

ESTUDO EXPERIMENTAL DO CONCRETO PERMEÁVEL PARA PAVIMENTAÇÃO

Geovana Carla Gatto da Silva¹; Maria Aparecida Garcia Tommaselli²
geovanagatto1812@gmail.com¹; mariamachado@ufgd.edu.br²;

RESUMO – O pavimento permeável é um dispositivo que permite a infiltração de águas pluviais, devolvendo-as ao lençol freático sem que sobrecarreguem o sistema de drenagem, atenuando os picos de cheia urbana. O presente trabalho teve por objetivo estudar concretos porosos destinados ao revestimento de pavimentos permeáveis em áreas de tráfego de pedestres. Produziu-se dois concretos diferentes com variação do diâmetro máximo característico dos agregados graúdos para identificar a influência do mesmo em características físicas e mecânicas do concreto. Para isto, foram realizados ensaios de: massa específica aparente seca, índice de vazios, permeabilidade à carga constante e resistência à compressão uniaxial. Acreditou-se que o diâmetro máximo característico do agregado graúdo não influenciou nas características estudadas, mas sim na faixa de variação granulométrica do agregado empregado. O traço com variação mais uniforme apresentou melhores resultados em todas as características.

Palavras-chave: Concreto Poroso. Pavimentação. Drenagem.

ABSTRACT – The porous paving is a sustainable alternative that allows the rainwater's infiltration, leading it back to the water table, without it overloading the drainage system, mitigating the urban floods' highs. This work's purpose was to study porous concrete destined to permeable paving's covering in pedestrian's traffic's areas. Two different concretes were made with the variation of the characteristic maximum diameter of the coarse aggregates to identify the influence of itself in the concrete's physics and mechanical characteristics. In this regard, tests were made, including: apparent dryness specific mass, loopholes rates, constant load permeability and uniaxial compression resistance. According to the results, the relation within the characteristics determined in the tests and the characteristic maximum diameter was analyzed in the concrete's trace. It was believed that the characteristic maximum diameter of the coarse aggregate didn't influence the studied characteristics, but rather the range of particle size variation of the employed aggregate. The trace with more uniform variation presented better results in all characteristics.

Keywords: Porous Concrete. Paving. Drainage.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização, acontecimento histórico que se acelerou significativamente no século XXI, trouxe para a zona urbana grande parte da população. Em 1960, 36,2% da população brasileira vivia em zonas rurais, já em 2010 tinha-se apenas 16% desta população concentrada nas mesmas zonas (IBGE, 2010). Este processo de urbanização que ocorreu no Brasil de forma desenfreada e sem planejamento gerou uma grande concentração populacional em espaços reduzidos, disputas por recursos naturais, e aumento significativo das áreas impermeáveis, impactando de forma negativa o meio ambiente.

Segundo Virgillis (2009), o resultado da ação antrópica nesse meio tem sido o aumento das enchentes, inundações e a degradação acentuada da qualidade das águas. Pena (2016) considera que a melhor forma de lidar com esse problema é realizar uma devida prevenção, através de construção de sistemas eficientes de drenagem, a desocupação de áreas de risco, entre outras medidas paliativas, que vão além de um planejamento urbano mais consistente.

A drenagem urbana passou a ser um problema, o aumento do volume pluvial e a redução do amortecimento tem causado vazões máximas que podem representar seis vezes a vazão da pré-urbanização, assim, sobrecarregando o sistema de drenagem das cidades (TUCCI e GENZ, 1995).

Em contrapartida, surgiram novos estudos que buscam amenizar estes efeitos e entre eles, tem-se o pavimento permeável que é capaz de reduzir volumes de escoamento superficial e vazões de pico a níveis iguais ou até inferiores aos observados antes da urbanização (TUCCI, 2000).

Conhecido como pavimento poroso, atendem simultaneamente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento e cuja estrutura permite a percolação e/ou acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano à sua estrutura (NBR 16416 - 2015), isto é, um novo conceito de estrutura destinada a pavimentação, capaz de absorver a carga solicitada pelo fluxo de veículos e pedestres, além de possuir vazios devido a presença de pouco ou nenhum agregado miúdo que permite a drenagem da água e quando dimensionado corretamente, é capaz de diminuir drasticamente, ou até mesmo anular o escoamento superficial (SILVA *et. al.*, 2014).

