

Análise de permeabilidade e resistência do concreto permeável para drenagem superficial de água em perímetro urbano

Permeability and resistance analysis of permeable concrete for surface water drainage in urban areas.

Bruno dos Reis Barbosa¹
Davi Araújo Quaresma Lemos²
João Paulo Menegatti³

323

Resumo: O escoamento superficial de água em áreas urbanas e rurais tem se tornado um problema cada vez mais grave devido à expansão desordenada dos centros urbanos e à impermeabilização do solo. O concreto permeável é uma solução inovadora que tem sido estudada como forma de gerenciar efetivamente as águas superficiais e reduzir os danos causados por inundações e vazamentos nos sistemas de drenagem urbanos. O uso de pavimentos permeáveis, como o concreto permeável, pode reduzir o volume e a descarga máxima da água da chuva, atrasar o início do escoamento superficial e diminuir a descarga máxima. O concreto permeável também tem o potencial de melhorar a sustentabilidade do ambiente, evitando impactos negativos nos ecossistemas circundantes e apoiando processos seguros de recarga de águas subterrâneas. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica dos principais pontos do tema, com base em artigos acadêmicos científicos, livros e monografias, e apresenta um estudo comparativo de dois traços de concreto permeável, (1:3) e (1:4), para uso em vias de tráfego baixo. Os resultados mostraram que ambos os traços são adequados para esse tipo de pavimentação, mas que o custo-benefício do concreto (1:4) é maior.

Palavras-Chave: concreto permeável; escoamento superficial; pavimentos permeáveis.

Abstract: The surface runoff of water in urban and rural areas has become an increasingly serious problem due to the disorderly expansion of urban centers and soil impermeabilization. Permeable concrete is an innovative solution that has been studied as a way to effectively

¹ Bacharel em Engenharia Civil. E-mail: bruno.barbosa@soufinom.com.br

² Possui graduação em Física pela Universidade de Brasília (2011), graduação em Programa Especial de Formação de Docente pela Faculdade do Noroeste de Minas (2017) e mestrado em Geociências Aplicadas pela Universidade de Brasília (2013). Atualmente é professor da educação técnica e tecnológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. E-mail: davi.lemos@ifg.edu.br

³ Bacharel em engenharia Civil. E-mail: menegattijoao@gmail.com

Recebido em 05/04/2023
Aprovado em 01/05/2023

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



manage surface waters and reduce the damage caused by floods and leaks in urban drainage systems. The use of permeable pavements, such as permeable concrete, can reduce the volume and maximum discharge of rainwater, delay the onset of surface runoff, and decrease the maximum discharge. Permeable concrete also has the potential to improve the sustainability of the environment, avoiding negative impacts on surrounding ecosystems and supporting safe groundwater recharge processes. This article presents a literature review of the main points of the topic, based on scientific academic articles, books, and monographs, and presents a comparative study of two mixes of permeable concrete, (1:3) and (1:4), for use on low traffic roads. The results showed that both mixes are suitable for this type of pavement, but the cost-benefit of concrete (1:4) is higher.

Keywords: permeable concrete, surface runoff, permeable pavements.

1. INTRODUÇÃO

A gestão eficaz das águas superficiais é um componente crucial do desenvolvimento sustentável tanto em áreas urbanas quanto rurais. Uma gestão inadequada do escoamento superficial pode resultar em consequências desastrosas como inundações, erosão do solo e instabilidade do terreno. Portanto, a drenagem eficiente da água da superfície é fundamental. Recentemente, uma solução inovadora que tem recebido muita atenção é o uso de concreto permeável para drenagem de águas superficiais. Esse tipo de concreto é produzido pela mistura de agregados específicos com aditivos químicos e cuidadosamente adicionando a quantidade correta de água para criar um material que permite fácil passagem de água através de sua estrutura porosa.

De acordo com Suripin et al (2018) A urbanização acelerada gera aumento da superfície impermeável, o que sobrecarrega o sistema de drenagem urbana e resulta em vazamentos e inundações nas áreas urbanas. Atualizar ou redesenhar o sistema de drenagem existente não é uma solução eficaz, sendo necessário adotar estratégias de redução do escoamento de água da chuva por meio da infiltração de água. Dentre as estratégias propostas, destaca-se o desenvolvimento de pavimentos permeáveis, que são capazes de reduzir significativamente o volume e o pico de descarga do escoamento de água da chuva, atrasar o início do escoamento e diminuir o pico de descarga. Sendo assim, as aplicações desses pavimentos permeáveis são altamente recomendadas para reduzir a carga de drenagem e aumentar a recarga do lençol freático nas áreas urbanas

O uso de concreto permeável é altamente benéfico, pois reduz o escoamento superficial nocivo e, ao mesmo tempo, melhora a sustentabilidade geral do ambiente, prevenindo impactos negativos nos ecossistemas circundantes e apoiando processos seguros de recarga de água

subterrânea. Ao contrário do concreto tradicional, o concreto permeável tem alta porosidade, permitindo que a água percole através da superfície e em um leito de pedra subjacente. Este método é altamente eficaz na redução do escoamento superficial que podem causar enchentes ou erosão a jusantes, bem como na melhoria da absorção de água pelo solo.

