

## Desempenho do agregado graúdo no concreto poroso

### Coarse aggregate performance on porous concrete

**João Matheus de Almeida Delgado**  
[joaodelgado@alunos.utfpr.edu.br](mailto:joaodelgado@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

**Sergio Tunis Martins Filho**  
[sergiotunis@utfpr.edu.br](mailto:sergiotunis@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

#### RESUMO

A tecnologia do concreto poroso tem sido cada vez mais pesquisada e sua aplicação crescendo a cada dia nas áreas urbanas de todo o mundo. A porosidade faz deste material uma excelente alternativa aos problemas apresentados por diversas cidades quanto à drenagem de água, contribuindo para o controle de enchentes, diminuição de ilhas de calor, barreira acústica e outras aplicações. Nesta campanha experimental foram estudados cinco traços de concreto poroso com baixa porosidade, média de 6,5%, e cada um com diferentes diâmetros do agregado graúdo, de modo a analisar a influência desta variável em seu desempenho. As classes granulométricas estudadas são uniformes e variando entre 4,8 a 6,3 mm; 6,3 a 9,5 mm; 9,5 a 12,5 mm; 12,5 a 19 mm, 19 a 22,5 mm. Foram analisadas as características físicas dos agregados como a massa específica, massa unitária, índice de forma, além da porosidade de cada corpo de prova confeccionado e sua resistência à compressão. Nota-se uma maior massa unitária e um maior volume de pasta para as classes granulométricas estudadas conforme menor foi seu índice de forma. Além disso, o concreto poroso confeccionado teve uma maior resistência à compressão conforme menor o diâmetro médio das classes granulométricas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto poroso. Porosidade. Faixa granulométrica. Resistência à compressão.

#### ABSTRACT

Porous concrete technology has been increasingly researched and its application growing every day in urban areas around the world. The porosity makes this material an excellent alternative to the problems presented by several cities regarding water drainage, contributing to flood control, heat island reduction, acoustic barrier and other applications. In this experimental campaign, five traces of porous concrete with a low porosity of 6.5% and each one with different diameters of the coarse aggregate were studied in order to analyze the influence of this variable on its performance. The studied grades are uniform and varying from 4.8 to 6.3 mm; 6.3 to 9.5 mm; 9.5 to 12.5 mm; 12.5 to 19 mm, 19 to 22.5 mm. The physical characteristics of the aggregates were analyzed as the specific mass, unit mass, shape index, as well as the porosity of each test specimen and its compressive strength. A higher unit mass and a larger pulp volume were observed for the studied grades, the smaller the shape index. In addition, the porous concrete made had a higher compressive strength as smaller the average diameter of the grades.

**KEYWORDS:** Porous concrete. Porosity. Compressive strength.

**Recebido:** 31 ago. 2018.

**Aprovado:** 04 out. 2018.

#### Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.





## INTRODUÇÃO

Segundo Tucci (2008), um dos grandes problemas nos centros urbanos é a drenagem de águas pluviais, onde a falta de um sistema de escoamento eficiente contribui para formação de enchentes, gerando grandes prejuízos econômicos, sociais e para saúde pública. Sendo assim, é de grande importância o desenvolvimento de áreas permeáveis, facilitando o escoamento de água, e aliviando os sistemas de drenagem. O concreto permeável desempenha bem essa função, sendo eficaz para às crescentes demandas ambientais, auxiliando no ciclo hidrológico, além de atenuar inundações e aumentar a infiltração de água no solo (Tennis *et al.* 2004).

O concreto permeável tem diversas aplicações, sendo utilizados em estacionamentos, calçadas, quadras de tênis, pátios, estabilização de taludes, áreas de zoológico, acostamentos, drenos, barreiras acústicas e outros. Segundo Ferguson (2005) e Sabnis (2012), o concreto permeável geralmente não é utilizado para pavimentos com alta solicitação de tráfego, uma vez que sua alta porosidade diminui o desempenho mecânico.

De acordo com Kia *et al.* (2017), o concreto permeável se difere do concreto comum, pois é retirada a maior parte ou toda a quantidade de agregado miúdo presente no concreto convencional, e a razão de pasta de cimento é controlada cuidadosamente. A redução do volume de pasta no concreto gera uma quantidade significativa de vazios em sua estrutura, formando um sistema de poros capaz de permitir a percolação da água pelo material, podendo representar até cerca de 35% do seu volume.