Para o correto dimensionamento da espessura das camadas, deve-se considerar as premissas de volume de tráfego, tipo de carregamento, número de solicitações e outros fatores mecânicos, além de associa-los às premissas hidráulicas de tempo de armazenamento, tempo de retenção e condutividade hidráulica (VIRGILLIS, 2009).

Tendo em vista os danos ambientais causados ao longo dos anos pela urbanização, estudos em busca de alternativas ecologicamente viáveis ganhou espaço no cenário da drenagem, como por exemplo, as *Best Management Practices* (BMPs), criadas pela *Environmental Protection Agency* (EPA). As BMPs são práticas baseadas no planejamento do controle de águas pluviais em escala de bacia com o uso de estruturas físicas de armazenamento e infiltração do escoamento, não transferindo o problema de montante para jusante através do cursor d'água (McCUEN, 1989; URBONAS E STAHLRE, 1993; SCHUELER, 1987; BAPTISTA E NASCIMENTO, 2005).

O pavimento permeável, é uma tecnologia nova e está inclusa nas práticas propostas pela EPA que já se mostrou bastante eficiente no auxílio do escoamento rápido na superfície. Porém, por tratar-se de uma nova tecnologia que despende espaço, gastos e novas responsabilidades, traz consigo um cenário de desconforto, incertezas e resistência por parte de técnicos e proprietários (TUCCI, 2003).

Considerando os benefícios que este tipo de dispositivo pode ocasionar no escoamento superficial da água, o presente trabalho teve como objetivo analisar dois traços de concreto poroso destinado à camada de revestimento de um pavimento permeável, que se diferenciaram pela variação granulométrica do agregado graúdo empregado, levando em consideração características mecânicas e hidráulicas, através de ensaios de caracterização de resistência a compressão uniaxial e permeabilidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PAVIMENTO PERMEÁVEL

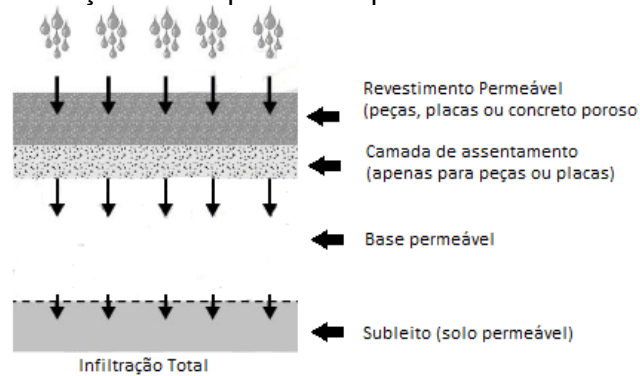
Os pavimentos permeáveis são utilizados para substituir os convencionais de áreas com tráfego leve até moderado, como estacionamentos, parques e calçadas, visando diminuir os impactos da urbanização no sistema de drenagem das cidades e na ocorrência de enchentes.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), pavimento permeável é aquele dotado de revestimento superficial permeável, estrutura porosa e dispositivos de facilitação de infiltração. O concreto poroso é composto por aglomerante, agregado graúdo de graduação uniforme ou com pequena variação na dimensão característica do mesmo, pouco ou nenhum agregado miúdo e água, sendo possível adicionar aditivos que possam contribuir com desempenho, durabilidade e trabalhabilidade do concreto.

Este pavimento absorve quase instantaneamente o escoamento através de um revestimento com espessura de 5 a 10 cm que funciona como condutor, seguindo para um filtro de agregado graúdo com espessura de 2,5 cm e usualmente executado com material

britado de graduação uniforme de 1,9 cm de diâmetro. Após passar pelo filtro o escoamento vai para um reservatório de pedras com diâmetros de 3,8 a 7,6 cm, que pode ser conduzido para uma rede drenagem ou simplesmente pode se infiltrar na camada do subsolo que se encontra abaixo do reservatório (TUCCI, 2003). A Figura 1 ilustra a estrutura de um pavimento permeável com infiltração total.

Figura 1: Ilustração de um pavimento permeável com infiltração total.



