

## Análise da interferência da composição e compactação nas propriedades do concreto permeável

Débora Maria Schein<sup>a</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-5567-2774>, (deboraschein@hotmail.com)

Fabio Perreira Rossato<sup>c</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-5491-7381>, (fabiorossato@san.uri.br)

Rafaela Wagner<sup>b\*</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-6514-0552>, (rafawagner2008@hotmail.com)

Nelson Seidler<sup>d</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-9036-0813>, (seidler@san.uri.br)

<sup>a, b</sup> *Graduanda de Engenharia Civil - Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões (URI-Santo Ângelo), Santo Ângelo, Rio Grande do Sul, Brasil.*

<sup>c, d</sup> *Professor Orientador - Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões (URI-Santo Ângelo), Santo Ângelo, Rio Grande do Sul, Brasil.*

---

### Resumo

Devido ao crescimento populacional, as cidades estão passando por um intenso processo de urbanização, acarretando no aumento das áreas construídas. Estas áreas dificultam a infiltração da água no solo, além de contribuírem para o aumento da vazão de escoamento das águas superficiais. Sendo assim, essa pesquisa tem por objetivo desenvolver um traço de concreto permeável, empregado como uma possível solução para tais inconvenientes. Para tanto foram desenvolvidas diferentes misturas com uma relação a/c 0,31 e traço 1:4,5 fixos, com a utilização de CP V-ARI RS, analisando a interferência da dimensão dos agregados graúdos e da compactação na resistência mecânica e permeabilidade do material. Desta forma, realizaram-se ensaios laboratoriais através da moldagem de 8 corpos de prova cilíndricos de 10 x 20 cm e 4 corpos de prova prismáticos 15 x 15 x 50 cm para cada mistura, dos quais metade foram compactados com haste metálica e a outra metade com mesa vibratória. Observou-se que os melhores desempenhos foram atingidos pela mistura Brita0: Brita1 (70:30), em mesa vibratória, chegando a bons resultados de resistência mecânica e coeficiente de permeabilidade.

**Palavras Chave** – *Concreto Permeável, Drenagem Pluvial, Resistência e Permeabilidade.*

---

### Abstract

Due to population growth, cities are going through an intense process of urbanization, resulting in an increase in built areas. These areas hinder the infiltration of water in the soil, in addition to contributing to the increase in the flow of runoff from surface waters. Therefore, this research aims to develop a permeable concrete trace, used as a possible solution to such inconveniences. For this purpose, different mixtures were developed with a ratio of a / c 0.31 and a 1: 4.5 fixed line, using CP V-ARI RS, analyzing the interference of the dimension of the coarse aggregates and of the compaction in the mechanical resistance and permeability of material. In this way, laboratory tests were carried out by molding 8 cylindrical specimens of 10 x 20 cm and 4 prismatic specimens of 15 x 15 x 50 cm for each mixture, half of which were compacted with a metal rod and the other half with vibrating table. It was observed that the best performances were achieved by the mixture Brita0: Brita1 (70:30), on a vibrating table, reaching good results of mechanical resistance and permeability coefficient.

**Keywords** – *Pervious Concrete, Rain Drainage, Resistance and Permeability.*

---

## 1. Introdução

Atualmente, devido ao crescimento populacional, o modelo de desenvolvimento urbano vigente vem acarretando em uma gradual impermeabilização do solo, através do aumento das áreas construídas e, conseqüentemente, trazendo impactos negativos ao sistema de drenagem pluvial e aos corpos hídricos. Estas áreas construídas sejam elas edificações, calçadas ou ruas asfaltadas, dificultam ou impedem o contato da água com o solo e sua conseqüente infiltração, além de contribuírem para o aumento da vazão de escoamento das águas, sobrecarregando os sistemas de drenagem pluvial urbana.

A ausência de áreas permeáveis também contribui de forma significativa para o aumento dos picos de descarga pluvial nos corpos hídricos, que, inevitavelmente, transbordam e causam danos. Uma área com cobertura vegetal, 95% da água da chuva infiltra no solo, nas áreas urbanas este percentual cai para 5%.