No estudo foram avaliadas as influências das diversas características do agregado graúdo nos traços de concreto permeável. Parâmetros como o tamanho dos agregados, o formato, a quantidade, e a compacidade podem influenciar diretamente a porosidade do material, modificando sua estrutura e interferindo diretamente em sua função principal. Para isso, foram avaliados a quantidade de pasta utilizada para confecção das amostras de concreto permeável, com determinada porosidade, e variando suas faixas granulométricas.

## MATERIAIS

Neste estudo, foram confeccionados 5 traços de concreto poroso, com cinco faixas granulométricas uniformes de agregado graúdo. O índice de vazios foi mantido constante em todos os traços, fazendo com que a quantidade de cimento utilizado para preencher os vazios variasse, para compensar o tamanho e a forma dos agregados, alterando os valores de resistência à compressão. Os materiais utilizados para a confecção dos traços foram água, agregado graúdo e cimento Portland (CP-II-Z-32), regulamentado pela ABNT NBR 11578:1991.

Nesta campanha experimental os agregados foram peneirados em cinco faixas granulométricas uniformes, Tabela 1. A relação água/cimento foi fixada em 0,30 e a porosidade fixada em 6,5% em todos os traços, obtendo as proporções dos traços em massa. Como cada conjunto granular possui diferentes densidade de empacotamento, o volume de pasta de cimento utilizado para cada traço foi diferente, com mais ou menos pasta de cimento necessária para o envolvimento dos agregados e confecção do concreto permeável, verificado pelos diferentes traços obtidos. Destaca-se que o cálculo da densidade de empacotamento foi obtido utilizando o método de De Larrard (1999).

Tabela 1 – Dados dos traços de concreto permeável

Traço	Faixa granulométrica	Proporção em massa	Densidade de empacotamento
1	4,8 – 6,3	1: 1,15	0,400
2	6,3 – 9,5	1: 1,22	0,412
3	9,5 – 12,5	1: 1,33	0,429
4	12,5 – 19	1: 1,38	0,438
5	19 – 25	1: 1,32	0,428

Fonte: Autoria própria (2018).

Nota-se que a faixa de menor diâmetro, 6,3 a 4,8 mm, apresentou a menor compacidade e maior consumo de cimento, com traço de 1: 1,15, enquanto a faixa de intervalo 19 a 12,5 mm apresentou a maior compacidade e o menor consumo de cimento.

## MÉTODOS EXPERIMENTAIS

### CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS E EXPERIMENTOS COM O MATERIAL

Antes da confecção dos traços de concreto permeável, foi realizada uma caracterização das classes granulométricas utilizadas. O material disponível foi classificado pela massa unitária, ABNT NBR NM 45 (2006), massa específica, ABNT NBR NM 53 (2009), índice de forma, ABNT NBR 7809 (2006), sendo o último por meio da medida das dimensões de comprimento, altura e largura, com o auxílio de um paquímetro. Para que fosse possível observar um padrão que representasse as faixas de agregados utilizadas, foram medidas 200 unidades de agregado graúdo para cada.

O concreto permeável foi confeccionado com a utilização de uma betoneira de 100 L, sendo produzido 5 corpos de prova por traço. Cada um dos traços produzidos utilizou apenas uma faixa granulométrica uniforme, dentre as cinco disponíveis. Todos os traços tiveram um processo padronizado de mistura seguindo as recomendações de Schaefer et al. (2006).

Para todos os traços, o concreto era depositado até cobrir cerca de um terço da altura do molde e era adensado manualmente por meio de uma haste de metal, seguindo as instruções ABNT NBR NM 45 (2006), de modo a padronizar e manter o mesmo processo da obtenção da massa unitária dos agregados e para a moldagem do concreto permeável. Foram realizados os ensaios seguindo os requisitos da ABNT NBR 9778 (2005).

Figura 1 – Amostras após ensaio de peso hidrostático e antes do rompimento.



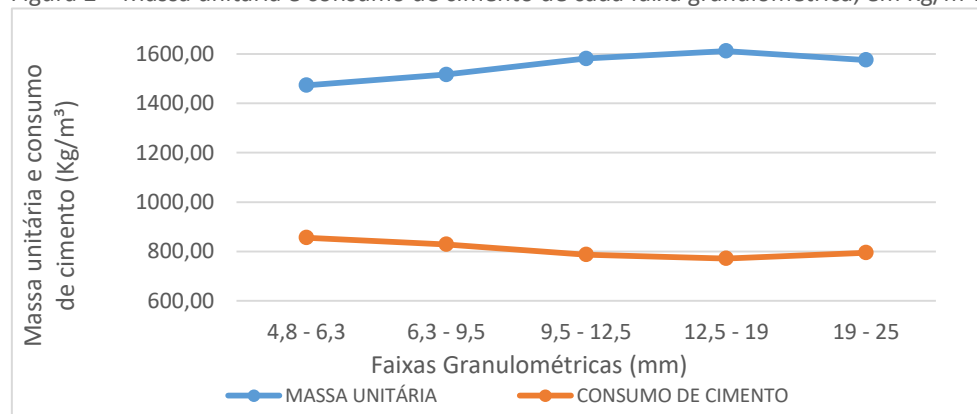
Fonte: Autoria própria (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 2 retrata a massa unitária dos agregados e o consumo de cimento por traço. A faixa granulométrica de 19 a 12,5 mm obteve maior massa unitária em relação à classe de agregados de menor dimensão 4,8 a 6,3 mm.

