

PISO PERMEÁVEL: ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO PERMEÁVEL

PERMEABLE FLOOR: ANALYSIS OF PROPERTIES OF THE PERMISSIBLE CONCRETE

¹COSTA, V. A. C.; ²SOUSA, B. F.

^{1e2}Departamento de Engenharia –Faculdades Integradas de Ourinhos-FIO

RESUMO

As ações públicas voltadas a drenagem urbana tem sido na maior parte das vezes ineficazes, devido ao fato de estarem transferindo o volume de água das chuvas de um ponto para outro, quando deveriam destina-las ao solo, permitindo que o ciclo hidrológico ocorra naturalmente. Neste contexto, este projeto de pesquisa visa analisar diferentes traços de concreto permeável de cimento Portland, com as características necessárias para produção de pisos permeáveis, que possibilitem a infiltração dos volumes de águas para o solo através do seu revestimento e permitam o tráfego de pedestres, o outro ponto do estudo será analisar se as diretrizes da NBR 16416:2015 – Pavimentos Permeáveis de Concreto – Requisitos e Procedimentos, serão atendidas. Para realizar tal estudo, serão analisados em laboratório 2 traços com diferentes relações de água/cimento. Serão moldados e testados corpos de provas cilíndricos e prismáticos, para realização do ensaio de permeabilidade, resistência compressão simples e diametral. Os resultados demonstram que o traço de concreto permeável com desempenho satisfatório para utilização em calçadas foi o 1:3 com relação água/cimento 0,30, atendendo assim as diretrizes da NBR 16416:2015.

Palavras-chave: Concreto Permeável. Traços. Infiltração. Drenagem Urbana. Permeabilidade, NBR 16416:2015

ABSTRACT

Public actions directed to urban drainage have been mostly ineffective, due to the fact that they are transferring the volume of rainwater from one point to another when they should be sent to the soil, allowing the hydrological cycle to occur naturally. In this context, this research project aims to analyze different traces of permeable concrete of Portland cement, with the characteristics necessary for the production of permeable floors, which allow the infiltration of water volumes to the soil through its coating and allow pedestrian traffic. , another point of the study will be to analyze if the guidelines of NBR 16416: 2015 - Permeable Concrete Pavements - Requirements and Procedures, will be met. To perform this study, two traces with different water / cement ratios will be analyzed in the laboratory. Cylindrical and prismatic specimens will be molded and tested to perform the permeability test, simple and diametral compression strength. The results demonstrate that the permeable concrete process with satisfactory performance for sidewalk use was 1: 3 with water / cement ratio 0.30, as well as the guidelines of NBR 16416: 2015

Keywords: Permeable Concrete. Traces. Infiltration. Urban Drainage. Permeability. NBR 16416:2015

INTRODUÇÃO

O crescente aumento populacional do período pós-guerra e o processo de urbanização em interação com os cursos de água, sobrecarregou os sistemas de drenagem urbana existentes tornando-os obsoletos (FERGUSON, 2005). Uma das principais causas desta adversidade foi a redução das áreas permeáveis e

consequente aumento de áreas impermeáveis: telhados e coberturas, costões rochosos, ruas asfaltadas, áreas impermeabilizadas.

Como a água encontra obstáculos, ela escorre pela superfície ganhando poluentes e temperatura, não seguindo seu ciclo hidrológico natural que seria infiltrar no solo alimentando o lençol freático. Nos dias de intensa chuva, os sistemas de drenagem se sobrecarregam ocasionando enchentes. Nos períodos de seca os rios ficam sem água, gerando escassez no abastecimento dos municípios.