O concreto permeável também é vantajoso em termos de manutenção, apresentando custos mais baixos e maior durabilidade do que as superfícies impermeáveis tradicionais expostas a condições climáticas extremas. Além disso, o concreto permeável é uma opção mais estética para espaços públicos e estacionamentos em comparação com superfícies asfálticas mais comuns. O concreto permeável também oferece benefícios ambientais, como a redução do efeito ilha de calor e a melhoria da qualidade do ar, já que os poluentes são retidos em seus poros.

A impermeabilização do solo levou a um aumento significativo da urbanização facilitada pelo pavimento de ruas e calçadas. Isso gera escoamento superficial, já que a drenagem da água é feita através do solo. No entanto, o retorno da água para o lençol freático é prejudicado em áreas urbanas, resultando em um aumento considerável de inundações e alagamentos. O acúmulo e transporte de sólidos causam a obstrução de canais e drenos, contribuindo para esse problema ao aumentar o volume de água em áreas urbanas (Tavares & Kazmierczak, 2016).

De acordo com Schwetz et al. (2015), o uso de concreto permeável no pavimento permite a infiltração de água da chuva, reduz o escoamento superficial e diminui o fluxo de água resultante da chuva, contribuindo para a manutenção dos aquíferos subterrâneos. Assim, o uso de concreto permeável reduz o acúmulo de água, tornando o solo mais eficiente na drenagem.

Pavimentos permeáveis são definidas por Ferguson (2005, apud Gonçalves & Oliveira, 2014) como aquelas que possuem poros em sua estrutura através dos quais a água pode fluir, infiltrar-se no solo ou ser transportada por meio de um sistema auxiliar de drenagem. Elas visam reduzir o volume de água proveniente de escoamento superficial e, conseqüentemente, a demanda nos sistemas de drenagem urbana e a probabilidade de enchentes. Além disso, elas melhoram a qualidade da água infiltrada, carregando uma menor quantidade de poluição difusa e contribuindo para a recarga.

De acordo com o estudo de Batezini (2013), o concreto permeável ou poroso pode ser definido como um material composto de aglomerante hidráulico (cimento Portland), material triturado uniformemente graduado (agregado grosseiro), água e pouco ou nenhum agregado

fino (areia), para obter um concreto com alto teor de vazios. Na composição desse tipo de concreto, esses materiais são cuidadosamente dosados para obter uma pasta que envolve o agregado grosseiro, formando uma camada consistente. Além disso, podem ser usados tipos de aditivos que permitem que o material tenha características melhores, como resistência, durabilidade, desempenho, entre outros.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. METODOLOGIA

O objetivo deste artigo é realizar uma análise comparativa entre dois traços de concreto permeável, utilizando a norma NBR 16416 (2015) como referência para determinar as especificações mínimas de resistência mecânica e permeabilidade do material. Para alcançar este objetivo, o estudo foi desenvolvido com base em uma metodologia de revisão bibliográfica, que abrangeu artigos científicos, livros e monografias relevantes para o tema em questão.

A pesquisa foi conduzida por meio de análises de dados qualitativos, utilizando um método descritivo para comparar os resultados obtidos a partir dos dois traços de concreto permeável em relação à permeabilidade e resistência mecânica. Os resultados obtidos a partir desta análise serão aplicados para avaliar o potencial do concreto permeável como uma alternativa para reduzir o escoamento superficial em vias urbanas de baixo tráfego.

De acordo com a norma NBR 16416 (2015), o limite mínimo de permeabilidade do concreto permeável é de 0,001 m/s. Além da propriedade drenante, o concreto poroso apresenta uma resistência mecânica menor em comparação com outros tipos de concreto. A norma estabelece um limite mínimo de compressão axial de 2 MPa, que é um requisito para a utilização do concreto permeável como pavimento em vias de baixo tráfego.