Tendo em vista que tais ocorrências são conseqüências diretas da falta de planejamento do uso e ocupação dos solos, torna-se necessário investir em opções que possam mitigar os impactos da urbanização, como por exemplo, o emprego do pavimento de concreto permeável. A utilização deste tipo de concreto em pavimentos reduz o escoamento de águas pluviais, minimizando ou dispensando obras de micro drenagem local. Também traz benefícios aos corpos hídricos, pois diminui as quantidades de contaminantes nos cursos d'água e renova os lençóis freáticos. Pretende-se com isso, testar o efeito do concreto permeável no uso em pavimentações urbanas,

Batezini, R ( 2013) estudando a granulometria para concretos permeáveis, em misturas de 12,5 a 9,mm, de 9,5 a 6,3 e de 6,3 a 4,8 mm, concluiu que os resultados encontrados são satisfatórios e permite seu emprego em pavimentos com tráfego leve, sendo esta, uma das hipóteses a ser testada em laboratório

O concreto permeável, objeto deste estudo, por possuir altos níveis de permeabilidade, pode capturar o fluxo inicial de chuva e permitir que este se infiltre no solo, onde é filtrado e “tratado”, diminuindo assim, os impactos causados pelas chuvas intensas (Tennis et al. 2004, apud ACI 2010) [1]. Este artigo pode apresentar, aos que o lerem, ideias para implantação de sistemas permeáveis urbanos

## 2. Concreto Permeável

O concreto permeável, ou poroso, é um tipo especial de concreto composto de cimento Portland, agregado graúdo de tamanho uniforme e água, podendo ou não conter pequenas quantidades de agregado miúdo. Essa configuração gera elevados números de vazios entre os agregados, o que permite que a água infiltre em uma velocidade muito mais elevada que em concretos convencionais (ACI 522R-10) [2].

A ausência de finos (areia) neste tipo de concreto deve-se ao fato do material afetar o sistema de condutividade dos poros. O agregado miúdo adicionado pode aumentar a resistência à compressão e a densidade, mas reduz de maneira proporcional a percolação de água através da massa de concreto. Portanto, os agregados utilizados são geralmente de tamanho único, variando sua granulometria entre 9,5 e 19 mm, o que mantém o empacotamento dos agregados consideravelmente baixo a fim de obter-se um suficiente número de poros abertos na matriz.

De acordo com a Rilemtechlett (2016) [3], as misturas de concreto permeável para uso em pavimentação podem desenvolver resistências à compressão no intervalo de 5 a 30 MPa. Ainda, conforme a ACI 522R-10[2], o índice de vazios do concreto permeável varia entre 15 e 20 % e Bean et al. (2007) [4] determinaram valores de condutividade hidráulica para o concreto permeável variando entre 0,07cm/s e 0,77cm/s.

Como atingir adequada permeabilidade para controle de enchentes é geralmente o principal objetivo de um sistema de concreto permeável, compactar o concreto até atingir adequada resistência nem sempre é uma opção, deve ser estabelecido um equilíbrio entre resistência e quantidade de vazios (FERGUSON, 2005)[5].

### **3. Materiais e Métodos**

Foram estudadas 4 misturas com uma relação a/c 0,31 e traço 1:4,5 (cimento: agregado britado) fixos, com a utilização de CP V-ARI RS, analisando a interferência da dimensão dos agregados graúdos e da compactação na resistência mecânica e permeabilidade do material. Para tanto, foram elaborados traços com Brita 0, de 4,8 a 9,5 mm e Brita 1, de 9,5 a 19 mm, individualmente, adotando combinações na proporção de 50:50 e 70:30, respectivamente.