Em relação ao consumo de cimento por traço, nota-se que houve uma relação direta com a massa unitária, quanto maior a massa unitária, maior a densidade de empacotamento do conjunto granular e menor o volume de pasta necessário para manter a porosidade, assim, conseqüentemente menor o consumo de cimento.

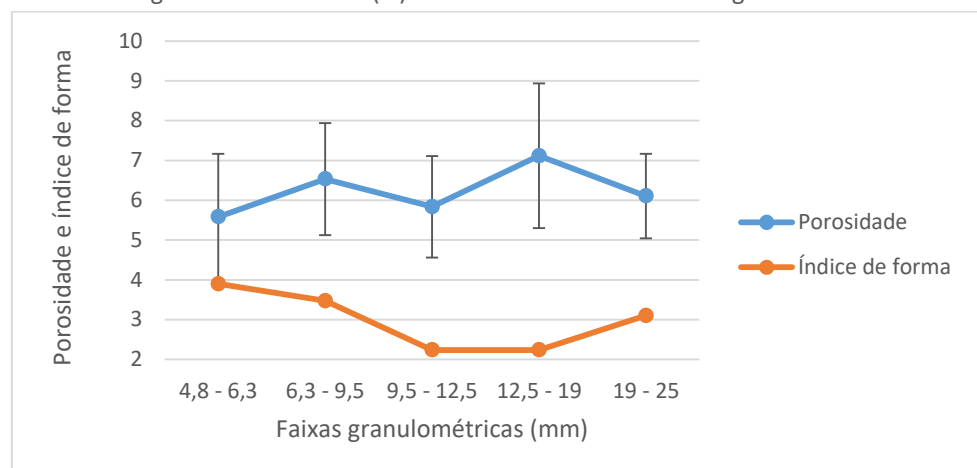
Figura 2 – Massa unitária e consumo de cimento de cada faixa granulométrica, em Kg/m<sup>3</sup>.



Fonte: Autoria própria (2018).

A figura 3 nos mostra o índice de forma dos agregados e a porosidade das amostras confeccionadas. Nota-se que os agregados apresentaram formato mais alongado e lamelar, com alto índice de forma. Essa característica está diretamente relacionada com a massa unitária do conjunto granular e com sua densidade de empacotamento, o que gera maior consumo de pasta de cimento.

Figura 3 – Porosidade (%) e índice de forma das classes granulométricas.



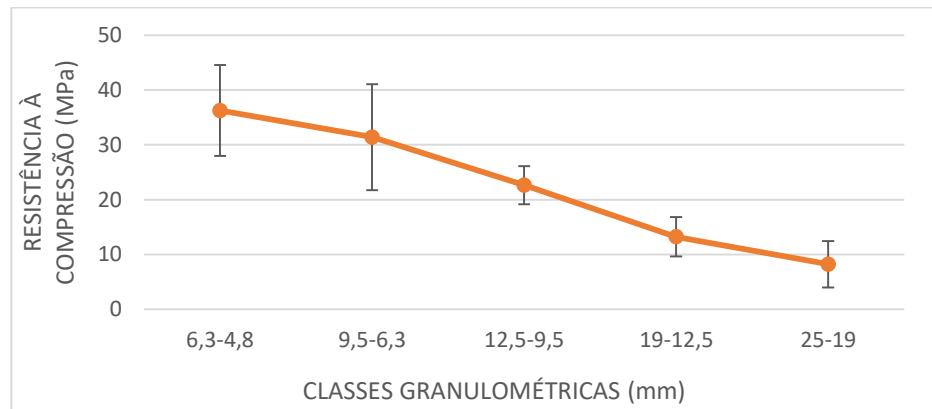
Fonte: Autoria própria (2018).

