

ANALISE DE VIABILIDADE PARA USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COMO DISPOSITIVO DE CONTROLE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Juliane Vier Vieira¹; Sandro Rogério Lautenschlager²; Jesner Sereni Ildefonso³; Cristhiane Michiko Passos Okawa⁴; Andréa Sartori Jabur⁵

Resumo – Tendo em vista a ocupação urbana desordenada que expõe uma diversidade de problemas, incluído a impermeabilização do solo, tem-se buscado uma solução adequada de controle de escoamento superficial na fonte, e para tal é proposto o uso de pavimentos permeáveis, que tem a função de reservar a água para posterior infiltração no solo ou para encaminhá-la ao exutório, amortecendo os picos de cheia. O objetivo deste artigo é o de determinar qual o melhor tipo de pavimento permeável a ser utilizado na busca do bom dimensionamento e para que seu uso seja satisfatório. A análise de viabilidade demonstra que são diversos os fatores que influenciam nessa escolha incluindo o tipo de solo, tráfego que será submetido, altura do lençol freático, capacidade de infiltração do solo, entre outros e que a escolha poderá ser feita através de um fluxograma contendo questionamentos sobre as características do local e do uso do pavimento. Conclui-se que o pavimento permeável pode ser utilizado em larga escala, com poucas restrições e que sua escolha adequada garantirá a funcionalidade estrutural e ambiental do pavimento.

Palavras-Chave – Pavimentos Permeáveis; Escoamento Superficial.

VIABILITY ANALYSIS FOR USING POROUS PAVEMENTS AS CONTROL DEVICE OF SURFACE RUNOFF

Abstract – In view of the disorderly urban occupation that exposes a variety of problems, including soil sealing, has sought an appropriate control surface runoff at source, and to this is proposed the use of porous pavements, which has the function of reserve water for later soil infiltration or sending it to mouth, dampening flood peaks. The objective of this paper is to determine the best type of porous pavement to be used in the pursuit of good design and satisfactory use. The viability analysis shows that there are several factors that influence this choice including soil type, traffic that will be submitted, groundwater depth, the infiltration capacity of the soil, among others, and the choice can be made through a flowchart containing questions about the characteristics of the site and use the pavement. It is concluded that the porous pavement may be used by large scale and with few restrictions that ensure its proper choice structural and environmental functionality of the pavement.

Keywords – Porous Pavement; Surface Runoff.

¹ Afiliação: Universidade Estadual de Maringá, julianevier@gmail.com

² Afiliação: Universidade Estadual de Maringá, srlager@uem.br

³ Afiliação: Universidade Estadual de Maringá, jsildefonso@uem.br

⁴ Afiliação: Universidade Estadual de Maringá, crisokawa@yahoo.com.br

⁵ Afiliação: UTFPR Pato Branco, sartorijabur@gmail.com.

INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada do solo expõe uma diversidade de problemas. Andreoli et al.(2003), analisam estes problemas quer seja por planejamento inadequado, inexistência de planejamento ou omissão do poder público. Bispo e Levino (2011) consideram que haverá principalmente uma alteração do regime de produção: a impermeabilização do solo impede a infiltração da água, acentuando os problemas da erosão urbana e aumentando os picos de cheia. Por outro lado, a minimização da recarga nos solos, reduz a disponibilidade de água nos períodos de baixa precipitação.

Um dos passos para a modernização do sistema de drenagem urbana é a adoção do controle na fonte da geração do escoamento superficial. SUDERSHA (2002) divide as técnicas alternativas de drenagem em dois grupos, que seguem dois princípios básicos: 1. a infiltração da água no solo, quando possível, para reduzir o escoamento superficial à jusante (dispositivos de infiltração); 2. o armazenamento provisório da água pluvial, para controlar o escoamento superficial e limitar a poluição a jusante (dispositivos de retenção e detenção).

Vários dispositivos têm sido aplicados no intuito de promover a infiltração da água, retardando o tempo de escoamento superficial ou então, tentando devolver ao solo a capacidade de infiltração anterior à urbanização. Tucci e Davis (1995) destacam os planos de infiltração, valas de infiltração, bacias de percolação, entradas permeáveis na rede de drenagem, trincheiras ou valas permeáveis, meio-fio permeável e os pavimentos permeáveis.

