

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA POR MEIO DE PAVIMENTOS DRENANTES/  
PERMEÁVEIS: NOVAS FERRAMENTAS PARA OTIMIZAÇÃO DE DRENAGEM  
URBANA**

CLERICI, Naiara Jacinta<sup>1\*</sup>; LERMEN, Andréia Monique<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, *Campus* Cerro Largo, Rua Jacob Reinaldo Haupenthal, 1.580, Cerro Largo-RS, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis, Cerro Largo, RS, Brasil.

\*Autor Correspondente: [naiaraj.clerici@gmail.com](mailto:naiaraj.clerici@gmail.com)

**RESUMO**

Desde a formação das primeiras aglomerações humanas é procurado efetuar implementações próximas a sítios de cursos d'água, visando o suprimento de água para o consumo. No contexto da sociedade atual, os recursos hídricos são essencialmente úteis ao homem à medida que estes vão sendo adequadamente controlados, contidos ou transportados de acordo com finalidades específicas de uso. Mas o aproveitamento da água implica, fervorosamente, na implantação de obras de drenagem e de engenharia hidráulica. Objetivou-se a possível aplicação de pavimentos permeáveis capazes de impulsionar a acurácia da drenagem urbana, visto que promovem o controle na taxa de escoamento superficial, evitando elevados picos de vazão quando bem operados, que são a causa das enchentes em grandes centros altamente povoados. O estudo foi dado por meio da criação de protocolo de busca, análise e seleção de trabalhos encontrados, utilizando as bases de dados Scopus e Portal Periódicos Capes. Os descritores utilizados foram “drenagem urbana”, “pavimentos permeáveis”, “parâmetros de projeto”. Com o emprego dos pavimentos permeáveis há melhoria na qualidade da água de escoamento, pois permite a atenuação da concentração de poluentes presentes na água de escoamento superficial, pelo fato de suas estruturas promoverem a remoção destes poluentes por adsorção, infiltração e degradação biológica, evitando que esses contaminantes atinjam corpos hídricos receptores causando a sua degradação. Portanto é necessário buscar incentivo

para a construção de estruturas que reduzem a impermeabilização do solo na cidade, como é o caso da utilização de pavimentos drenantes/permeáveis e o aumento de áreas verdes com alta capacidade de infiltração.

**Palavras chave:** Drenagem urbana, Pavimentos permeáveis, Parâmetros de projeto.

## **TECHNOLOGICAL INNOVATION THROUGH DRAINING/ PERMEABLE FLOORS: NEW TOOLS FOR OPTIMIZING URBAN DRAINAGE**

### **ABSTRACT**

Since the formation of the first human settlements, it has sought to carry out implementations close to watercourse sites, aiming at the supply of water for consumption. In the context of today's society, water resources are essentially useful to man as they are properly controlled, contained or transported according to specific purposes of use. However, the use of water fervently implies the implementation of drainage works and hydraulic engineering. The objective was the possible application of permeable pavements capable of boosting the accuracy of urban drainage, as they promote control in the surface runoff rate, avoiding high flow peaks when well operated, which are the cause of floods in large, highly populated centers. The study was carried out through the creation of a search, analysis and selection protocol for works found, using the Scopus and Portal Periódicos Capes databases. The descriptors used were “urban drainage”, “permeable pavements” and “design parameters”. With the use of permeable pavements there is an improvement in the quality of runoff water, as it allows the concentration of pollutants present in runoff water to be attenuated, due to the fact that its structures promote the removal of these pollutants by adsorption, infiltration and biological degradation, preventing these contaminants from reaching receiving water bodies causing their degradation. Therefore, it is necessary to seek incentives for the construction of structures that reduce soil impermeability in the city, such as the use of draining / permeable pavements and the increase of green areas with high infiltration capacity.

**Keywords:** Urban drainage, Permeable pavements, Design parameters.

## **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente a drenagem urbana tem o objetivo de minimizar os riscos que a população está sujeita, diminuindo os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável, e ainda procurar propor soluções ambientais adequadas prevenindo com inteligência e conhecimento qualquer desastre natural que venha acontecer, como é o caso de inundações (TUCCI, 2002).