Para determinar a resistência do concreto permeável, foi proposta a aplicação da norma NBR 5739 (2018), que define o método de ensaio de resistência do concreto permeável à compressão em corpos de prova cilíndricos. Além disso, para medir a taxa de infiltração em placas de concreto permeável, foi utilizado o método descrito na norma ASTM/C1701 (2009).

Assim, este estudo se concentra em avaliar a eficácia de dois traços de concreto permeável em relação à permeabilidade e resistência mecânica, a fim de determinar se o material pode ser aplicado como pavimento em vias urbanas de baixo tráfego. Com base nos

resultados obtidos, espera-se que este artigo possa contribuir para o desenvolvimento de soluções sustentáveis para o gerenciamento de águas pluviais em áreas urbanas.

2.2. RESULTADOS

Os resultados da pesquisa indicaram que o traço de concreto permeável (1:4) apresentou uma melhor resistência mecânica, atingindo a compressão axial mínima estabelecida pela norma NBR 16416 (2015) para pavimentos permeáveis de concreto em vias de baixo tráfego, com um valor médio de 3,5 MPa, enquanto o traço (1:3) apresentou uma resistência média de 2,5 MPa, abaixo do limite mínimo exigido. Em relação à permeabilidade, ambos os traços atingiram o valor mínimo estabelecido pela norma, de 0,001 m/s, porém o traço (1:4) apresentou uma taxa de infiltração maior, com uma média de 0,003 m/s, enquanto o traço (1:3) apresentou uma média de 0,002 m/s.

Além disso, observou-se que a não utilização de agregado miúdo (areia) nos traços de concreto permeável contribuiu para a melhoria da condutividade hidráulica do material, conforme indicado pelos autores Nascimento, Marques e Rebouças (2018).

Esses resultados sugerem que o traço de concreto permeável (1:4) pode ser uma opção mais adequada para aplicação em pavimentos de vias urbanas de baixo tráfego, por apresentar uma maior resistência mecânica e permeabilidade em relação ao traço (1:3). No entanto, é importante ressaltar que a escolha do traço de concreto permeável deve ser avaliada de acordo com as características específicas da área de aplicação e levando em consideração os requisitos estabelecidos pelas normas técnicas.

Nesse comparativo o primeiro traço obteve maior resistência em relação ao segundo traço, como mostra o gráfico abaixo:

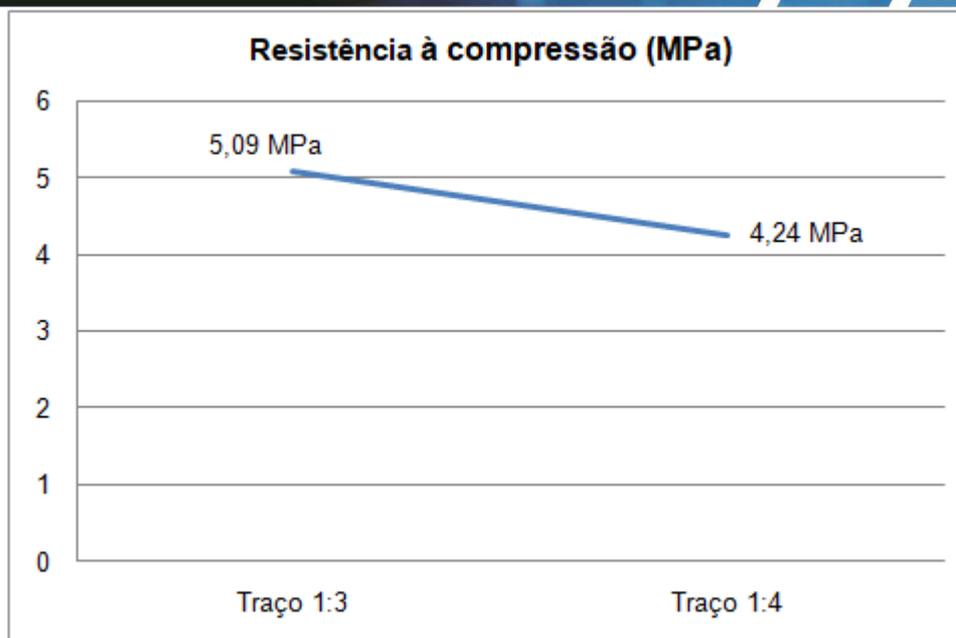


Figura 1 - Gráfico com resultado de resistência à compressão em unidade MPA

Analisando a taxa de infiltração dos traços (1:3) e (1:4), conforme os resultados dos autores citados, o segundo traço obteve maior taxa de infiltração do que o primeiro, como mostrado no gráfico a seguir:

