOVA) e tabulados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

No estado fresco do concreto a consistência para os traços estudados foi de 130 mm para o traço T1 e 0 mm para os traços T2 e T3.

1. Resistência à compressão

Os resultados do ensaio de compressão das peças de concreto permeável sugerem que quanto menor o agregado, maior é sua resistência à compressão, conforme Tabela 2. Aos 28 dias de cura, os corpos de prova moldados com a brita 0 obtiveram uma resistência estimada 13% maior que aquela alcançada pelas peças moldadas com a brita 1 e 7% maior em comparação as peças moldadas com partes iguais de brita 0 e 1.

TRAÇO	Resistência à compressão estimada (MPa)	Cura (dias)
Traço 1	30,86	7
Traço 2	28,85	
Traço 3	28,09	
Traço 1	38,98	28
Traço 2	36,55	
Traço 3	34,55	

Tabela 2: Resistência à compressão estimada.

2. Permeabilidade

A permeabilidade foi significativamente maior para os corpos de prova produzidos com a brita 1, devido ao maior índice de vazios. Embora os dois outros traços tenham alcançado coeficientes de permeabilidade próximos, o Traço 1, produzido com brita 0 obteve resultados um pouco melhores que o Traço 2, conforme Tabela 3.

TRAÇO	Permeabilidade aos 28 dias de cura (cm/s)
Traço 1	0,30
Traço 2	0,25
Traço 3	0,56

Tabela 3: Resultados do ensaio de permeabilidade.

A norma ABNT NBR 16416:2015 estabelece que a resistência à compressão mínima do concreto permeável deve ser, aos 28 dias, 20 MPa para pavimentos sujeitos a solicitação leves e de tráfego de pedestre e o coeficiente de permeabilidade deve ser maior que 10^{-3} m/s.

CONCLUSÕES:

Agregados de dimensões maiores geraram concretos mais porosos, isto é, com mais espaços vazios em seu interior. Por um lado, a maior porosidade provou ser determinante para ganhos de permeabilidade, por outro, é responsável por tornar o concreto menos resistente às solicitações de compressão. Outro fator que pode ter gerado uma queda de resistência desses corpos de prova é a má distribuição da pasta de cimento, que se acumulou em determinada região do corpo de prova, como pode ser observado na Figura 3, gerando possíveis pontos de fragilidade.

O processo de hidratação do cimento promoveu um ganho de resistência de 26%, 27% e 23% para os traços T1, T2 e T3 respectivamente, durante o intervalo de 7 e 28 dias de cura, mantendo a tendência entre eles.

O acúmulo de pasta de concreto também ocorreu na base dos corpos de prova cilíndricos, obstruindo a saída de suas cadeias de poros e restringindo sua capacidade de drenagem, resultando coeficientes de permeabilidade abaixo do esperado. Entretanto, os valores de coeficiente de permeabilidade para todos os traços ensaiados superaram o mínimo de 10^{-3} m/s exigido pela ABNT NBR 16416:2015.

Figura 3: Exemplo de algumas amostras produzidas.



BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416 - Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

BATEZINI, R. et al. Experimental appraisal for characterizing laboratorial and field performance parameters of pervious concrete pavement. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.21, n. 2, p. 177-194, abr. 2021.

SÁNCHEZ-MENDIETA, C.; GALAN, J.J.; MARTINEZ-LAGE, I. Physical and Hydraulic Properties of Porous Concrete. *Sustainability*, v.13, n. 10562, out. 2021.

SANICOLA, O.; LUCKE, T.; DEVINE, J. Using permeable pavements to reduce the environmental impacts of urbanization. *International Journal of GEOMATE*, v.14, n. 41, p. 159-166, jan. 2018.