Para a realização das análises laboratoriais foram moldados 4 corpos de prova cilíndricos de 10cm x 20cm e 2 corpos de prova prismáticos de 15cm x 15cm x 20cm, para cada mistura e método de compactação, totalizando em 48 corpos de prova, 32 deles cilíndricos e 16 prismáticos.

#### *3.1. Caracterização dos Materiais*

Os agregados britados utilizados são de origem basáltica provenientes da cidade de Santo Ângelo/RS, com a variação de diâmetros entre 4,8 e 19 mm, envolvendo as britas 0 e 1. Também foi empregada água potável advinda da Companhia Rio-grandense de Saneamento. O cimento utilizado na pesquisa foi o CP V-ARI RS, de acordo com a NBR 16697[6].

A escolha deste tipo de cimento se justifica pelo fato de este ser um elemento puro e fino, que desenvolve resistência rapidamente, favorecendo assim a formação do aglomerado sem o preenchimento dos poros. Outro benefício da rapidez na pega do concreto permeável é que, devido à elevada superfície exposta, o mesmo pode perder a água da mistura muito rápido (HÖLTZ, 2011)[7]. Além disso, este tipo de cimento possui resistência a sulfatos mais elevada.

### 3.2. Dosagem

Visto que não há normativas para a dosagem de concretos permeáveis, apenas recomendações de estudos anteriores, como ponto de partida foi considerada a dosagem adotada no estudo de Batezini (2013). Seguiu-se um traço com relação a/c 0,31 e com uma quantidade de 374 kg/m<sup>3</sup> de cimento, 1660 kg/m<sup>3</sup> de agregado graúdo, 116 kg/m<sup>3</sup> de água e 488 ml/m<sup>3</sup> de superplastificante. A Tabela 1 apresenta as misturas estudadas.

**Tabela 1 – Apresentação da composição das misturas estudadas e o respectivo método de compactação**

MISTURA	CIMENTO	M	FATOR A/C	BRITA 0	BRITA1	COMPACTAÇÃO
1a	1	4,5	0,3	100%	0%	Mesa Vibratória
1b	1	4,5	0,3	100%	0%	Haste Metálica
2a	1	4,5	0,3	0%	100%	Mesa Vibratória
2b	1	4,5	0,3	0%	100%	Haste Metálica
3a	1	4,5	0,3	50%	50%	Mesa Vibratória
3b	1	4,5	0,3	50%	50%	Haste Metálica
4a	1	4,5	0,3	70%	30%	Mesa Vibratória
4b	1	4,5	0,3	70%	30%	Haste Metálica

### 3.3. Moldagem dos corpos de prova

Previamente a concretagem, todas as quantidades de agregado graúdo utilizadas para a preparação das misturas foram peneiradas, utilizando peneirador elétrico, a fim de obter-se uma granulometria mais uniforme e dentro dos limites estabelecidos pela NBR 7211[8].

A compactação dos corpos de prova cilíndricos foi realizada com a utilização da mesa vibratória por 10 segundos e com haste metálica conforme descrito na tabela 1, obedecendo a NBR 5738[9] para concretos convencionais, no caso dos corpos de prova cilíndricos. Já os corpos de prova prismáticos foram compactados em 3 camadas de cerca de 150 golpes, devido ao fato de ainda não haver normativas referentes a este procedimento para concreto permeável.

A Fig.1 representa os corpos de prova cilíndricos e prismáticos.



**Fig. 1. Corpos de prova moldados.**

Passadas 24 horas da moldagem, os corpos de prova foram desmoldados, identificados e levados à câmara úmida, com 95% de umidade e temperatura de  $23\pm 2$  °C, onde permaneceram até a idade de rompimento de 28 dias.

### 3.4. Ensaios

Do total de 32 corpos de prova cilíndricos, 2 de cada mistura foram utilizados para os ensaios de índice de vazios e condutividade hidráulica e para o ensaio de resistência à compressão foram utilizados todos eles. Os 16 corpos de prova prismáticos foram ensaiados somente à resistência à tração.