Para a resolução da questão de impermeabilização de solo urbano, Araújo (1999) apresenta soluções práticas através do uso de pavimentos permeáveis, que são superfícies perfuradas ou porosas que permitem a infiltração de uma parte das águas que escoam superficialmente para uma camada de reserva localizada abaixo do terreno. Araújo (1999) classifica os pavimentos permeáveis da seguinte forma: pavimento de asfalto poroso, de concreto poroso, e de blocos de concreto perfurado preenchido com areia ou grama. Este artigo é relativo ao primeiro tipo.

Os pavimentos permeáveis são conhecidos como estruturas reservatório. De acordo com Raimbault *et al.* (2002) *apud* Acioli (2005), essa denominação refere-se às funções realizadas pela matriz porosa de que são constituídos: a) função mecânica, associada ao termo estrutura, que permite suportar os carregamentos impostos pelo tráfego de veículos; b) função hidráulica, associada ao termo reservatório, que assegura, pela porosidade dos materiais, reter temporariamente as águas, seguido pela drenagem e, se possível, infiltração no solo do subleito.

De acordo com Acioli (2005),

“As estruturas de infiltração podem trabalhar tanto na redução das vazões máximas, funcionando como reservatórios de amortecimento, quanto na redução dos volumes escoados, através da infiltração das águas drenadas, podendo desempenhar também um papel na remoção e controle de poluentes do escoamento superficial. São, portanto, estruturas que recuperam de forma mais efetiva as condições de pré-ocupação, com relação às estruturas de detenção e retenção, que apenas efetuam função de amortecimento.”

O escoamento infiltra rapidamente na capa ou revestimento poroso (espessura de 5 a 10 cm), passa por uma manta geotêxtil e vai para uma câmara ou reservatório de pedras mais profundo com agregados graúdos. A capa de revestimento permeável somente age como um conduto rápido para o escoamento chegar ao reservatório de britas. O escoamento, neste reservatório, poderá então ser

infiltrado para o subsolo ou ser coletado por tubos de drenagem e transportado para uma saída. Assim, a capacidade de armazenamento dos pavimentos porosos é determinada pela profundidade do reservatório de pedras subterrâneo (mais o escoamento perdido por infiltração para o subsolo).

De acordo com Azzout et al. (1994) o pavimento pode possuir revestimento drenante ou impermeável e ainda ter função de infiltração ou apenas de armazenamento, conforme Figura 1.