No Brasil, o crescimento exponencial da população veio a partir do ano de 1960, onde foi constatado que cerca de 30% da população vivia em áreas urbanas, evoluindo para 84,4% em 2010 (IBGE, 2010). Segundo Araújo (2000) este aumento da população urbana trouxe consequências para os sistemas de drenagem e ações públicas destinadas a este assunto, na maioria das vezes tem sido estruturais, no qual se resume a implementar sistemas de redes de drenagem que simplesmente transferem a inundação de um ponto para outro, sem de fato avaliar os benefícios da obra. Estas ações visam somente o efeito e não combatem a causa. Segundo Baptista (2007) um dado que caracteriza a ineficácia dos sistemas de drenagem atual é o valor que o país tem de prejuízo todos os anos com inundações. O Brasil tem um prejuízo de 2 bilhões de dólares por ano com inundações.

Como alternativa para este reduzir a impermeabilização nas cidades, estudiosos Franceses no período de 1945-1950, deram início aos primeiros estudos voltados aos pavimentos permeáveis, no qual é constituído de um concreto poroso. Este sistema viria a ser uma alternativa para sanar os problemas do sistemas de drenagem que estavam sobrecarregados, porém os resultados obtidos não foram suficientes, devido qualidade da liga se apresentar heterogênea e de baixa trabalhabilidade, não sustentando a estrutura por causa do grande número de vazios, devido a estas variáveis as pesquisas foram descontinuadas. Em 1970, vinte anos depois, o sistema foi novamente utilizado (FERGUSON, 2005).

Segundo a NBR 16416:2015 os pavimentos permeáveis se classificam em duas tipologias, sendo pavimentos permeáveis: revestidos com placas de concreto, no qual é o foco do presente estudo e o sistema moldado no local. Outra tipologia

de pavimento é o intertravado, que possuem como característica a função de drenarem a água escoada entre as juntas das peças de concreto.

O pavimento permeável possuiu características construtivas comuns as convencionais, tendo como diferencial a retirada do material fino no seu traço, trazendo assim a característica de permeabilidade para o sistema (URBONAS e STAHRÉ, 1993). O pavimento é constituído de concreto com traço de agregados graúdos e cimento, que tem como dispositivo principal o escoamento rápido da água através de um revestimento poroso de espessura que varia de 60 mm a 100 mm (NBR 16416, 2015). O sistema é muito utilizado em ruas, calçadas, estacionamentos e áreas externas.

O interesse pelos pisos permeáveis cresce na medida em que os órgãos públicos vêm se conscientizando a respeito da adoção deste material em calçadas, pistas de caminhadas, praças e demais áreas urbanas, principalmente em obras sustentáveis e condomínios em que há exigência de uma determinada porcentagem de área permeável.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados no laboratório de materiais da UNIFIO, análises dos traços de concreto permeável. Para elaboração dos traços foi utilizado cimento Portland CII-E-32 e brita 1. Foram utilizados como referência os estudos de outros autores (Castro, 2015; Holtz, 2011) e o ACI 522R-06 (2006). Nestes estudos, os autores utilizaram uma variedade de traços, sendo que o mais indicado, segundo os mesmos, seria a utilização da brita 0 e 1 como agregado graúdo, e uma variação no fator água/cimento de 0,26 a 0,45.

Schaefer et al. (2006) estudaram diversos processos de confecção de corpos de prova em laboratório. A conclusão destes autores foi que, a ordem da mistura dos materiais altera as características do concreto. Tendo em vista o fato de que é necessário realizar a mistura dos materiais na ordem correta, os autores desenvolveram um método com a finalidade de obter melhores condições nas propriedades mecânicas e hidráulicas. Seguindo as orientações dos mesmos o controle das misturas foi realizado por meio da massa específica aparente fresca e por visualização. Os autores verificaram que corpos de prova cilíndricos moldados, utilizando 15 golpes de bastão metálico em cada camada do corpo de prova, apresentam condições de resistência mecânica e curas aprimoradas. O processo

de compactação para os corpos de prova cilíndricos, foi com 45 golpes por amostra, dividindo-se em 3 camadas iguais. As amostras prismáticas foram compactadas em duas camadas, recebendo 25 golpes por camada. Os corpos de prova cilíndricos possuem dimensões de 100 mm de diâmetro por 200 mm de altura, já as prismáticas possuem 400 mm de lado e 100 mm de espessura.