#### 3.4.1. Ensaio de Condutividade Hidráulica

O principal objetivo de qualquer sistema de concreto permeável é atingir adequada porosidade para que a água possa facilmente passar pelo sistema e ser direcionada para a sub-base e, a habilidade de absorção de água pela massa é uma das propriedades mais importantes do concreto permeável e está diretamente relacionada à porosidade e índice de vazios.

Como ainda não existe uma norma que padronize o ensaio de condutividade hidráulica, o mesmo foi realizado conforme Neithalath et al (2003)[10], com a utilização de um permeâmetro, ilustrado na Fig. 2, o qual foi montado no Laboratório de Engenharia Civil da URI - Santo Ângelo.

Após seguir os procedimentos descritos na ACI 522R-10[2], aplicou-se uma coluna de água de 290 mm e registrado o tempo para que essa água chegasse ao nível de 70 mm da superfície do corpo de prova, repetindo o procedimento duas vezes para cada corpo de prova.



**Fig. 2. Permeâmetro utilizado no ensaio de Condutividade Hidráulica.**

A partir das leituras de tempo durante a realização do ensaio foi determinado o coeficiente de permeabilidade de acordo com (1).

$$K = \frac{q \times L}{A \times h \times t} \quad (1)$$

Onde:

K= Coeficiente de Permeabilidade;

q= Quantidade de Água medida na proveta (cm<sup>3</sup>);

L= Comprimento do corpo de prova (cm);

A= Área do Corpo de Prova (cm<sup>2</sup>);

h= Diferença de Altura entre o Reservatório Superior e o Reservatório Inferior (cm);

t= Tempo de Escoamento.

#### 3.4.2. Determinação do Índice de Vazios

O índice de vazios é a relação entre os volumes de poros permeáveis e o volume total da mistura NBR 9778[11]. O valor do índice de vazios afeta diretamente as características de resistência mecânica do material no estado endurecido. Quando um material possui índices de vazios inferior a 15% é tido como de baixa porosidade, enquanto índices de vazios superiores a 30% são considerados de alta porosidade. Para se obter valores de resistência mecânica favoráveis é recomendado utilizar um índice de vazios em torno de 20% (BATEZINI, 2013,p. 31 apud. Tennis et al., 2004)[12].

Para a determinação do índice de vazios foi obtido o peso seco e o peso submerso de cada amostra, utilizado (2).

$$Vr = \left( 1 - \frac{(W2 - W1)}{(\rho_w \cdot V)} \right) \quad (2)$$

Onde:

Vr: Índice de vazios;

W1: peso submerso (kg);

W2: peso seco (kg);

V: volume da amostra (m<sup>3</sup>);

pw: massa específica da água (kg/m<sup>3</sup>).

### 3.4.3. Resistência à Compressão

Apesar dos resultados dos estudos, o conhecimento técnico e científico do comportamento mecânico do concreto permeável não está bem estabelecido, necessitando de abordagem mais profunda sobre o assunto. Na Tabela 2 estão listados alguns traços com as respectivas resistências à compressão encontradas na literatura.

**Tabela 2 – Traços e suas respectivas resistências conforme a literatura**

Referências	Traço (cimento:agregado gráúdo)	Fator a/c	Resistência à Compressão (28 dias)
Batezini (2013)	1:4	0,3	8,68 MPa
Castro (2015)	1:3,6	0,3	8,37MPa
Holtz (2011)	1:5	0,35	9,1MPa
Nguyen et al. (2013)	1:4,94	0,3	15MPa
Bassuoni & Sonebi (2010)	1:3,8 - 1:3,4	0,28- 0,40	15MPa-35MPa
Kervern et al. (2009)	1:8,4 - 1:4,8	0,24- 0,30	8MPa- 26MPa

O ensaio de resistência à compressão foi realizado segundo as determinações da norma NBR 5739[13], aos 28 dias de idade do concreto. Para a realização do ensaio foi utilizada uma prensa hidráulica, com capacidade máxima de 2000 kN, calibrada anualmente. A Fig.3 ilustra a realização deste ensaio.