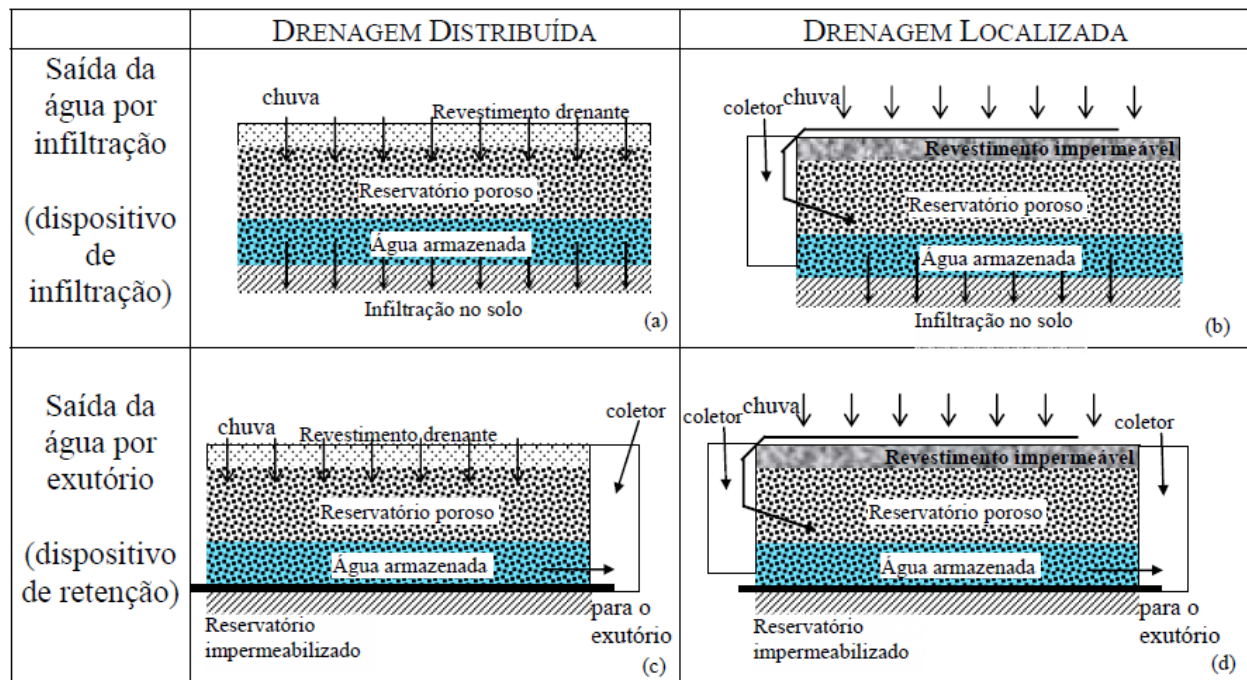


Figura 1 – Exemplo de diferentes tipos de pavimentos com reservatório estrutural (extraído de Azzout El at, 1994 apud Acioli, 2005)

Combes *et al.* (2002) *apud* Acioli (2005) citam ainda que um grande empecilho para o desenvolvimento da aplicação dos dispositivos de controle na fonte é a errônea ideia de que os mesmos possuem implementação mais onerosa e têm benefícios econômicos limitados.

OBJETIVO

Determinar qual o melhor tipo de pavimento permeável a ser utilizado, em função do tipo de solo que constitui o leito no qual o pavimento estará assentado.

METODOLOGIA

Considerando a existência de 4 (quatro) tipos de pavimentos permeáveis que variam no revestimento e na transferência de água ao solo ou ao exutório, faz-se necessário uma intervenção na tomada de decisão. O uso do fluxograma proposto por Acioli (2005) é recomendado por questionar o usuário sobre quais as condições apresentadas no local de aplicação do pavimento permeável. Para que a determinação seja apropriada, deve-se conhecer o local de implantação e ainda fazer estudos hidrológicos e hidrogeológicos *a priori*, por exemplo, a caracterização do solo

suporte quanto ao tipo do solo, taxa de infiltração do solo saturado, capacidade de carga e o comportamento do solo em presença de água; caracterizar a topografia, a vegetação próxima, a existência de redes de água e esgoto tráfego; determinar as características pluviométricas do local, a vazão máxima de saída e a direção do escoamento; determinar qual a altura do aquífero, as variações sazonais, se o aquífero está próximo à superfície e se é usado no abastecimento de água potável (inviabilizando a infiltração).

Acioli (2005) propôs um fluxograma (Figura 2) que serve como guia para auxílio nesta tomada de decisão. Observa-se, nessa figura, uma série de questionamentos em função das características previamente determinadas (solo, local de implantação, tráfego, lençol freático) e conforme essas situações são respondidas, o usuário é encaminhado a novas situações, que irão definir qual será o tipo de pavimento permeável mais adequado.