Desde modo, um grande aliado a fim de impulsionar as ações da tecnologia em prol do cessamento das inundações são os pavimentos drenantes, que agem de forma a drenar as águas das chuvas. São pavimentos que atendem simultaneamente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento e cuja estrutura permite a percolação e/ou o acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano à sua estrutura civil (CANHOLI, 2005).

O escoamento superficial na maioria das vezes acaba por saturar os meios de infiltração hídricos. Existem espaços físicos que facilitam o escoamento como a cobertura vegetal, área rural e área residencial na porcentagem de 95%, 70% e 30% respectivamente, por outro lado existem locais como as áreas urbanas que possuem apenas 5% de possibilidade de ocorrer uma efetiva drenagem das águas, e logo regridem e traçam o caminho inverso de uma boa drenagem, o que justifica as inundações em grandes aglomerados urbanos caracterizados como grandes obras civis desprovidos de elementos naturais que possam vir a subsidiar a percolação dos líquidos (MARCHIONI, 2012).

Neste sentido, a inovação a partir do uso de pavimentos drenantes nas bases de diversos espaços físicos torna-se uma alternativa para projetos que buscam funcionalidade e beleza com respeito ao meio ambiente. De maneira que a água infiltre nos poros da peça e, juntamente com a preparação de uma base drenante, permite a perfeita infiltração da água e a passagem dos nutrientes para o solo. Assim, ao longo deste trabalho será abordado diferentes tipos de pavimentos drenantes, suas aplicações, especialmente parâmetros voltados a engenharia de projetos aplicados (URBONAS; STAHERE, 1993).

## **2 DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS**

### **2.1 REFERENCIAL TEÓRICO**

O gatilho que levou para a efetiva proliferação dos pavimentos drenantes ou permeáveis foi a NBR 16.416, definindo as diferentes tipologias de pavimentos permeáveis e sistemas de infiltração. É imprescindível para a acurácia desse novo produto, métodos de

ensaio, os quais devem ser adotados para as diferentes camadas, ou seja, na base, sub-base e assentamento do projeto, bem como para os materiais utilizados nas juntas e no revestimento. Na norma ainda são abordadas também as questões de execução, limpeza e manutenção dos pavimentos permeáveis de concreto, apresentando requisitos e diretrizes a serem cumpridos para que estes procedimentos sejam realizados de forma adequada (ABNT, 2015).

Na camada superficial os pavimentos devem resistir às solicitações produzidas pelo tráfego e permitir a infiltração da água da chuva, atualmente há três tipos de superfícies pavimentadas que atendem estes pré-requisitos, o asfalto poroso, concreto poroso e blocos de concreto vazado. Já na camada base ou reservatório são transmitidas as solicitações aplicadas na camada superior para o solo suporte, onde fica armazenado provisoriamente a água proveniente da chuva, portanto deve se haver a compatibilidade entre a camada superficial, o tipo de tráfego, os aspectos construtivos a porosidade e o custo. Nas interfaces entre camadas deve ser feita utilizando um filtro geotêxtil ou uma geomembrana, a qual servirá para conter os finos do revestimento nesta camada e permitir que a água infiltre no reservatório, existe uma necessidade estrutural contida na interface entre o reservatório e o solo suporte que depende da função do pavimento, deste modo recomenda-se emprego de geomembrana ou geotêxtil rebocado com material betuminoso para impedir a penetração da brita no solo, e do solo na brita (ACIOLI, 2005; ANDRADE, 2016).

Os pavimentos drenantes, devem ser empregados levando em conta a escolha do período de retorno em função da disponibilidade de dados de precipitação da região geográfica, pelo fato de as precipitações serem amplamente diferentes em todo território. Em termos práticos adota-se um tempo de retorno da chuva para projetos de estruturas de infiltração total de 10 anos (CIRIA, 1996).