### 3.4.4. Resistência à Tração na Flexão

Autores como Batezini (2013) [12]e Castro (2015)[14], encontraram em seus estudos de resistência à flexão respectivamente, 2,52 MPa para um traço de 1:4 (cimento: agregado gráúdo) e a/c 0,3, e 1,13MPa para um traço de 1:3,6 (cimento: agregado gráúdo) e a/c= 0,3.

O Manual de Pavimentos de Concreto, da ABCP[15], aconselha um valor característico de resistência a tração na flexão de 4,5 MPa, para um concreto com características globais e comportamento conveniente. O estudo desta propriedade é de suma importância, visto que os resultados dos ensaios de resistência à tração são utilizados para adequação, ou não, do concreto à utilização do mesmo em pavimentação para tráfego de veículos pesados.

O ensaio de resistência à tração na flexão foi realizado segundo a norma NBR 12142[16]. A Fig.4 ilustra o referido ensaio e o momento de rompimento do corpo de prova na prensa.





Fig. 3. Ensaio de Resistência à Compressão.



Fig. 4. Realização do ensaio de Resistência à Tração na Flexão.

#### 4. Resultados

A figura 5 apresenta os gráficos com os resultados dos ensaios de propriedades.

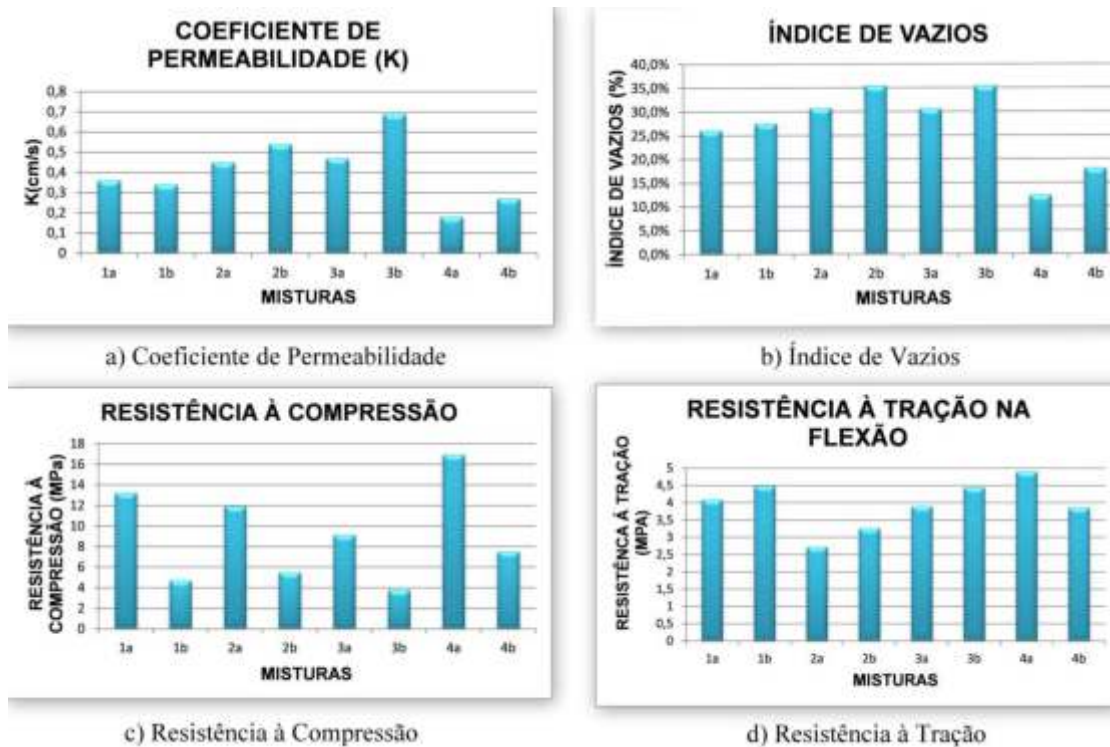


Fig. 5. Gráficos de Resultados dos ensaios.



