

## Influência da relação água/cimento nas propriedades do concreto permeável

## Influence of water/cement ratio on pervious concrete properties

### RESUMO

Com o rápido crescimento dos centros urbanos, tem-se cada vez mais áreas impermeabilizadas, que resultam em problemas como enchentes, ilhas de calor e outros. Tendo em vista isso, o concreto permeável apresenta-se como uma alternativa sustentável para solucionar esses entraves e melhorar o desempenho das cidades. Neste estudo objetivou-se determinar as propriedades do concreto permeável (porosidade conectada e total, densidade, permeabilidade e resistência à compressão) para traços com diferentes consistências. Para isso, investigou-se a relação água/cimento (a/c) ideal, obtida pelo método Nguyen et al. (2014) adaptado, através da produção do concreto permeável com relação pasta/agregado constante, de 0,55. Na campanha experimental foram produzidos traços com agregado de granulometria uniforme, entre 6,3 a 9,5 mm, e a relação a/c variando em 0,04. Os traços com maior relação a/c obtiveram maiores densidades e conseqüente aumento na resistência à compressão, o que diminuiu a porosidade e permeabilidade. Assim, nota-se que as propriedades do concreto permeável estão sensíveis à variação da relação a/c.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto permeável. Relação água/cimento. Permeabilidade. Resistência à compressão. Porosidade conectada.

### ABSTRACT

With the rapid growth of urban centers, there are more and more waterproofed areas, resulting in problems such as floods, heat islands and others. Given this, permeable concrete presents itself as a sustainable alternative to solve these barriers and improve the performance of cities. This study aimed to determine the properties of pervious concrete (connected and total porosity, density, permeability and compressive strength) for traces with different consistencies. For this, we investigated the ideal water/cement (w/c) ratio, obtained by the method Nguyen et al. (2014) adapted through the production of pervious concrete with a constant paste/aggregate ratio of 0.55. In the experimental campaign traces were produced with aggregate of uniform grain size, between 6.3 and 9.5 mm, and the w/c ratio varying in 0.04. The traits with higher w/c ratio had higher densities and consequent increase in compressive strength, which decreased porosity and permeability. Thus, it is noted that the properties of pervious concrete are sensitive to the variation of the w/c ratio.

**KEYWORDS:** Pervious concrete. Water/cement ratio. Permeability. Compressive Strength. Porosity Connected.

**Eduardo Marcos Bosquesi**  
[eduardobosquesi@alunos.utfpr.edu.br](mailto:eduardobosquesi@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

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

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



## INTRODUÇÃO

A drenagem de águas pluviais é um dos grandes entraves recorrentes nos centros urbanos, pois a ineficiência do sistema pode favorecer à ocorrência de problemas como formação de enchentes, ocasionando prejuízos econômicos e para a saúde pública (Tucci, 2008).

Segundo Tennis (2004) o concreto permeável se apresenta como uma ferramenta interessante do ponto de vista ambiental, tendo em vista sua contribuição positiva para o escoamento de águas pluviais, minimizando a ocorrência de inundações, atenuando o efeito das ilhas de calor e potencializando a recarga dos lençóis freáticos.

O concreto permeável é confeccionado a partir da mistura do cimento Portland, agregado graúdo e água, podendo conter ou não agregado miúdo (ACI 522-R10, 2010). De acordo com Sonebi et al. (2016), o bom desempenho do concreto permeável, resistência à compressão, permeabilidade e durabilidade, está diretamente ligado ao correto proporcionamento dos materiais em sua composição. Assim, o objetivo desse estudo é investigar a influência da relação água/cimento nas propriedades do concreto permeável.

## MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, investigou-se a relação água/cimento ideal para um concreto com relação pasta/agregado (P/Ag) constante, em 0,55. Para isso, foram realizados testes de drenagem da pasta de cimento para determinação da consistência ideal, seguindo a metodologia desenvolvida por Nguyen et al. (2014), com adequações. A metodologia consiste em produzir misturas de concreto com diferentes quantidades de água, submetendo-as à vibração ainda no estado fresco. Cada mistura utilizou 2,5 kg de agregado e foi ensaiada em uma peneira de abertura inferior à dimensão do mesmo, durante 15 segundos. Após isso, observou-se o comportamento da pasta.

A relação a/c é considerada adequada quando não há pasta segregada passante pela peneira após a vibração. O processo de mistura foi realizado conforme na NBR 45 (ABNT, 2006), para isso foi usado um recipiente metálico e uma furadeira com misturador de argamassa, o tempo estabelecido para mistura foi de 3 minutos. Finalizado os testes de drenagem, a relação a/c ideal obtida foi de 0,30 e está alinhada ao obtido por Nguyen et al. (2014).

Foram produzidos 3 traços de concreto permeável para o estudo da influência exercida pela relação a/c em suas propriedades. Foi utilizado agregado da faixa granulométrica de 6,3 a 9,5 mm e relação pasta/agregado de 0,55. A relação água/cimento assumiu os valores 0,26, 0,30 e 0,34, variando 0,04 da relação obtida. Além do agregado, foi utilizado para a confecção água e o Cimento Portland (CP-II-Z-32), regulamentado pela NBR 16697 (ABNT, 2018).