Os pisos drenantes ou permeáveis podem ser implementados no intuito de efetivar fatores além da drenagem urbana, como mitigação de ilhas de calor urbanas. Liu e Long (2019) investigaram o desempenho do pavimento em termos de mitigação do efeito da ilha de calor urbana e desempenho hidrológico em uma área com lençol freático elevado, a partir do incremento de colunas capilares e uma zona interna de armazenamento de água formada por um revestimento de polietileno de alta densidade. Foram esquematizados quatro pavimentos em escala piloto de diferentes composições estruturais. Os resultados retratam que o pavimento permeável inovador tem uma boa capacidade de redução do volume de águas pluviais, como é beneficiado de uma evaporação aprimorada teve um desempenho muito melhor em relação à mitigação das ilhas de calor urbanas. O estudo em escala piloto demonstrou que o novo produto de valor agregado para a cadeia produtiva, é viável para o

desenvolvimento de infraestrutura verde, quando aplicado sobre um lençol freático alto ou em uma área que sofre um efeito grave devido as ilhas de calor urbanas (LIU; LONG, 2019)

Parâmetro imprescindível para o escoamento superficial é o fator de contribuição de áreas externas, o qual está subdividido em 6 áreas. Existem i) zonas de edificação muito densa, ii) de edificação não muito densa, iii) de edificações com poucas superfícies livres, iv) de edificações com muitas superfícies livres, v) de subúrbios com alguma edificação, vi) de matas/parques e campos de esportes, por consequência existe o coeficiente de escoamento característico para cada uma dessas zonas, obtido a partir de estudos são descritos como 0,70 a 0,95, 0,60 a 0,70, 0,50 a 0,60, 0,25 a 0,50, 0,10 a 0,25, 0,05 a 0,20 para as zonas i, ii, iii, iv, v, vi respectivamente (GENZ, 1994).

Assim é possível a utilização dos parâmetros de engenharia para a projeção destes pavimentos drenantes/permeáveis considerando a metodologia descrita por Araújo, et al. 2000, a qual engloba a altura do reservatório de agregados (que envolve a determinação do volume drenado pela superfície ou por outra área contribuinte cujo volume esco para a área do pavimento) e a condutividade hidráulica dos revestimentos que permite avaliar corretamente seu desempenho (para o dimensionamento e acompanhamento durante a vida útil), pelo coeficiente de permeabilidade calculado a partir da Lei de Darcy (relação entre taxa de infiltração e o coeficiente de permeabilidade).

No Brasil, pode-se dizer que os pavimentos permeáveis, são pouco conhecidos e aplicados, já em outros países, pesquisas têm sido realizadas com a intenção de dominar a técnica, através da avaliação do seu comportamento, eficácia e durabilidade (ACIOLI, 2005). Pelo alto grau de urbanização e impermeabilização de superfícies, conseqüentemente ocorre a ocupação desordenada em áreas de risco, aumento da velocidade e do volume do escoamento superficial direto, aumento da temperatura, degradação da qualidade da água, causando diversos prejuízos à sociedade (COUTINHO, 2011).

As alterações físicas, como o aumento de temperatura, são causadas pelas superfícies como asfalto e concreto, que absorvem mais calor da radiação solar, produzindo, desta forma, o aumento da temperatura ambiente, provocando grande desconforto térmico, e por consequência aumento do consumo de energia elétrica (COUTINHO, 2011). Nos dias de hoje, asfalto e concreto são amplamente utilizados nos projetos de pavimentação, mas a área vedada pode causar o efeito de ilha de calor e inundação indesejada, quando a capacidade do sistema de drenagem não é suficiente para o volume de água da chuva (LU et al., 2019).

Os pavimentos permeáveis são estruturas perfuradas ou porosas que permitem a infiltração das águas que escoam superficialmente. São vistos, atualmente como uma solução

para os sistemas de drenagem urbana e mitigação das ilhas de calor. Segundo Tucci (1995) os pavimentos permeáveis proporcionam a infiltração das águas, promovendo o retardo no tempo do escoamento superficial e tentando devolver ao solo sua capacidade de infiltração anterior a urbanização.