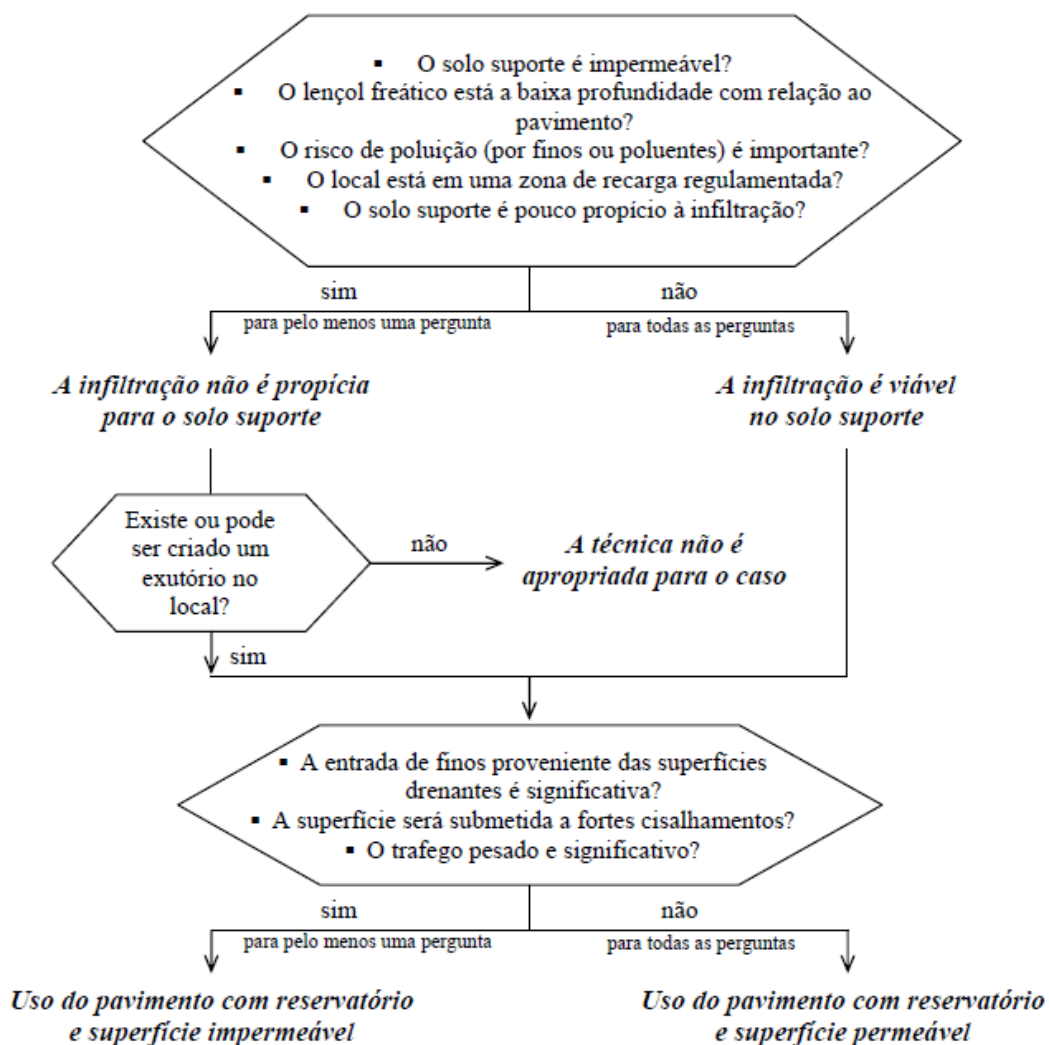


Figura 2. Fluxograma para análise de viabilidade (extraído de Azzout et al, 1994 apud Acioli, 2005)

Observa-se que o usuário é encaminhado diretamente para o tipo de pavimento que cumpra todas as exigências de uso. Percebe-se claramente a preocupação com o tráfego submetido. Essa informação, além do dimensionamento das espessuras do pavimento, é importante já que no caso de grandes volumes de tráfego, há grandes chances dos agregados sofrerem abrasão. Neste processo,

há a geração de agregado miúdo, que poderá causar direta ou indiretamente a colmatação, o que fará com que o pavimento comporte-se como o convencional (impermeável).

A única situação em que o pavimento não é recomendável é quando a infiltração não é propícia ao solo suporte e que, somado a esta condição, não há possibilidade de criação de um exutório, isto é, a água que acumula no reservatório não terá saída, o que levará à capacidade total de reservação e posteriormente ao acúmulo de água na superfície do pavimento (aquaplanagem), situação esta característica de regiões de solos finos e em regiões com cota abaixo do restante da via.

Deve-se ressaltar que o fluxograma não é definitivo, isto é, há uma certa flexibilidade do gestor na alteração da escolha conforme as condições de contorno propostas.