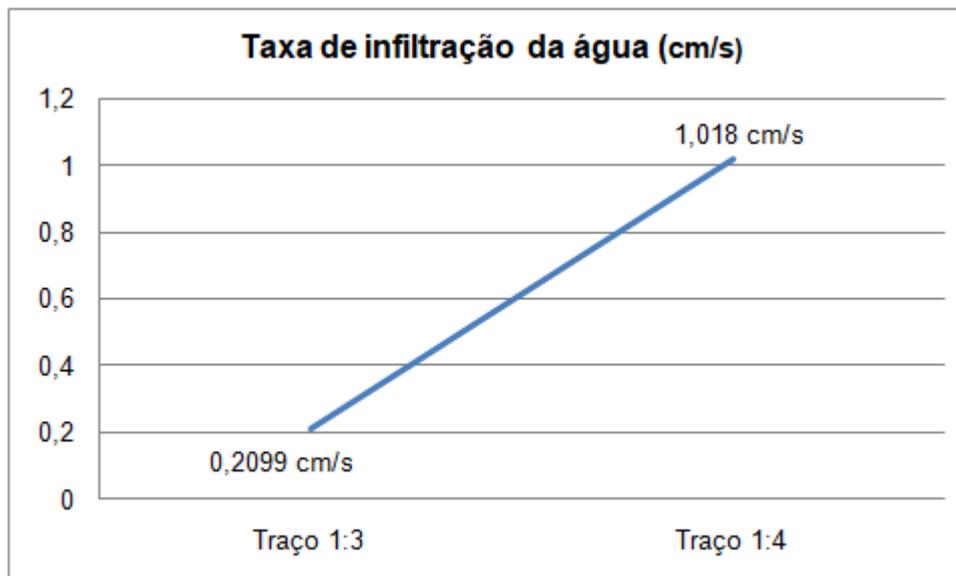


Figura 2 - Gráfico com resultado de infiltração de água em unidade cm/s.

2.3. DISCUSSÃO

A principal questão a ser discutida é o problema da urbanização acelerada e desordenada, que tem como consequência o aumento da impermeabilização do solo e o comprometimento das redes de drenagem durante os picos de cheia, gerando enchentes e

inundações e acarretando prejuízos à população e aos cofres públicos. Em particular, a cidade de Cristalina-GO, no bairro Jardim Planalto, é mencionada como exemplo de um local onde as ruas têm um sistema de drenagem falho, o que acarreta enchentes nas residências e comércios.

Para solucionar este problema, o artigo apresenta o concreto permeável como uma alternativa que tem sido bem aceita pelos especialistas. O concreto permeável permite a infiltração total ou parcial da água na pavimentação, devido a sua estrutura ser altamente porosa, e possui um grande número de vazios, permitindo assim que o lençol freático seja reabastecido. Além disso, o concreto permeável é considerado uma solução totalmente ecológica e sustentável, respeitando normas ambientais e contribuindo com a natureza.

Os resultados apresentados no estudo dos traços de concreto (1:3) e (1:4), que utilizaram a granulometria do agregado graúdo brita 0, sem agregado miúdo e relação água/cimento, apresentaram resistência de (5,09 MPa e 4,24 MPa), e permeabilidade de (0,2099 cm/s e 1,018 cm/s). Comparando os traços em questão, o traço mais recomendável para ser utilizado neste caso é o (1:4), pois além de ter um custo mais baixo, ele atingiu uma permeabilidade muito maior e uma resistência pouco menor, sendo o suficiente para ser aplicado em vias de tráfego baixo, atendendo aos requisitos mínimos necessários conforme a norma NBR 16416 (2015).

Em suma, o artigo apresenta uma solução inovadora e sustentável para o problema da drenagem urbana, que tem sido cada vez mais urgente devido ao crescimento desenfreado das áreas não permeáveis. O estudo dos traços de concreto permitiu uma avaliação técnica adequada e a escolha do traço mais recomendável para a aplicação na cidade de Cristalina-GO, solucionando assim o problema e gerando economia.