Inicialmente os pavimentos permeáveis foram empregados na França (1945 - 1950) a partir de ligantes asfáltico, mas não sustentava as ligações da estrutura por excesso de vazios. Foram novamente utilizados em 1970, na França, Estados Unidos, Japão, Suécia. Atualmente nos Estados Unidos vários estados têm criado leis mudando os objetivos e métodos de drenagem urbana, impondo máxima infiltração ou armazenamento temporário da água, assim os pavimentos permeáveis são recomendados na execução de estacionamentos e vias urbanas com tráfego leve e de baixa intensidade (ACIOLI, 2005; AZZOUT et al., 1994).

Na França, em 1978, foi lançado o programa de pesquisas para explorar novas soluções para a diminuição das inundações e, o pavimento permeável, destacou-se graças à sua facilidade de integração ao ambiente das cidades, hoje é amplamente utilizado em vias calçadas, praças (ACIOLI, 2005; AZZOUT, 1994). No Japão pavimento permeável é integrado a programas que incluem todas as técnicas de infiltração, são utilizados em quarteirões de grandes cidades como forma técnica de controlar o escoamento superficial nas fontes urbanizadas, ou seja, em quadras de esporte de universidades, e em pátios de escolas (ACIOLI, 2005; WATANABE, 1995).

Na Suécia os pavimentos são aliados do país pelo fato de haver redução do nível freático o que leva à diminuição da umidade do solo e, conseqüentemente, ao adensamento do solo argiloso local. Os danos causados pelo gelo no norte da Suécia, onde as rodovias e as canalizações de água pluvial estão situadas perto da superfície, são consideráveis cujos reparos exigem grandes despesas (ACIOLI, 2005; AZZOUT et al., 1994). Na Austrália, desde o ano de 1996 os pavimentos vêm se incorporando os pavimentos permeáveis de diversos projetos como loteamento urbano, áreas industriais e estacionamentos (ACIOLI, 2005)

Os pavimentos são classificados através do tipo de revestimento, como de i) peças de concreto permeável com juntas alargadas, onde a percolação da água ocorre pelas juntas entre as peças de concreto maciço; ii) revestimento de peças de concreto com áreas vazadas a percolação da água ocorre pelas áreas vazadas das peças de concreto; iii) revestimento de peças de concreto permeável, a percolação ocorre pelas próprias peças e juntas de dilatação, pontua-se que toda a estrutura da peça é porosa; iv) revestimento em placas de concreto permeável cuja percolação da água ocorre pelo concreto da placa, sendo considerada placa a peça com dimensão lateral superior a 250 mm e ausência de intertravamento entre placas; v)

pavimento de concreto permeável moldado no local no próprio local da instalação (ABNT, 2015; SANTOS, 2016).

Os pavimentos drenantes surgem como inovadores, pois possuem grande potencial em resolver os problemas de infiltração no solo, ela é subdividida em i) total onde toda água precipitada alcança o subleito e se infiltra; ii) a parcial utilizado quando o solo não possui boa taxa de infiltração, e o excesso de chuva é drenado através de tubos perfurados localizados dentro ou abaixo da base; iii) sem infiltração parcial, a água fica armazenada até ser removida pelos drenos, este caso é recomendado para solos pouco permeáveis ou de baixa resistência, quando se busca aproveitamento da água da chuva, proteção das águas subterrâneas, quando o nível do lençol freático for alto e em áreas contaminadas (ABNT, 2015; ANTUNES, 2017; SANTOS, 2016).