Fonte: Adaptado da NBR 16416 (ABNT, 2015).

2.2. CONCRETO POROSO

Segundo Virgillis (2009), o revestimento além de ser o responsável pela transferência dos esforços para as camadas inferiores é um elemento caro, já que este é constituído por um material resistente ao desgaste, além de possuir, dependendo de sua composição, elevada porosidade e boa drenabilidade (BATEZINI, 2012). Este revestimento é constituído por pisos intertravados de concreto poroso.

As propriedades do concreto poroso dependem da granulometria, quantidade de cimento, relação água/cimento e quantidade de vazios (AZAÑEDO, HELARD E MUÑOZ, 2007).

As principais diferenças entre este tipo de concreto e o concreto convencional está na dimensão máxima característica (DMC) do agregado graúdo e na quantidade de agregado miúdo da mistura, sendo que no concreto poroso o DMC deve ser uniforme ou atender uma pequena variação estipulada e possuir pouco ou nada de agregado miúdo. Em relação as proporções do traço da mistura de concreto permeável, como relação água/cimento, cimento/agregado graúdo e outros, é necessário um controle visual rigoroso para conseguir atingir as características desejadas (TENNIS, 2003).

Para exemplificar, a Tabela 1 mostra faixas usuais das proporções e consumo de uma mistura de concreto poroso.

Tabela 1: Consumo e proporções usuais dos materiais utilizados no concreto poroso.

Materiais	Consumo/Proporção
Aglomerante (Kg/m ³)	270 a 415
Agregado graúdo (Kg/m ³)	1190 a 1700
Relação água/cimento em massa	0,27 a 0,35
Relação cimento/agregado em massa	1:3 a 1:4,5
Relação agregado miúdo/agregado graúdo em massa	0 a 1:1

Fonte: Adaptado, Batezini (2012).

Pode-se adicionar aditivos que melhoram a cura, trabalhabilidade e desempenho do produto. Os mais usuais são aditivos superplastificantes, retardadores de pega e redutores de água, sendo este último dependente da relação água/cimento adotada na mistura (PERVIOUS CONCRETE PAVEMENT, 2011).

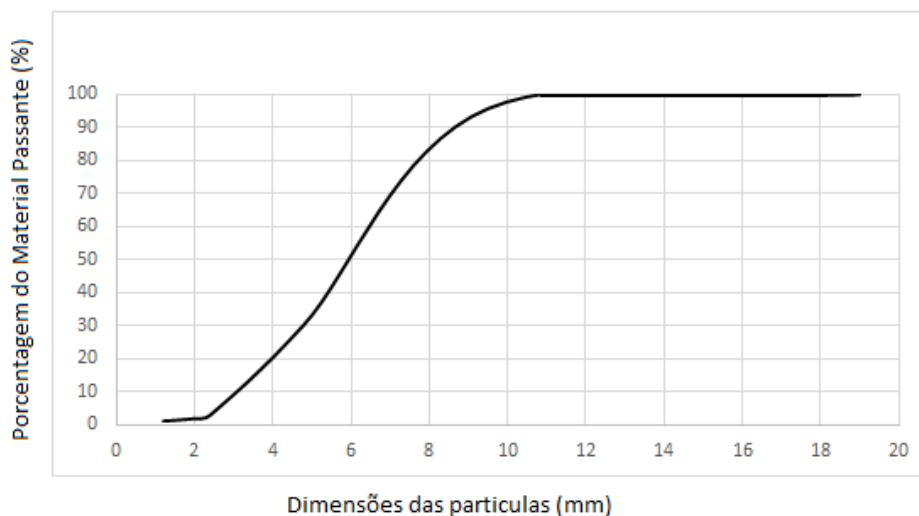
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS

O presente trabalho analisou dois traços de concreto permeável no intuito de verificar a variação das características hidráulicas e de resistência de ambos. Um traço possuía agregados graúdos com dimensão característica de 9,5 a 6,3 mm e outro com a variação da DMC de 6,3 a 2,4 mm. Todos os traços possuíam nenhum agregado miúdo. O agregado graúdo empregado foi o pedrisco para ambos, selecionando-os de acordo com as dimensões características desejadas.