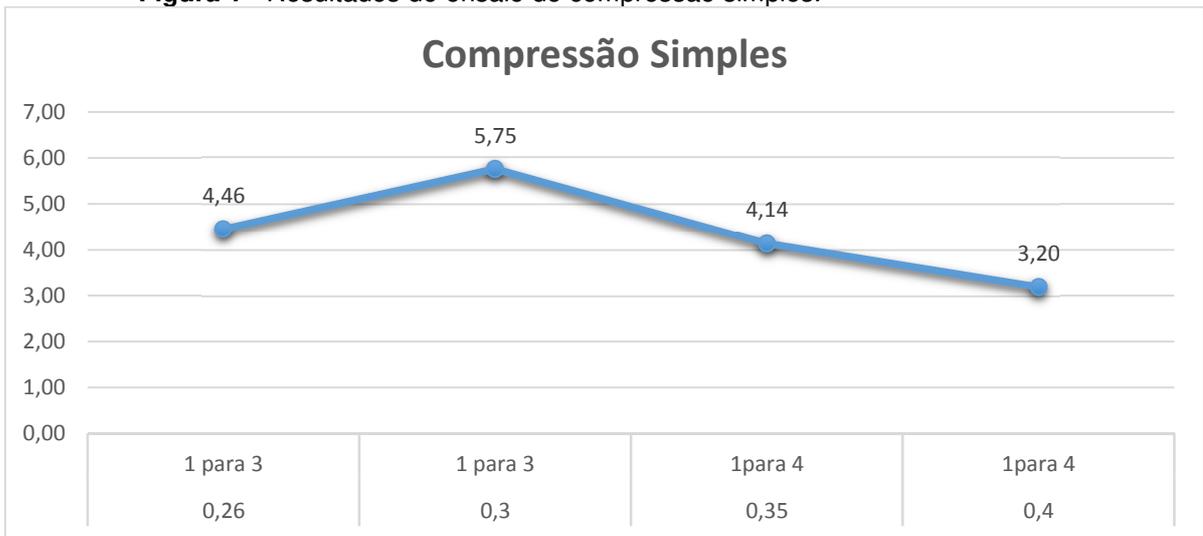
Para realizar o ensaio de consistência slump foi utilizado como referência a norma NM 67:1998. O ensaio de compressão simples é normatizado pela norma NBR 5739:2003. Para realizar o ensaio os corpos de prova foram mantidos em processo de cura úmida ou saturada, sendo ensaiados o mais rápido possível após a sua retirada do local de cura. O corpo de prova foi inserido na máquina de ensaio, aplicando a carga de forma contínua até ocorrer seu rompimento. O relatório do ensaio foi feito caracterizando o número de identificação do corpo de prova, data de moldagem, idade do corpo de prova, data do ensaio, resistência a compressão expresso em Mpa.

O ensaio de permeabilidade foi realizado de acordo com as determinações da norma NBR 16416:2015. A amostra foi limpada e o anel de infiltração posicionado no local de ensaio e vedado na parte que está em contato com a amostra. O ensaio foi realizado 2 minutos após a pré-molhagem da amostra. A água foi despejada no anel de infiltração de forma controlada para manter o nível da água entre a 10 mm a 15 mm. O intervalo de pré-molhagem deve ser marcado, sendo acionado o cronômetro assim que a água atingiu a superfície do pavimento. O cronômetro foi parado assim que não houve mais água livre na superfície do pavimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