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi elaborado através de uma pesquisa de revisão bibliográfica narrativa e não exaustiva no que concerne às alternativas disponibilizadas aos novos pavimentos drenantes que possam vir a ser implementados em favorecimento ao sistema de drenagem urbana atual, visando a sustentabilidade ambiental. Foi realizado um estudo exploratório da literatura científica sobre a temática, através de uma coleta de dados utilizando as bases de dados SCOPUS e Portal Periódicos Capes. Os descritores utilizados foram “pavimentos drenantes”, “drenagem urbana”, “parâmetros de projeto”, com a inclusão do operador AND. Ao final, analisou-se os títulos e resumos dos trabalhos encontrados e os quais não tinham conexão com a temática proposta foram removidos da seleção.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por intermédio deste trabalho, pontua-se algumas colocações diferenciadas para o emprego prático dos chamados pisos drenantes, visto que em períodos chuvosos reduzem a velocidade com a qual a água chega no solo, além de amenizar as enchentes e limitam a formação de poças que podem acarretar em acidentes de veículos pelo fato de causar distorções paisagísticas. Já em períodos secos podem ser molhados de forma a amenizar a poeira e manter a qualidade do solo abaixo da peça, assim não possuindo contraindicação devido às intempéries do tempo e do clima (RUSHTON; 2002).

Os tipos de piso drenante disponíveis são de concreto, fibra natural, pneu reciclado, placas de concregrama, de resina e granilha, os intertravados e atêrmicos. Possuem característica física e estrutural próprias, ao que se refere a porosidade do concreto a mesma



deve-se situar entre 15-35% de volume de vazios interconectados. A granulometria deve estar restrita entre 9,5 milímetros e 2,4 milímetros, sendo que cerca de 90% da granulometria deve ser composta por apenas um diâmetro. O pavimento permeável deve apresentar coeficiente de permeabilidade  $\geq 10^{-3}$  m/s. Por meio dessas características mecânicas, é possível a redução da água da chuva por meio da infiltração e armazenagem temporária dos volumes de água incidentes sobre o pavimento (ARAÚJO, 2000; INTERPAVE, 2008; MARCHIORI, 2012).

A declividade máxima recomendada é de 20% para as áreas de contribuição, cabendo ao projetista determinar a necessidade de implantar dispositivos redutores de velocidade. Já para as áreas permeáveis a declividade máxima deve ser de 5%, especialmente pelo fato de ser necessário o nível do lençol freático de no mínimo 0,6 metros em relação a parte inferior da base do pavimento. Ainda deve ser considerado o índice de vazios, e o material passante na peneira deve ter abertura de malha de 0,075mm e dimensão máxima característica (CIRIA, 1996; KNAPTON et al., 2002).

Os valores a serem atendidos para estes requisitos são definidos também para as camadas de assentamento, e para o material de ajuntamento, para o caso de projetos de pavimento intertravado impermeável. Ficam definidos os requisitos mínimos para juntas alargadas ou áreas vazadas das peças de concreto, indicando uma área de percolação de valor entre 7 a 15% da área total do pavimento (OLEK et al., 2003; SMITH, 2001). A norma reguladora apresenta ainda indicações relativas aos procedimentos de manutenção, a serem realizados sempre que haja comprometimento do desempenho hidráulico e mecânico do pavimento, bem como da limpeza deste, que deve ocorrer quando for atingido um coeficiente de permeabilidade menor ou igual a  $10^{-5}$ m/s, de forma a recuperar sua permeabilidade (CAUDURO, DORFMAN; 1990).

Para a aplicação do piso drenante recomenda-se os seguintes passos de aplicação: nivelamento e compactação do terreno, instalação de guias de concreto, espalhamento de camadas de brita, espalhamento de pedrisco fino (rejuntamento), assentamento das peças e dos recortes, espalhamento de pedrisco (assentamento), retirada do excesso de material rejuntado, compactação/ adensamento do pavimento, acabamentos necessários.

É necessário, estudos básicos para projeto relacionado com as i) característica do local, as áreas a serem drenadas, o uso das áreas, a existência de vegetação, topografia do local, existência de redes de água e esgoto, tráfego ao qual será submetido o pavimento; ii) característica do solo subjacente englobando diretrizes de taxa de infiltração do solo saturado, capacidade de carga, comportamento do solo em presença de água; iii) estudos hidrogeológicos caracterizando o lençol freático e seu uso, flutuações sazonais, cota do lençol,



vulnerabilidade e propriedades qualitativas; iv) estudos de vazão máxima de saída permitida para a rede de drenagem, com características pluviométricas do local, localização do exutório, possíveis áreas de armazenamento de água, coeficiente de escoamento das áreas contribuintes (ACIOLI, 2005; ANDRADE, 2016; AZZOUT, et al., 1994).