#### 4.1. *Condutividade Hidráulica*

Através da análise da Fig.5 pode-se observar que a mistura que apresentou maior permeabilidade foi a 3b, composta por 50% Brita 0 e 50% Brita 1 e adensada com a utilização da haste metálica. Este resultado se justifica pelo fato de que esta proporção de agregados dificulta o empacotamento entre as partículas, favorecendo a percolação de água, devido à interligação entre seus poros.

Outro ponto que pode ser observado é que, na maioria das misturas, o adensamento utilizando a haste metálica proporcionou um maior coeficiente de permeabilidade ao concreto. Isto se deve ao fato de este ser um método de compactação de menor intensidade o que permite um maior número de vazios no material, em relação à mesa vibratória.

#### 4.2. *Índice de Vazios*

Observando-se a Fig. 5, expõe-se que as misturas que obtiveram maiores índices de vazios foram a 2b e 3b, ambas compactadas com o auxílio de haste metálica. A mistura 2b, composta puramente de Brita 1, obteve este resultado devido suas partículas serem de maior dimensão, fato que desfavorece o acondicionamento, gerando assim, um número mais elevado de vazios. E a mistura 3b, composta de 50% Brita 0 e 50% Brita 1, apresentou o maior valor de condutividade hidráulica, pois também contém grande quantidade de brita 1.

Verifica-se que, assim como nos resultados do ensaio de condutividade hidráulica, as misturas compactadas com a utilização da haste metálica apresentam um maior número de vazios no material. Percebe-se também que essas duas variáveis são diretamente proporcionais, pois um índice de vazios maior proporciona melhores resultados de condutividade hidráulica.

#### 4.3. *Resistência à Compressão*

Verificando-se a Fig. 5, pode-se perceber que, para todas as misturas, a compactação com a utilização da mesa vibratória por 10 segundos proporcionou uma resistência à compressão mais elevada, devido ao reduzido número de vazios que este tipo de adensamento condiciona ao concreto.

Ainda, observa-se que a mistura que apresentou melhor desempenho foi a 4a, formada de 70% Brita 0 e 30% Brita 1, seguida da 1a, composta por puramente Brita 0. Já a mistura 3b, formada de 50% Brita 0 e 50% Brita 1, que apresentou maior índice de vazios e permeabilidade foi a que apresentou o pior resultado quando analisada quanto a resistência à compressão. Pode-se então perceber que composições com agregados de menores dimensões obtiveram melhor desempenho em relação à resistência à compressão. A mistura 4a obteve um melhor empacotamento das partículas e, conseqüentemente, uma elevada resistência mecânica.

#### 4.4. Resistência à Tração na Flexão

Através da observação da Fig. 5, verifica-se que no geral as misturas (b) compactadas com haste metálica obtiveram melhores resultados, o que não se manteve para as composições 4a e 4b, 70% brita 0 e 30% brita 1, em que a mistura compactada em mesa vibratória obteve resultado superior.

#### 4.5. Análise geral dos Resultados

A Tabela 3 apresenta um resumo geral do desempenho das misturas, em relação a todas as propriedades analisadas.

**Tabela 3 – Apresentação geral dos resultados**

MISTURA	ÍNDICE DE VAZIOS (%)	COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE(K) (cm/s)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO (MPa)
1a	26,05	0,36	13,24	4,09
1b	27,54	0,34	4,73	4,49
2a	30,72	0,45	11,92	2,72
2b	35,46	0,54	5,50	3,26
3a	30,62	0,47	9,16	3,90
3b	35,43	0,69	3,80	4,45
4a	12,36	0,18	16,96	4,90
4b	18,03	0,27	7,52	3,86

Mediante a análise dos resultados pode-se observar que os traços com maior quantidade de Brita 0 (1a e 4a) obtiveram melhores desempenhos quando avaliados em relação a resistência à compressão e resistência à tração.