A Figura 2 mostra a curva granulométrica do agregado utilizado e a Tabela 2 suas características.

Figura 2: Curva granulométrica do agregado graúdo empregado na produção do concreto.



Fonte: Autor (2019).

Tabela 2: Características do agregado graúdo utilizado nas misturas.

Característica	Valor
Modulo de Finura	4,71
Diâmetro Máximo Característico (mm)	9,5
Material Pulverulento (%)	2,5

Fonte: Autor (2019).

Como aglomerante foi usado Cimento Portland CP V-ARI, que possui alto desempenho de resistência inicial em baixas idades. Este não é o tipo de cimento indicado como mais adequado pois não possui características de resistência a sulfatos e cloretos, porém cimentos de alto forno são mais escassos na região e o presente trabalho não visa analisar características de durabilidade.

3.2. MÉTODOS

A redução da amostra de campo do agregado graúdo empregado foi feita por quarteamento, seguindo a NBR NM27 (2001) e a determinação da composição granulométrica do agregado foi feita atendendo os requisitos da NBR NM248 (2003).

A escolha do traço foi feita através de revisão de estudos feitos anteriormente de forma experimental. Partiu-se de um traço obtido por Batezini (2012) com adaptação do aglomerante e DMC do agregado graúdo. Não há nada regulamentado para a dosagem deste tipo de concreto. Desta forma, para analisar qual a influência do diâmetro máximo característico nos parâmetros de resistência a compressão uniaxial e permeabilidade, estudou-se dois traços que se diferenciaram pela composição granulométrica do agregado graúdo.

Todo o pedrisco utilizado na produção dos concretos foi devidamente separado com o auxílio de um agitador de peneiras para ser empregado corretamente de acordo com as dimensões características desejadas. A Tabela 3 mostra a proporção de agregados utilizados nas moldagens dos corpos de prova.

Tabela 3: Proporções dos agregados utilizados nos traços.

Traços	% Material Retido		
	6,3 a 9,5 mm	4,8 a 6,3 mm	4,8 a 2,4 mm
1	100	0	0
2	0	50	50

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 4 apresenta o consumo real de materiais empregados no experimento.

Tabela 4: Consumo e proporções reais dos materiais utilizados na dosagem.

Materiais	Consumo/Proporção
Aglomerante (Kg/m ³)	374
Agregado graúdo (Kg/m ³)	1660
Relação água/cimento em massa	0,3
Relação cimento/agregado em massa	1:4,14
Relação agregado miúdo/agregado graúdo em massa	0

Fonte: Adaptado, Batezini (2012).

Adicionou-se o agregado graúdo na betoneira com 5% do total de cimento utilizado, misturou-se por 1 minuto, posteriormente adicionou-se todo o restante dos materiais, incluindo a água, e misturou-se por mais 3 minutos. Deixou-se a mistura em repouso por 3 minutos e para finalizar, misturou-se por 2 minutos (SHAEFER *et. al.* 2006).

O controle da mistura foi feito através de análise e acompanhamento visual além de um exame tátil visual - que consiste em apertar uma pequena amostra do concreto em estado fresco na mão e verificar se a consistência é suficiente pra unir o concreto em bolinhas - e massa específica aparente no estado fresco garantiram que as misturas atenderam ao processo sugerido por Shaefer *et.al.* (2006). A Figura 3 mostra o momento do exame tátil visual de do traço 1.

Figura 3: Exame tátil visual do traço 1.



Fonte: Autor (2019).

A moldagem dos corpos de provas cilíndricos atendeu a norma NBR 5738 (ABNT, 2015), com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. Os corpos de prova em formato de *pavers* atenderam a norma NBR 9781 (ABNT, 2013) e possuíram dimensões de 200 mm de largura, 250 mm de comprimento e 60 mm de espessura. Todas as moldagens foram executadas em 3 camadas, com energia de compactação de 15 golpes para cada camada. Por falta de equipamentos não foi possível realizar a vibração para melhor compactação. Esperou-se 24 horas para a desmoldagem e em seguida colocou-se todos os corpos de prova na câmara úmida, onde permaneceram por 28 dias. As Figuras 4 e 5 mostram corpos de provas desmoldados depois de 24 horas.. Para fins comparativos, os valores de resistência a compressão uniaxial foram comparados com resultados obtidos por Tennis, Leming e Akers (2004) pois se tornou inviável a produção dos corpos de provas recomendados pela NBR 16416-2015 devido ao consumo do material.