É necessária a verificação do tempo de esvaziamento do reservatório. Segundo Schueler (1987), o tempo de permanência da água no reservatório não deve ser superior a 72 horas, visto que permite a secagem do solo e manutenção das condições aeróbias no solo subjacente, além de garantir que o reservatório e o solo subjacente estejam prontos para receber novos eventos chuvosos (BERNUCCI; CERATTI, 2008).

Os pavimentos permeáveis agregam para a qualidade da água de infiltração, pois impede o escoamento que por sua vez propicia um aumento na carga de poluentes na água pluvial, por meio do tráfego rodoviário, construção de manutenção de estradas, matéria orgânica e elementos de nitrogênio oriundos da degradação de folhas e de resíduos de animais, metais pesados como zinco (advindo dos pneus), cádmio (presentes nos óleos lubrificantes). Cobre, chumbo, cromo e cádmio são liberados quando ocorre a abrasão de pastilhas de freio de veículos com componentes metálicos (BECKER; PINHEIRO, 2019).

O escoamento de carga poluidora atinge os corpos hídricos receptores, causando sua degradação, porém com uso dos pavimentos permeáveis, além da redução do volume de água escoada, ocorre uma melhoria em sua qualidade. Os poluentes presentes na água de escoamento superficial podem ser removidos por adsorção, filtração e decomposição biológica pelo fato desta atravessar as camadas de solo, estudos apontam para remoção de sólidos suspensos totais superior a 70% e a remoção de metais pesados pode ter eficiência superior a 90 %. No entanto para garantir a durabilidade da acurácia dos mesmos é necessário tomar cuidado na execução, operação e manutenção, por meio rotina de limpeza, restrições ao acesso de veículos pesados (ACIOLI, 2005; PRATT, 1989; SHUELER et al., 1987).

Um conjunto de estudos reportam aspectos positivos comuns como aumento da recarga dos aquíferos, preservação da vegetação natural, redução da poluição transportada para os rios, diminuição das vazões máximas a jusante, tratamento da água da chuva pela remoção de poluentes, reduz a necessidade do meio-fio e canais de drenagem, diminui a ocorrência de derrapagens e ruídos, aumentando a segurança nas vias, se integra completamente à obra, sem precisar de espaço exclusivo para o dispositivo drenante. E aspectos negativos como pouco conhecimento dos engenheiros e contratantes sobre a tecnologia, risco de contaminação do aquífero, dependendo das condições do solo, aumento do nível do lençol freático atingindo construções em subsolo, pode ocorrer obstrução do

pavimento, quando instalado ou mantido de forma inapropriada (COUTINHO, 2011; EPA, 1999).

### CONCLUSÃO

É necessário buscar incentivo para a construção de estruturas que reduzem a impermeabilização do solo na cidade, com a utilização de pavimentos drenantes/permeáveis e o aumento de áreas verdes com alta capacidade de infiltração. Discutir modificações no sistema viário existente, como já acontece nas cidades da Alemanha, Estados Unidos e Inglaterra, abrindo espaço para a renaturalização das áreas de várzea, havendo espaço para os cursos d'água nos eventos de cheia.

A política existente de desenvolvimento e controle dos impactos quantitativos na drenagem se baseia no conceito de escoar a água precipitada o mais rápido possível. Este princípio foi abandonado nos países desenvolvidos no início da década de 1970. A consequência imediata dos projetos baseados neste conceito é o aumento das inundações a jusante devido à canalização, isto leva a irracionalidade dos projetos e leva a custos insustentáveis.

Para a harmonia entre ambiente e sociedade, é necessário implementar medidas de regulamentação, implementar instrumentos econômicos que fomentem o cumprimento das regulações legislativas, em suma é preciso organizar o espaço urbano para integrar e harmonizar os diferentes sistemas de infraestrutura.

### AGRADECIMENTOS

Os autoras agradecem a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus Cerro Largo/RS*, pelos conhecimentos adquiridos por meio da graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária.