O concreto foi confeccionado em uma betoneira com capacidade de 100 L, onde foram produzidos 6 corpos de prova (CPs) para cada traço. O processo de mistura dos materiais do concreto está de acordo com o recomendado por Schaefer et. al. (2006). Na Tabela 1 pode ser observado os traços produzidos.

Tabela 1 – Traços de concreto permeável confeccionados

Traço	Massa/betonada (kg)			Traço em massa		
	Cimento	Agregado	Água (L)	Cimento	Agregado	a/c
1	7,86	18,00	2,04	1,00	2,29	0,26
2	7,62	18,00	2,29	1,00	2,36	0,30
3	7,39	18,00	2,51	1,00	2,44	0,34

Fonte: Autor (2019).

Foram realizados ensaios para determinar a densidade e porosidade para o concreto permeável no estado fresco e no estado endurecido, de acordo com os procedimentos que constam nas normas C1688 (ASTM, 2014) E C1754 (ASTM, 2012), respectivamente.

O ensaio de porosidade conectada foi realizado de acordo com o procedimento proposto por Neithalath (2004). Para isso, utilizou-se papel filme e fita adesiva para realizar a vedação da face inferior e lateral do CP e então o mesmo foi depositado no molde metálico. A água foi adicionada pela face superior até o total preenchimento dos vazios do elemento. A partir do volume de água utilizado nesse processo, calculou-se a razão (em %) de poros conectados em relação ao volume total do CP.

A permeabilidade foi obtida por meio do ensaio com permeâmetro de carga constante, construído com tubos de PVC e registros para controle da carga hidráulica. Utilizou-se um recipiente para coletar toda a água escoada através do aparelho durante um intervalo de 60 segundos, com uma altura de carga igual a 30 cm. Determinou-se a permeabilidade ( $k$ ) através da Lei de Darcy, com o uso da Equação 1 enunciada a seguir.

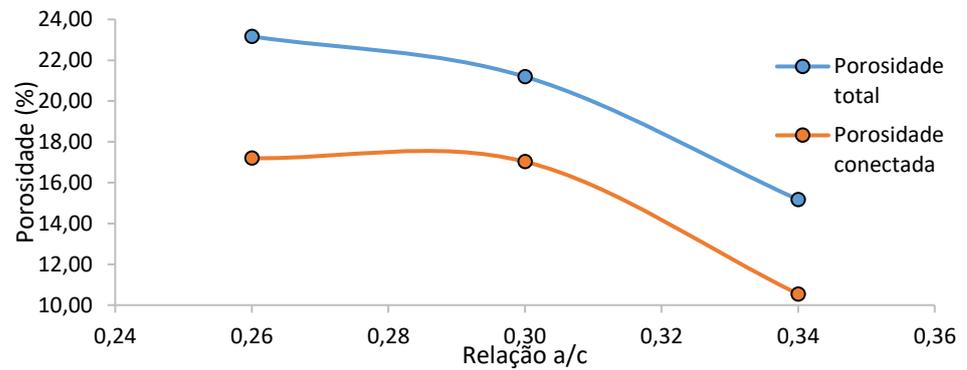
$$k = \frac{4 q L_s}{\pi \phi_s^2 h t} \quad (1)$$

Para determinar a resistência à compressão os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão de corpos cilíndricos, em conformidade com os procedimentos descritos na NBR 5739 (ABNT, 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 pode ser observado os valores obtidos para porosidade total e conectada para os traços desenvolvidos na campanha experimental. Nota-se por meio da análise gráfica que a porosidade conectada é inferior a porosidade total, sendo aproximadamente 4 a 5% menor. Isso se deve ao fato da existência de poros isolados no interior do concreto.

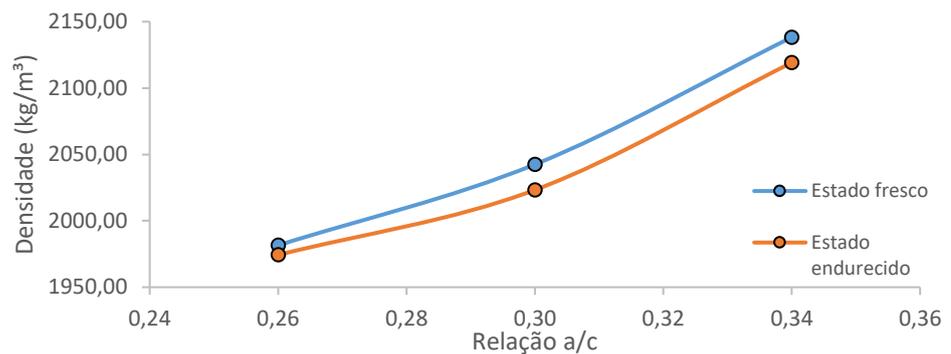
Figura 1 – Porosidade total e conectada de acordo com a relação a/c



Fonte: Autor (2019)

A Figura 2 mostra as densidades obtidas para o concreto permeável no estado fresco e endurecido. A diferença de densidade se dá por uma variação da massa do CP após a pega do concreto, onde ocorrem as reações químicas entre os materiais e perda de água recorrente de seu processo de endurecimento.