RESULTADOS E ESTUDO DE CASO

A tomada de decisão pelo tipo adequado de pavimento para locais de predominância de solos com baixa permeabilidade (argilas e siltes), ou, de forma simplificada, solos impermeáveis, deve ser feita observando que neste tipo de solo é mais eficaz a retirada da água da camada base por escoamento e não por infiltração. Como a infiltração não é significativa nesse tipo de solo, há a necessidade de um exutório para saída do volume retido. Possuindo exutório, outras preocupações são admitidas. A literatura não recomenda o uso de pavimentos permeáveis quanto há predominância de tráfego pesado, pois além da abrasão dos agregados na camada de revestimento que poderiam levar à colmatação ainda pode haver uma redução da capacidade de carga do pavimento com a presença de água na base. A entrada de finos se refere à possibilidade de colmatação do pavimento, que geralmente se dá pelo entorno da via: passeios calçados, vias limpas e vegetação pouco densa são bons indicadores de que a entrada de finos não é significativa.

Acioli (2005) encontrou situação similar ao implantar um módulo experimental, constituído em um estacionamento com duas tipologias de pavimento permeável (asfalto poroso, com granulometria aberta e, na outra, o revestimento com blocos vazados intertravados de concreto preenchidos com areia e grama), para a avaliação da capacidade de infiltração e da qualidade da água nas dependências do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS). Neste local, o solo se revelou excessivamente argiloso, com baixa taxa de infiltração e ainda áreas gramadas e pequenas árvores no entorno da área experimental. Através do Fluxograma (Figura 1), já no primeiro questionário verifica-se que o solo suporte é pouco propício a infiltração. Seguindo o fluxograma, o módulo experimental foi utilizado numa região com declividade suficiente para encaminhamento das águas para a rede de drenagem (exutório). Devido ao tipo de solo não ser propício à infiltração, o fluxograma propunha então a decisão mais adequada seria o pavimento com revestimento permeável e base impermeável. Entretanto, optou-se pelo uso de pavimento com revestimento permeável e infiltração na base a fim de prever o comportamento se implantando em outras áreas da cidade. Os estudos sobre a infiltração neste experimento demonstram que com o tempo de uso sem manutenção, o pavimento teve sua capacidade de redução de escoamento superficial comprometido (CASTRO *et al*, 2013).

Ao se buscar o uso em regiões de solos granulares, que possuem alta taxa de permeabilidade, o que propicia que parte do volume acumulado seja transferido ao solo, a recarga do aquífero é favorável, reduzindo o volume de água no escoamento final. Entretanto, algumas considerações são válidas. O aquífero possui nível variável e sazonal, assim, por quesito de segurança, sugere-se uma folga de 5 metros para evitar que o lençol atinja o pavimento (ou ao menos reduz essa

possibilidade) (VIRGILLIS, 2009). Se isso ocorrer, a água irá causar um efeito similar à retrolavagem, bombeando a água para a superfície do pavimento. Por isso, caso se conheça a região e mais do que isso, seja conhecida a variação sazonal da altura do aquífero e dar-se ciência que este nível não atinge a superfície, então, ainda assim, é recomendado o uso do reservatório sem permitir a infiltração no solo.

Percebe-se que os pontos tomados nos fluxogramas são simplificados, isto é, há muitos outros fatores que irão influenciar na decisão pelo uso desta técnica. Por exemplo, se fôssemos usar a hierarquia viária como parâmetro, temos que uma via arterial pode se comportar como uma via com tráfego pesado, devido ao volume de tráfego presente, o que nos levaria a adotar o uso de pavimentos permeáveis preferencialmente em vias locais. Outro exemplo é o uso dos solos: em áreas comerciais o pavimento permeável seria mais vantajoso por não permitir o acúmulo de água nas vias, garantindo mais segurança ao pedestre e ainda tornando a região mais segura contra enchentes.

CONCLUSÃO

O uso de pavimentos permeáveis como dispositivos de controle de escoamento é de grande relevância para combater os problemas urbanos devido à impermeabilização do solo. Entretanto, uma má aplicação do mesmo, isto é, utilizar um tipo de pavimento não adequado, pode induzir a custos desnecessários, retrabalho e não resolução do problema. Um exemplo de uso inadequado é usar um pavimento com infiltração ao solo subjacente, sendo este constituído por argila, a qual possui baixa condutividade hidráulica. Salienta-se que a eficácia desse método está relacionada à boa manutenção do pavimento, garantindo assim uma boa permeabilidade, sendo que a manutenção pode ser realizada com equipamentos que aspiram à sujeira existente entre os poros que evitam o seu entupimento.