Observa-se em algumas classes de agregados que o índice de forma é superior a 3,0, sendo superior ao recomendado pela ABNT NBR 7211 (2009), que indica a utilização de agregados com índice de forma próximos a 1,0. Porém, esta

característica depende do modo de produção do agregado na mineradora, e destaca-se que o agregado utilizado foi obtido de uma pedra local, na cidade de Apucarana/PR. Em relação a porosidade, nota-se que as porosidades do concreto permeável estão estatisticamente iguais, com média de 6,5 %.

A figura 4 retrata a resistência à compressão dos corpos de prova. Nota-se que a medida que o diâmetro das faixas aumentou a resistência à compressão diminuiu. A razão do decréscimo é explicada pelo aumento da compacidade dos agregados, utilizando menor volume de pasta para obter a porosidade desejada e diminuindo, assim, o consumo de cimento. A redução no consumo faz com que a resistência diminua, pois, o traço passou a ter menos material aglomerante. Além disso, destaca-se que o diâmetro médio do conjunto granular pode influenciar diretamente sua resistência, uma vez que, quanto menor o diâmetro médio dos agregados, maior o número de contatos entre os agregados, necessitando de uma maior carga para ter a mesma deformação, quando comparado a outros diâmetros.

Figura 4 – Resistência à compressão das amostras das classes granulométricas.



Fonte: Autoria própria (2018).

## CONCLUSÃO

Com a utilização das cinco faixas granulométricas uniformes na confecção do concreto permeável, foi possível verificar a influência de suas características físicas em seu desempenho.

Quanto maior o índice de forma da faixa granulométrica, menor a massa unitária e, conseqüentemente, maior o consumo de cimento, uma vez que maior volume de pasta era necessário para obter a porosidade desejada. Além disso, a resistência à compressão aumentou para as faixas granulométricas de menor diâmetro.

Assim, verifica-se a real influência das características granulométricas dos agregados, em especial sua compacidade, no processo de dosagem do concreto e em seu desempenho, aqui especificamente, para um concreto com uma determinada porosidade.

## REFERÊNCIAS

KIA, Alalea; WONG, Hong S.; CHEESEMAN, Christopher R.. Clogging in permeable concrete: A review. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 193, p.221-



233, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.018>.

Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717301226>>.

Acesso em: 26 de agosto de 2018.

CALKINS, Jesse et al. Removal of Heavy Metals Using Pervious Concrete Material. **World Environmental And Water Resources Congress 2010**, [s.l.], p.3774-3783, 14 maio 2010. American Society of Civil Engineers. [http://dx.doi.org/10.1061/41114\(371\)383](http://dx.doi.org/10.1061/41114(371)383). Disponível em:

<<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41114%28371%29383>>. Acesso em:

26 de agosto de 2018.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 522R-10**: Report on Pervious Concrete. ACI Committee. Farmington Hills, MI, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578**: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7809**: Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1754**: Standard Test Method for Density and Void Content of Hardened Pervious Concrete. West Conshohocken, PA, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

TUCCI, Carlos E. M.. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 22, n. 63, p.97-112, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142008000200007>.

Tennis, Paul, D.; Leming, Michael, L.; and Akers, David, J., **Pervious Concrete Pavements**, EB302.02, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association. Silver Spring, Maryland, USA, 2004, 36 p.

FERGUSON, Bruce K.. **Porous Pavements**: Integrative Studies in Water Management and Land Development. Boca Raton: Crc Press, 2005. 600 p.

SABNIS G.M. 2012. **Green building with concrete**. Sustainable design and construction.

TUCCI, C. E. M. Programa de drenagem sustentável: apoio ao desenvolvimento do manejo das águas pluviais urbanas – Versão 2.0. Brasília: **Ministério das Cidades**, 2005.

YANG Z., MA W., SHEN W., ZHOU M., **The Aggregate Gradation for the Porous Concrete Pervious Road Base Material**. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 2008

De Larrard, F. **Concrete mixture proportioning: a scientific approach**. London: E & FN Spon (1999).

SCHAEFER, V., WANG, K., SULEIMAN, M., KEVERN, J. **Mix design development for pervious concrete in cold weather climates**. National Concrete Pavement Technology Center.2006

Disponível em:

<[http://www.ctre.iastate.edu/reports/mix\\_design\\_pervious.pdf](http://www.ctre.iastate.edu/reports/mix_design_pervious.pdf)>. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela vida, e à minha família. Agradeço ao Professor Sergio Tunis Martins Filho, meu orientador, por contribuir com o conhecimento ensinado, imprescindível para a realização da pesquisa. Agradeço ao Professor Rodolfo Tessari, por contribuir com a ajuda nos ensaios mecânicos, e à UTFPR, por proporcionar esta oportunidade.