Figura 4: Corpo de prova cilíndrico.



Figura 5: Corpo de prova prismático.



Fonte: Autor (2019).

Para as medidas de permeabilidade adotou-se o método proposto pela NBR 16416 (ABNT, 2015). A Figura 6 mostra a preparação do ensaio de permeabilidade proposto pela norma.

Figura 6: Preparo para o ensaio de permeabilidade proposto pelo Anexo A da NBR 16416.



Fonte: Autor (2019).

Para a verificação da resistência à compressão adotou-se o método proposto pela NBR 9781 (ABNT, 2013).

Os ensaios de massa específica aparente seca e índice de vazios seguiram as diretrizes da NBR 9778 (ABNT, 2005).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. MASSA ESPECÍFICA E ÍNDICE DE VAZIOS

Considerando os resultados apresentados por Batezini (2012), foi esperado que os valores obtidos de massa específica aparente seca variassem entre 1.700 e 2.000 kg/m³ e de índice de vazios entre 20 e 28%. O traço 1 apresentou bons resultados em ambos requisitos, porém o traço 2 obteve um resultado 15% inferior ao esperado para o índice de vazios como pode-se observar na Tabela 5.

Tabela 5: Massa específica aparente no estado fresco e índice de vazios.

Traço	Massa específica aparente no estado fresco (kg/m ³)	Massa específica aparente seca (kg/m ³)	Índice de Vazios (%)
1	1.523	1.956	25
2	1.488	1.870	17

Fonte: Autor (2019).

Ao comparar a massa específica seca obtida à do concreto convencional, que é usual variar entre 2.400 kg/m³ a 2.500 kg/m³ (BATEZINI, 2012), observou-se que o traço 1 obteve um valor inferior em 21% e o traço 2 em 24%. Isto acontece devido ao grande número de vazios, responsável por deixar o concreto mais leve.

Esperava-se que os índices de vazios dos dois traços fossem próximos, considerando que em nenhum deles aplicou-se o uso de agregados miúdos, porém o traço 2 teve um resultado inferior. Esta discrepância pode ter ocorrido devido a variação de tamanhos das partículas presentes no traço 2, já que o uso de agregados de tamanho único favorece a permeabilidade e o índice de vazios (LIAN e ZHUGE, 2010).

4.2. RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO UNIAXIAL

Os ensaios de resistência à compressão uniaxial foram feitos com o concreto na idade de 28 dias.

A Figura 7 mostra o corpo de prova rompido e observou-se que o rompimento do corpo de prova ocorreu entre os agregados, na região em que a pasta de cimento faz a ligação.

Figura 7: Corpo de prova rompido no ensaio de compressão uniaxial.