Existem limitações quanto à aplicação de pavimentos permeáveis, podendo não ser utilizando quando o nível do lençol freático é alto, ou ainda quando o solo é pouco permeável, não permitindo a infiltração. Deve-se analisar a qualidade da água que escoar, e se ela for fortemente contaminada haverá um grande impacto no lençol freático, lembrando também que a falta de manutenção pode tornar o sistema ineficiente (especialmente no caso de asfalto e concreto poroso). No entanto, a maior limitação de pavimentos permeáveis e a sua utilização em locais de veículos leves, uma vez que ao permitir umidade na base do pavimento afetam a capacidade de sustentação do mesmo.

Percebe-se que há uma gama muito grande de fatores a serem considerados na tomada de decisão, uma vez que os urbanistas necessitam de analisar todos os prós e contras antes de se optar por uma técnica ou outra. Sanches (2011) explica que o custo de implantação do pavimento permeável chega a ser 20% maior do que o pavimento convencional, mas que esse custo tende a ser reduzido com a aplicação em larga escala. Ressalva também que essa técnica dispensa dispositivos auxiliares de drenagem urbana e ainda traz inúmeros benefícios na atuação sobre o escoamento superficial proveniente da água da chuva.

Outra característica que tem sido estudada a fim de justificar os custos dessa técnica é a ação filtrante do pavimento, que acaba por reter os poluentes e impurezas acumulados na superfície do pavimento (óleos, poeira, graxas) melhorando a qualidade a jusante do reservatório da base. Assim, reduzindo riscos de cheia e ainda melhorando a qualidade da água nos rios.

Por fim, o pavimento permeável surge como uma possibilidade de melhoria do meio urbano e ainda reduzindo impactos ao meio-ambiente.

REFERÊNCIAS

- ACIOLI, L.A. (2005). *Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte*. Dissertação (Mestrado). 162p. – Instituto de pesquisas hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.
- ANDREOLI, C. V.; HOPPEN, C.; PEGORINI, E. S.; DALARMI, O. A CRISE DA ÁGUA E OS MANANCIAS DE ABASTECIMENTO.(2003) *Mananciais de Abastecimento: Planejamento e Gestão*. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba: SANEPAR Finep.
- ARAUJO, P.R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A.(2000). *Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial*. RBRH – Revista Brasileira dos Recursos Hídricos , Volume 5,n.3, Jul/Set 2000, 21-29.
- AZZOUT, Y.; BARRAUD, S.; CRES, F.N.; ALFAKIH, E. (1994). *Techniques alternatives en assainissement pluvial*. Paris: Technique et Documentation – Lavoisier.
- BISPO, T. C.; LEVINO, N. de A. (2011). *Impactos Ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo: Um estudo da região da periferia de Maceió/AL*. In *Anais do XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Belo Horizonte/MG, Out.2011
- CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A.; SILVEIRA, A. L da; MARQUES, D. da M. (2013) *Avaliação da Evolução do Comportamento Quantitativo de Pavimentos Permeáveis no Controle do Escoamento Superficial*. RBRH – Revista Brasileira dos Recursos Hídricos , Volume 18,n.1, Jan/Mar , 263-273.
- SANCHES, CAROLINA. (2011). **Impermeabilização do solo compromete espaço urbano**. Disponível em < <http://primeiraedicao.com.br/noticia/2011/04/15/impermeabilizacao-do-solo-compromete-espaco-urbano>> Acesso em 21/06/2013.
- SUDERSHA: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002). *Manual de drenagem urbana* – Região metropolitana de Curitiba/PR.
- TUCCI,G.C. e DAVIS,J.L. (1995). *Controle do Impacto da urbanização*. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO,R.L.; BARROS,M.T.(organizadores). *Drenagem Urbana*. ABRH . Editora da Universidade. UFRGS. Porto Alegre, 1995.
- VIRGILLIS, A.L.C. *Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheia*. Dissertação (Mestrado) 185p– Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.