### REFERÊNCIAS

ACIOLI, L. A. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

ANDRADE, G. C. D. **Dimensionamento de pavimentos permeáveis em Boa Vista – RR para redução do escoamento superficial**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Universidade Federal de Roraima, 2016.

ANTUNES, P. T. S. C. **Uso do pavimento permeável de concreto para atenuação de cheias urbanas.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2017.

ARAÚJO, P. R., TUCCI, C. E. M., GOLDEFUM J. A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRG. Porto Alegre, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16416: **Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos.** Rio de Janeiro, p. 25. 2015.

AZZOUT, Y., BARRAUD, S., CRES, F. N., ALFAKIH, E. **Techniques alternatives in assainissement pluvial.** Paris: Technique et documentation - Lavoisier. 372 p. 1994.

BECKER, N., PINHEIRO, I. G. Potencialidade dos pavimentos permeáveis na melhoria da qualidade da água do escoamento superficial: uma revisão. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, p. 1-11, 2019.

BERNUCCI, L.; CERATTI, P. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro, Petrobras, 2008.

CAUDURO, F. A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem.** Porto Alegre, PRONT: IPH/URGS, 216 p., 1990.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** Oficina de texto, 302 p., 2005.

CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION (CIRIA). **Infiltration drainage - Manual of good practice.** Report 156, 1996.

COUTINHO, A. P. **Pavimento permeável como técnica compensatória na drenagem urbana da cidade do Recife.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2011.

EPA. **Storm Water Technology Fact Sheet. Porous Pavement.** Office Water, Washington, D.C, 1999.

GENZ, F. **Parâmetros para a previsão e controle de cheias urbanas.** Dissertação de Mestrado do Instituto de pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994.

INTERPAVE. **Permeable pavements: Guide to design, construction and maintenance of concrete block permeable pavements.** Publicação L534:L217. Ed. 5. Leicester, 2008.

KNAPTON, J.; COOK, I.; MORRELL, D. **A new design method for permeable pavements surfaced with pavers.** In: Highways & Transportation, p. 23-27, 2002.

LIU, Y. L.; LONG, T. Y. Urban heat island mitigation and hydrology performance of innovative permeable pavement: A pilot-scale study. **Journal of Cleaner Production**, v. 22, 118938, 2019.

LU, G.; WANG, Y.; LI, H.; WANG, D.; OESER, M. The environmental impact evaluation on the application of permeable pavement based on life cycle analysis. **International Journal of Transportation Science e Technology**. 2019.

MARCHIORI et. al., 2012. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.

OLEK, J.; WEISS, W. J.; NEITHALATH, N.; MAROLF, A.; SELL, E.; THORNTON, W. D. Development of quiet and durable porous Portland cement concrete paving materials. **Purdue University**, 172 p., 2003.

PRATT, C. J. Use of permeable, reservoirs pavement constructions for stormwater treatment and storage for reuse. **Water Science and Technology**, v. 39, p. 145-151, 1989.

RUSHTON, B. **Enhanced parking lot design for stormwater treatment**. In: 9th International Conference on Urban Drainage - Global Solutions for Urban Drainage. Oregon, EUA, 2002.

SANTOS, C. A. **Impacto da utilização de pavimentação permeável em áreas urbanas na recuperação de bacias hidrográficas**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Paraná, 2016.

SCHUELER, T. **Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban** BMPS, 1987.

SMITH, D. R. **Permeable Interlocking Concrete Pavements**. ICPI – Interlocking Concrete Pavement Institute. Washington D.C., 2001.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. **Controle do Impacto da Urbanização**. In: TUCCI, C. E.; PORTO, R. L. ; BARROS, M. T. (org). ABRH. Editora da Universidade - UFRGS. Porto Alegre, 1995.

TUCCI, C. E. M. 2002. Gerenciamento de Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, p. 5-27, 2002.

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

WATANABE, S. Study on storm water control by permeable pavement and infiltration pipes. **Water Science and Technology**, v. 32, p. 25-32, 1995.