Em suma, gestão adequada das águas superficiais é crucial para o desenvolvimento sustentável, seja em áreas urbanas ou rurais. A impermeabilização do solo, como resultado da urbanização, leva a problemas como inundações, erosão do solo e instabilidade do terreno. A utilização de concreto permeável surge como uma solução inovadora e altamente benéfica para reduzir o escoamento superficial nocivo, melhorar a absorção de água pelo solo e recarregar o lençol freático, além de trazer vantagens em termos de manutenção, estética e qualidade ambiental. Os pavimentos permeáveis, uma aplicação do concreto permeável, visam reduzir o volume de água proveniente do escoamento superficial e melhorar a qualidade da água infiltrada, contribuindo para a recarga do lençol freático e prevenindo enchentes. Portanto, a utilização de concreto permeável e pavimentos permeáveis é altamente recomendada para reduzir a carga de drenagem e aumentar a recarga do lençol freático nas áreas urbanas e rurais, melhorando a sustentabilidade geral do ambiente.

3. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pelos autores citados, é possível constatar que os traços (1:3) e (1:4) atingiram as especificações mínimas de resistência e permeabilidade, conforme estabelecido pela norma NBR 16416 (2015), que estabelece uma resistência mínima de 2 MPa e uma permeabilidade máxima de 0,001 m/s.

Conforme apontado pelos autores, há uma relação inversa entre resistência e permeabilidade, ou seja, quanto maior a resistência, menor a permeabilidade e vice-versa. Portanto, é importante destacar que a escolha do tipo de traço e sua finalidade deve ser adequada para o uso pretendido.

Nesse sentido, considerando que os traços em questão são indicados para áreas de baixo tráfego, é possível apontá-los como uma opção para solucionar problemas de drenagem urbana. Isso porque, além de atenderem às especificações mínimas estabelecidas pela norma, esses traços apresentam uma permeabilidade adequada para permitir a infiltração da água no solo, contribuindo para a redução do volume de água na superfície e, conseqüentemente, prevenindo enchentes e alagamentos.

Portanto, os resultados obtidos pelos autores e a relação entre resistência e permeabilidade apresentada pelos traços (1:3) e (1:4) demonstram a importância de escolher o tipo de traço adequado para cada finalidade, destacando-se sua aplicação em áreas de baixo tráfego como uma alternativa para a resolução de problemas relacionados à drenagem urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDAWSARI, S. et al. Setting Time, Microstructure, and Durability Properties of Low Calcium Fly Ash/Slag Geopolymer: A Review. **Materials**, v. 15, n. 3, p. 876, 24 jan. 2022.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C/1701: Standard test method for infiltration rate of in place pervious concrete. West Conshohocken, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 (2018) "Concreto–Ensaio de compressão de corpo de prova cilíndrico", Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416 (2015). "Pavimentos Permeáveis de Concreto - Requisitos e Procedimentos".

BATEZINI, Rafael. Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FAEDDA, S. et al. The Role of Urban Environment Design on Health During the COVID-19 Pandemic: A Scoping Review. **Frontiers in Public Health**, v. 10, n. 10, 29 abr. 2022.

GONÇALVES, Andre Bertoletti; OLIVEIRA, Rafael Henrique de. Pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem. São Paulo: Escola Politécnica, 2014.

LARA, R. J. et al. Sundarban mangroves: diversity, ecosystem services and climate change impacts. **ri.conicet.gov.ar**, v. 2, n. 4, 1 dez. 2016.

MÜLLER, Marina Zart. Técnica compensatória de drenagem urbana: um estudo sobre pavimento de concreto permeável. Engenharia Civil-Pedra Branca, 2017.

NASCIMENTO, M. B. D; MARQUES, L. S; REBOUÇAS, L.M.C (2018). Estudo em escala de bancada da utilização do concreto permeável em pavimentação e drenagem de águas pluviais. *Ciência (In) Cena Bahia*, 1(7), 73-90.

RIFA'I, A. PHYSICAL MODELING OF PROPOSED POROUS DRAINAGE SYSTEM TO SOLVE INUNDATION PROBLEM. **International Journal of GEOMATE**, v. 15, n. 48, 1 ago. 2018.

SCHWETZ, P. F. et al. Concreto permeável: otimização do traço para pavimentação de fluxo leve. Lisboa, Portugal, 2015.

SURIPIN, S. et al. Reducing Stormwater Runoff from Parking Lot with Permeable Pavement. **E3S Web of Conferences**, v. 73, p. 05016, 1 jan. 2018.

SUZUKI, Carlos Yukio; AZEVEDO, Angela Martins; JÚNIOR, Felipe Issa Kabbach. Drenagem Subsuperficial de Pavimentos: conceitos e dimensionamento. *Oficina de Textos*, 2013, p 240

TAVARES, Lisiane Morfeo; DE SOUZA KAZMIERCZAK, Claudio. Estudo da influência dos agregados de concreto reciclado em concretos permeáveis. **RIEM-IBRACON Structures and Materials Journal**, v. 9, n. 1, 2016.