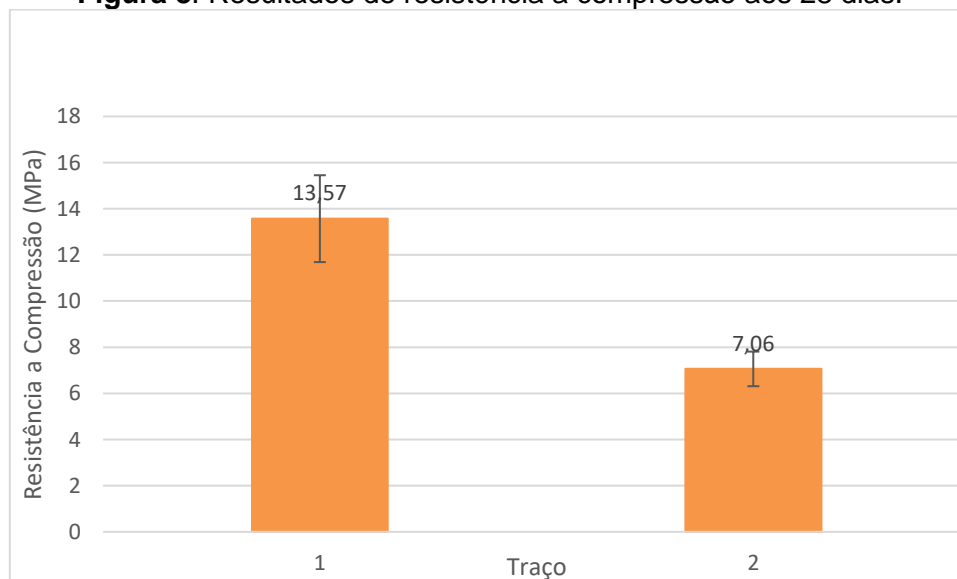


Fonte: Autor (2019).

Pôde-se observar que os agregados permaneceram íntegros. Isto comprova a afirmação de Mulligan (2005), o qual concluiu experimentalmente que a resistência de ligação do concreto poroso entre agregados é inferior a resistência do próprio agregado.

Os valores de resistência a compressão obtidos no ensaio estão apresentados na Figura 8.

Figura 8: Resultados de resistência a compressão aos 28 dias.



Fonte: Autor (2019).

De acordo com Tennis, Leming e Akers (2004), os valores de resistência a compressão do concreto poroso podem variar entre 4,1 e 55,8 MPa, assim pode-se observar que ambos os traços se encontraram dentro do limite, mas esperava-se que os valores de resistência obtidos estivessem inversamente relacionados com os valores de índices de vazios, mas o traço 2 contestou isso.

Segundo Lian e Zhuge (2010), o que influencia positivamente na resistência à compressão é a variação do tamanho das partículas, enquanto um tamanho único pode gerar uma resistência mais baixa, porém, os resultados obtidos não foram os esperados nesse quesito. Acredita-se que a baixa relação a/c somada ao calor excessivo no dia da concretagem pode ter influenciado. A falta de água da mistura pode resultar em uma massa sem consistência e com baixa resistência (AZAÑEDO, HELARD E MUÑOZ, 2007).

4.3. PERMEABILIDADE

A Figura 9 mostra um corpo de prova no formato *paver* e sua característica de permeabilidade.

Figura 9: Amostra de concreto poroso formato paver.



Fonte: Autor (2019).

Os valores de coeficiente de permeabilidade recomendados pela NBR 16416 (ABNT, 2015) para o concreto poroso utilizado como revestimento em pavimentos permeáveis devem ser maior que 0,10 cm/s. Os dois traços ficaram dentro do que é estabelecido pela norma, como se observa na Tabela 6.

Tabela 6: Dados do ensaio de permeabilidade e coeficientes de permeabilidade.

Mistura	Pré-molhagem (s)	k1 (cm/s)	k2 (cm/s)	k3 (cm/s)	Média	Desvio Padrão
1	9,53	0,81	0,79	0,76	0,786	0,020551
2	30,09	0,15	0,15	0,14	0,146	0,004726

Fonte: Autor (2019).

O coeficiente de permeabilidade obtido para o traço 1 é cinco vezes maior que o do traço 2. Isso pode ser explicado através da relação com o índice de vazios, quanto maior a porosidade do material, maior será seu coeficiente k , considerando que o que torna o concreto permeável é a interconexão de seus vazios (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

5. CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou analisar a influência da variação granulométrica do agregado graúdo empregado no concreto permeável em relação a características físicas e mecânicas. Pôde-se concluir que:

- O concreto poroso produzido apresentou-se consideravelmente mais leve quando comparado ao convencional, com massa específica aparente seca inferior em aproximadamente 20%.
- A faixa granulométrica do agregado graúdo empregado na mistura, provavelmente influenciou nos resultados de índice de vazios. Quanto mais uniforme a faixa granulométrica do agregado, maior pode ser o índice de vazios.
- A relação água/cimento de um traço de concreto poroso é um fator estritamente importante e deve ser mantida com cautela, pois pode influenciar nos valores de resistência à compressão, quando em menor quantidade pode produzir concretos sem consistência e com resistência a compressão aproximadamente 50% inferior ao esperado devido ao enfraquecimento da pasta de ligação.
- O coeficiente de permeabilidade, provavelmente, foi influenciado pela diferença da granulometria dos concretos, podendo ser 5 vezes maiores para traços com a variação granulométrica do agregado graúdo uniforme, quando comparados a traços com faixa granulométrica mais abrangentes.