Figura 2 – Densidade do concreto fresco e endurecido

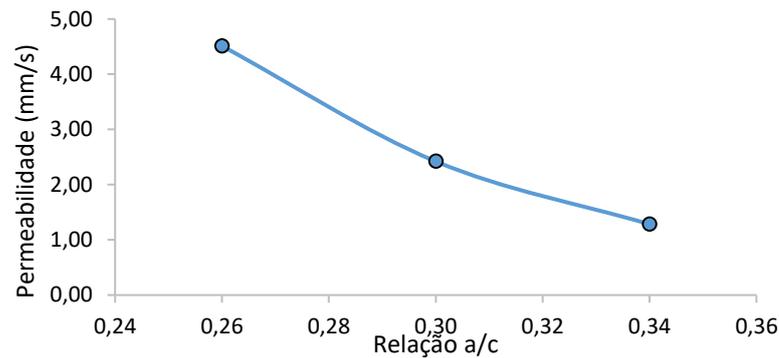


Fonte: Autor (2019)

Nota-se que quanto maior a relação a/c, maior a densidade do concreto permeável, uma vez que possui melhor trabalhabilidade e conseqüentemente maior capacidade de adensamento para um mesmo nível de compactação.

Na Figura 3 pode ser observado a permeabilidade em função da relação a/c. Nota-se que o aumento da relação a/c implica em uma redução significativa da capacidade drenante do concreto permeável, uma vez que possui menor porosidade.

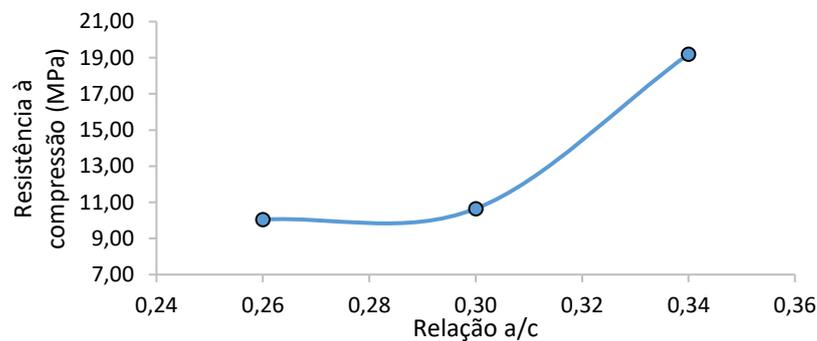
Figura 3 – Permeabilidade em função da relação a/c



Fonte: Autor (2019)

A Figura 4 retrata os resultados de resistência à compressão. Nota-se a tendência de aumento de resistência à compressão com o aumento da relação a/c, que possui maior consumo de cimento e, também, maior densidade. Com a diminuição dos vazios do concreto, vai deixando de ser permeável e passa a se assemelhar com o concreto convencional, que é pouco poroso e mais resistente. Destaca-se que a resistência para relação 0,26 e 0,28 são estatisticamente iguais, com um aumento acentuado para relação 0,34, onde o adensamento da mistura foi maior pela sua consistência.

Figura 4 – Resistência à compressão das amostras



Fonte: Autor (2019)

## CONCLUSÃO

Com a utilização de uma relação P/Ag constante na confecção do concreto permeável, foi possível verificar a influência da relação a/c nas propriedades do material. Quanto maior a relação a/c, maior será o desempenho mecânico do concreto permeável. Em contrapartida, as outras propriedades como porosidade e permeabilidade têm seu desempenho reduzido.

Dessa forma, é de extrema importância encontrar um equilíbrio entre os constituintes para confecção do concreto permeável, de modo que ele não perca suas características e seja um material eficiente.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, à minha família e ao meu professor orientador Sergio Tunis Martins Filho, por todo o suporte e conhecimento compartilhado para realização da

pesquisa. Deixo também um agradecimento especial para a instituição de ensino Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por proporcionar essa oportunidade.

### REFERÊNCIAS

NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI), 2010. Report on Pervious Concrete. ACI Committee 522. Report number: ACI 522R-10.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. C1754 / C1754M: Standard Test Method for Density and Void Content of Hardened Pervious Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C1688 / C1688M: Standard Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.

NEITHALATH N. Development and characterization of acoustically eficiente cementitious materials. 269p. PhD thesis, Purdue University, 2004.

NGUYEN, D. H.; SEBAIBI, N.; BOUTOUIL. M.; LELEYTER, L.; BARAUD, F. A modified method for the design of pervious concrete mix. *Construction and Building Materials*, v. 73, p. 271–282, 2014.

SCHAEFER, V.; WANG, K.; SULEIMAN, M.; KEVERN, J. **Mix design development for pervious concrete in cold weather climates**. National Concrete Pavement Technology Center, 83p, 2006.

Sonebi, M., Bassuoni, M., Yahia, A. **Pervious Concrete: Mix Design, Properties and Applications**, RILEM Technical Letters, Vol. 1, 2016, pp. 109-115.

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.

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>.