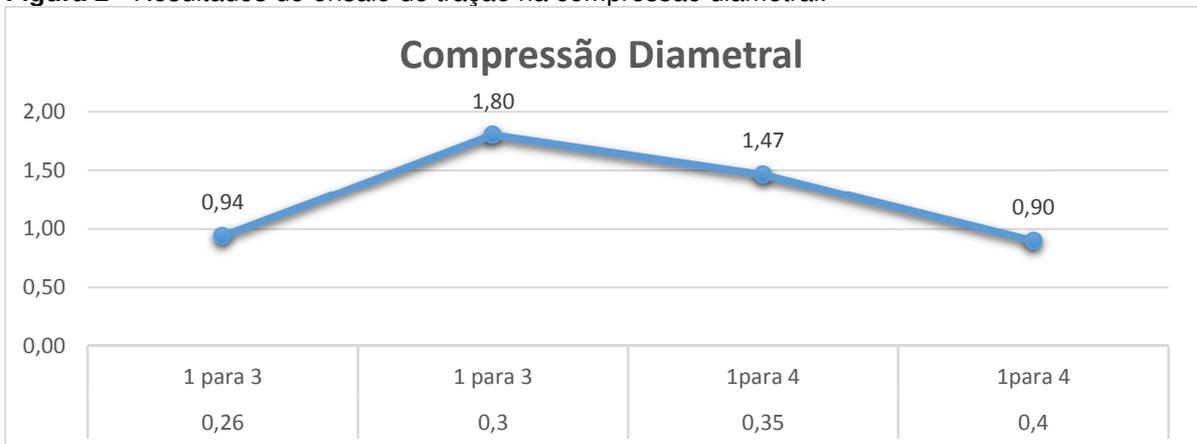
Resistência à Compressão Simples

Os resultados a compressão simples aos 28 dias de cura dos traços analisados, estão apresentados na Figura 2. Conforme Tennis et al (2004), apontou no seu estudo, a resistência a compressão simples do concreto permeável varia entre 3,5 a 28 Mpa. Nos traços analisados, apenas o 1:4 com relação a/c 0,4, não atingiu desempenho satisfatório e o traço 1:3 com relação a/c 0,3, apresentou o melhor desempenho entre os traços. Como não foram utilizados aditivos e cimentos de melhor desempenho, esperava-se que os resultados de resistência fossem baixos.

Figura 1 - Resultados do ensaio de compressão simples.

Resistência à Compressão Diametral

A Figura 2, apresenta os resultados da tração por compressão diametral aos 28 dias de cura. De acordo com Tennis et al (2014) a resistência por compressão diametral no concreto permeável varia entre 1 e 3,8 Mpa.

Figura 2 - Resultados do ensaio de tração na compressão diametral.

Os traços 1:3 com relação a/c 0,26 e o 1:4 com relação a/c 0,40, não apresentaram desempenho satisfatório. O traço 1:3 com relação a/c 0,30, apresentou o melhor desempenho. A ABNT NBR 16416:2015 estipula a resistência a tração na compressão diametral mínima de 1 Mpa. Levando em consideração esse critério, os traços 1:3 com relação a/c 0,30 e o 1:4 com relação a/c 0,35, estão aptos a serem aplicados em calçadas.

Permeabilidade

Os resultados dos coeficientes de permeabilidade de cada traço analisado, estão apresentados na Tabela 1. O traço com melhor desempenho no ensaio de permeabilidade foi o 1:4 com relação a/c 0,35. Todos os traços apresentaram desempenho satisfatório, segundo a ABNR NBR 16416:2015, no qual exige que o pavimento de concreto permeável, possua coeficiente de permeabilidade maior que 0,10 cm/s.

Tabela 1 - Resultados do ensaio de permeabilidade.

Traço	A/C	K (coeficiente de permeabilidade) cm/s
1:4	0,40	0,23
1:4	0,35	0,49
1:3	0,30	0,47
1:3	0,26	0,48

Figura 3 - Placa de concreto permeável após ensaio de permeabilidade.



CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que:

- A relação água/cimento influencia diretamente no desempenho da resistência mecânica do concreto permeável, visto que os traços 1:3 (a/c 0,30) e 1:4 (a/c 0,40) apresentam desempenho satisfatório para calçamento, porém os traços 1:3 (0,26) e 1:4 (0,35) não atingiram os mesmos resultados.