## 5. Conclusões

Conforme os resultados apresentados acima, pode-se concluir que a mistura que obteve melhor desempenho em relação às propriedades de resistência mecânica foi a composta de 70% Brita 0 e 30% Brita 1, adensada na mesa vibratória (4a). Tal mistura apresentou coeficiente de permeabilidade e índice de vazios reduzidos (valor mínimo dentre os resultados para tais propriedades), todavia dentro dos limites indicados por outros pesquisadores, como Bean et al. (2007)[4]. Observa-se também, que a resistência à tração dessa mistura se enquadra nos parâmetros de estabelecidos pela ABCP[17] para utilização em pavimentos de concreto, visto que esta aconselha utilizar um valor mínimo de 4,5 MPa para esta propriedade.

A dimensão do agregado é um fator decisivo para o desempenho do concreto permeável, sendo que, pode se estabelecer uma relação inversamente proporcional entre esta e a resistência mecânica: na medida em que a dimensão do agregado aumenta, a resistência mecânica diminui. Além disso, misturas compostas por quantidades significativas de agregados de dimensões maiores apresentaram melhores valores para condutividade hidráulica e índice de vazios.

Ao contrário do esperado, quando analisado o tipo de compactação, houve uma discrepância entre os resultados de resistência à compressão e à tração, para um mesmo tipo de compactação. Isso se deve ao fato de não haver normas que padronizem a moldagem e adensamento dos corpos de prova de concreto permeável.

Ainda em relação à compactação, é importante ressaltar que os corpos de prova moldados com haste metálica obtiveram melhores resultados de índice de vazios e permeabilidade, porém, seus valores de resistência mecânica foram comprometidos. Já os corpos de prova adensados em mesa vibratória, obtiveram resultados superiores de resistência mecânica e foram prejudicados nas suas propriedades hidráulicas. Isso comprova que existe uma relação inversamente proporcional entre a permeabilidade e a resistência mecânica do concreto permeável.

## Referências

- [1] Tennis, P. D.; Leming, M. L.; Akers, D. J. Pervious Concrete Pavements. EB302.02, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, e National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, USA, 2004. 36p.
- [2] ACI – American Concrete Institute: Report Concrete. ACI 522R-10, USA, 2010.
- [3] Rilem T. L, Pervious Concrete: Mix Design, Properties and Applications. RILEM Technical Letters, December 2019.
- [4] Bean, E. Z.; Hunt, W. F.; Bidelsbach, D. A. Field Survey of Pavement Surface Infiltration Rates. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 133, No. 3, June, 2007.
- [5] Ferguson, B. K. Porous Pavements. Integrative Studies in Water Management and Land Development. Florida, 2005.
- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.
- [7] Holtz, F. C. Uso do concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental. Porto Alegre, 2001. Dissertação de mestrado, UFRGS.
- [8] \_\_\_\_\_. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
- [9] \_\_\_\_\_. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- [10] Neithalath, N. et al. Development of Quiet and Durable Porous Portland Cement Concrete Paving Materials. Final Report, The Institute for Safe, Quiet, and Durable Highways, 2003, 179p. pp. 41-44.
- [11] \_\_\_\_\_. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
- [12] Batezini, R. Estudo Preliminar De Concretos Permeáveis como Revestimento de Pavimentos para Áreas de Veículos de Tráfego Leve. São Paulo, 2013, 133p. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- [13] \_\_\_\_\_. NBR 5739: Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2010.
- [14] Castro, L. F. A. Estudo de traço de concreto permeável de cimento Portland. Santa Cruz do Sul, 2015. Trabalho de conclusão de curso, Universidade de Santa Cruz do Sul.

- [15] Associação Brasileira De Cimento Portland: ABCP – Manual de Dimensionamento dos Pavimentos de Concreto, São Paulo, 1998.
- [16] \_\_\_\_\_. NBR 12142: Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.