6. AGRADECIMENTOS

À CONCRELUZ Ltda. pelo fornecimento de todo o material necessário para a produção do concreto e por todo o apoio necessário durante o processo.

Aos meus familiares, principalmente a minha mãe Nereide, por todo o esforço, dedicação e bom exemplo e ao meu primo Vitor que nunca me desamparou.

À minha querida Prof.^a Dr.^a Orientadora Maria Aparecida Garcia Tommaselli por toda a orientação e suporte.

À equipe do Laboratório de Engenharia e Processos da Universidade Federal da Grande Dourados.

Aos amigos Suziellen, Carlos, Edmundo, Roberto, Vinicius e José, sem vocês o caminho teria sido muito mais duro.

7. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Para a continuação dos estudos, deixa-se como sugestão o estudo de sedimentação de partículas que possam ocasionar o entupimento dos vazios e o prejuízo no coeficiente de permeabilidade ao longo do tempo.

8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM27: Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório**. Rio de Janeiro, 2001.

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

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. **NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

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**. Ciudad de Cajamarca, Universidade Nacional de Cajamarca, 2007.

BATEZINI, R. **Estudo Preliminar de Concretos Permeáveis como Revestimento de Pavimentos para Áreas de Veículos Leves**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2012.

CAPIELLA, K.; BROWN, K. **Impervious Cover and Land-use in the Chesapeake Bay Watershed**. Center for Watershed Protection (CWP), Ellicott City, MD, 2001.

FERGUSON, B.K. **Porous Pavements: The overview**. University of Georgia, School of environmental desing, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. 1991. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=283450>>. Acesso em: 08/06/2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08/06/2019.

LIAN, C., ZHUGE, Y. **optimum mix design of enhanced permeable concrete – na experimental investigation**. Elsevier Journal Construction and Building Materials, 2010.

McCUEN, R.H. **Hydrologic Analysis and Design**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 1989.

MEHTA, P.K., MONTEIRO, P. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3ª ed. Ibracon, São Paulo, 2008.

MULLIGAN, A.M. **Attainable Compressive Strength of Pervious Concrete Paving Systems**. Master's thesis, Florida, United States, 2005.

PENA, R.A. **O Problema das Enchentes**, 2016. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/enchentes.htm>>. Acesso em: 25/07/2019.

PERVIOUS CONCRETE PAVEMENT, 2011. Disponível em <<http://www.perviouspavemente.org>>. Acesso em: 19/07/2019.

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.

SCHUELER, T. R. **Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Design Urban BMPs**. Washington: Metropolitan Council of Government, 1987.

SILVA, R. A.; CALLEJAS, I. A.; ALBUQUERQUE, A. C.; OLIVEIRA, A. S. **Caracterização termo física mecânica do pavimento confeccionado com concreto permeável destinado à pavimentação urbana**. Congresso Brasileiro de Concreto, 2014.

TENNIS, P.D.; LEMING, M.L.; AKERS, D.J. **Pervious Concrete Pavements**. EB302.02, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, United States, 2004.

TUCCI, C. E. M., **Hidrologia, ciência e Aplicação**, 2ª Ed., Porto Alegre: ED Universidade/UFRGS: ABRH, (2000).

TUCCI, C.E. M.; **Parâmetros dos Hidrogramas Unitários para Bacias Urbanas Brasileiras**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, Vol. 8, 2003.

TUCCI, C. E. M. & GENZ, F. **Controle do Impacto da Urbanização**. In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L.; Barros, M. T. – organizadores; Drenagem Urbana, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 5, Editora da Universidade, Porto Alegre. 1995.

UDFCD – Urban Drainage And Flood Control District. **Urban Storm Drainage Criteria Manual**. Vol. 3, Stormwater Best Management Practices, Colorado, United States, 2010.

URBONAS, B.; STAHR, P. **Stormwater: Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage and CSO Management**. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, United States, 1993.

VIRGILLIS, A. L. C. **Procedimentos de Projeto e Execução de Pavimentos Permeáveis Visando Retenção e Amortecimento de Picos de Cheias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.