▪ O Traço 1:3 com relação a/c 0,30 é o mais adequado para ser utilizado como revestimento de pavimentos permeáveis, pois apresenta permeabilidade satisfatória e maior resistência mecânica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto– Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro 2003.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM ISO 3310 1: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação – Parte 1. Rio de Janeiro 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 26: Agregados – Amostragem**. Rio de Janeiro 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 27: Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 46: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75, por lavagem. Rio de Janeiro 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e Massa específica. Rio de Janeiro 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco cone. Rio de Janeiro 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de corpos-de-prova cilíndrico**. Rio de Janeiro 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142**: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismático. Rio de Janeiro 2010.

ACI 522R – 06 – Pervious Concrete

ACI 211.3R – 02 **Guilde for Selecting Proportions for No-Slump Concrete**

ASSOSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro. 2015
 URBONAS, B.; STAHR, P., 1993. **Stormwater Best Management Practices and Detention**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p.

ASSOSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12142: Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro. 2010

ASSOSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15805**:Pisos elevados de placas de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro. 2015

ARAUJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A.. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NA REDUÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p.21-29, 29 jul. 2000. Disponível em: <<http://rhama.com.br>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

AZAÑEDO, W.H.M., HELARD, C.H., MUÑOZ, R.G.V., **Diseño de mezcla de concreto poroso con agregados de la cantera La Victoria, cemento pórtland tipo i con adición de tiras de plástico, y su aplicación en pavimentos rígidos, en la Ciudad de Cajamarca**, Universidade Nacional de Cajamarca, 2007.

BATEZINI, Rafael. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves**. 2013. 133 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19072013-155819/publico/Dissertacao_Rafael_Batezin.pdf. Acesso em: 2 abr. 2019

CASTRO, Luiz Fernando A. **Estudo de traço de concreto permeável de cimento portland**. 2015. 55 p. Dissertação (Graduação) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2015.

COMO FUNCIONA a **drenagem urbana**. [S. /], [2017]. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/como-funciona-drenagem-urbana/>. Acesso em: 27 mar. 2019.

CONCRETO **permeável: qual sua função**. [S. /], 27 set. 2017. Disponível em: <https://cimentomaua.com.br/blog/concreto-permeavel-qual-funcao-vantagens-desvantagens/>. Acesso em: 2 abr. 2019.

HENDERSON, V.; TIGHE, S. L.; NORRIS, J. **Pervious Concrete Pavement**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board v. 2095, p 13-21, Nov 2009.

Committee 522, **Pervious Concrete**, 522R-06, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 25p.,2006,

HÖLTZ, Fabiano da Costa. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental**. 2011. 138 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LARENTIS, Dante. **Conceitos da drenagem urbana**. Drenagem, [S. l.], 24 abr. 2017. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/index.php/aguas-urbanas/conceitos-da-drenagem-urbana/>. Acesso em: 31 mar. 2019.

MANUAL DE DRENAGEM URBANA Versão 1.0 – Dezembro 2002. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu_ve rsao01.pdf> Acesso em: 28 mar. 2019.

MARCHIONI, Mariana. **Pavimentos permeáveis: uma alternativa sustentável para redução de riscos de inundação**. 29 slides. Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/03/Mariana%20Marchioni_SolucoesparaCidades_SeminarioDrenagemUrbana.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019.

SULEIMAN, M. T.; KEVERN, J.; SCHAEFER, V. R.; WANG, K. **Effect of Compaction Energy on Pervious Concrete Properties**, Proceedings of Concrete Technology Forum: Focus on Pervious Concrete, Nashville, TN, May 24-25, 2006.

SCHAEFER, V.; WANG, K.; SULEIMAN, M.; KEVERN, J. **Mix Design Development for Pervious Concrete in Cold Weather Climates**. Final Report, Civil Engineering, Iowa State University, 2006.

TENNIS, P.D.; LEMING, M.L; AKERS, DJ. **Pervious Concrete Pavements**, EB302, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, 36.,2004

URBONAS, B.; STAHERE, P., 1993. **Stormwater Best Management Practices and Detention**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p.