

FACULDADE EVANGÉLICA DE JARAGUÁ
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FRANCIELLE GONÇALVES SILVA
MÁRCIO CANDIDO DE SIQUEIRA

AVALIAÇÃO SOBRE A EFICIÊNCIA DO USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Jaraguá - 2019

FRANCIELLE GONÇALVES SILVA

MÁRCIO CANDIDO DE SIQUEIRA

AVALIAÇÃO SOBRE A EFICIÊNCIA DO USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à banca examinadora do curso de Administração da Faculdade Evangélica de Jaraguá, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador:

Prof. Dr. Milton G. Silva Junior

FRANCIELLE GONÇALVES SILVA

MÁRCIO CANDIDO DE SIQUEIRA

AVALIAÇÃO SOBRE A EFICIÊNCIA DO USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso DEFENDIDO e APROVADO em ____ de _____ de 201__, pela Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil, constituída pelos membros:

Prof. Dr. Milton Gonçalves da Silva Junior

- Orientador -

Prof. Me. Jéssica Dias

- Membro Interno -

Prof. Esp. Rafael Gonçalves Fagundes Pereira

- Membro Interno -

SUMÁRIO

RESUMO	05
1 INTRODUÇÃO	05
2 MATERIAL E MÉTODOS	06
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	06
4 CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	21

AVALIAÇÃO SOBRE A EFICIÊNCIA DO USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Francielle Gonçalves Silva ¹
Márcio Candido De Siqueira ²
Milton Gonçalves da Silva Júnior ³

RESUMO

Em outras palavras, é possível compreender a importância da utilização dos pavimentos permeáveis em obras de pavimentação, e com isso, proporcionando ganhos significativos para o meio ambiente. O presente trabalho teve como objetivo identificar os tipos de pavimentos permeáveis e comparar com os pavimentos comuns, demonstrando a utilização de cada um, assim, analisando a relação custo-benefício, viabilidade econômica e sua eficiência ambiental, ao mesmo tempo contribuindo com a redução dos problemas que afetam as regiões urbanas de várias cidades. Procedeu-se uma narrativa na literatura em artigos, nos quais se referem ao uso, comparação, construção e eficiência dos pavimentos permeáveis. Neste projeto analisa-se a utilização dos pavimentos permeáveis frente aos pavimentos comuns, em questão de custo-benefício, ao que se refere à sustentabilidade e economia. A preferência do tipo de pavimentação poderá diminuir prejuízos ambientais e econômicos. A utilização do mesmo, em obras de pavimentação pode contribuir para a minimização dos problemas relacionados à alagamentos, rápido escoamento superficial, infiltração subterrânea e ao mesmo tempo, contribuir com o meio ambiente.

Palavras-chave: Pavimentos Permeáveis. Pavimentos comuns. Concreto.

1 INTRODUÇÃO

O surgimento dos grandes centros urbanos no século XIX e o intenso processo de urbanização no século XX fez com que houvesse uma grande mudança no uso e ocupação do solo. O solo, inicialmente encontrado numa condição de pré-urbanização (coberto por vegetação), acabou sendo impermeabilizado pelas superfícies de concreto e asfalto e pela construção de casas e edifícios. Com isso houve um grande incremento no escoamento superficial.

Os sistemas tradicionais de micro e macrodrenagem urbana logo se mostraram sistemas insustentáveis, pois apenas transferem o escoamento na bacia hidrográfica, sem atacar a fonte do problema. O tradicional sistema de drenagem, baseado no rápido afastamento do excesso pluvial, contribui para um aumento nos volumes escoados e vazões de pico e uma redução no tempo do escoamento, fazendo com que os gráficos pluviais de cheia sejam mais críticos, aumentando-se, assim, a frequência e a gravidade das inundações.

O desenvolvimento dos centros urbanos no Brasil e em grande parte do mundo se deu, na grande maioria das vezes, de maneira desordenada e sem a preocupação com o meio ambiente urbano. A falta de planejamento aliada a urbanização descontrolada, usualmente pressionada por aspectos econômicos como falta de moradias, o êxodo rural e a industrialização, resultou em altas taxas de impermeabilização do solo e, conseqüentemente na ausência de espaços urbanos, como parques e jardins, que propiciam a infiltração da água no solo e a recarga dos lençóis freáticos. Principalmente nas grandes metrópoles, em

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: marciosiq12@gmail.com

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: francielle._1000@hotmail.com

³ Professor, Doutor, orientador do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: professormiltonjunior@outlook.com

decorrência dos elevados índices de impermeabilização do solo e da ocupação das várzeas, a ocorrência de inundações se dá com maior frequência, na medida em que os tempos de pico dos hidrogramas diminuíram e as vazões, por outro lado aumentaram. (Pinto, 2011). A impermeabilização do solo decorrente da ocupação urbana altera o ciclo hidrológico e resulta em aumento de enchentes urbanas e da degradação da qualidade das águas pluviais. A drenagem urbana tradicional busca drenar ou melhor, afastar as águas derivadas de precipitações o mais rápido possível, o que aumenta o risco de inundações a jusante. (Gonçalves e Oliveira, 2014). Surgem, assim, os conceitos de desenvolvimento sustentável, com ações voltadas para a preservação ambiental. Com ações sustentáveis de drenagem urbana que incluam as ações estruturais, que consistem dos componentes físicos ou de engenharia como parte integrante da infraestrutura, e as não estruturais, que incluem todas as formas de atividades que envolvem as práticas de gerenciamento e mudanças de comportamento (Parkinson et al., 2003).

As técnicas atuais de Gerenciamento da Drenagem Urbana preconizam que a drenagem da água da precipitação seja realizada com o uso de dispositivos de controle que agem na fonte do escoamento superficial. Assim, tais dispositivos têm o objetivo de recuperar a capacidade natural de armazenamento do solo, reduzindo, os devidos impactos da urbanização. Com o desvio do escoamento das áreas impermeáveis para esses dispositivos, o solo recupera as condições de escoamento anteriores à urbanização.

A tendência atual, em uma abordagem sustentável, é buscar a manutenção de condições próximas à de pré-ocupação a partir de elementos que permitam a infiltração de água e retardem seu escoamento. Neste contexto, os pavimentos permeáveis têm se tornado um elemento de papel fundamental por reduzirem volumes de escoamento superficial e o impacto sobre a qualidade da água. Usualmente, os sistemas permeáveis de pavimentação são compostos por pavimentos porosos (de concreto ou asfalto) ou por blocos de concreto (vazados ou não). (Gonçalves e Oliveira, 2014). O trabalho teve como objetivo identificar os tipos de pavimentos permeáveis e demonstrar a sua utilização e comparar com os pavimentos comuns; analisar a relação custo-benefício da utilização dos pavimentos permeáveis e demonstrar a eficiência ambiental e a viabilidade econômica dos pavimentos permeáveis para a redução dos problemas que afetam as regiões urbanas das cidades

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia consistiu em uma revisão de literatura associada a uma pesquisa comparativa a fim de definir qual o melhor tipo de concreto a ser aplicado em construções. Para critério de inclusão, foram utilizados artigos que apresentem os descritores pavimento permeável, comparação, construção.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tipos de pavimentos permeáveis e sua utilização e comparação com os pavimentos comuns

As técnicas de pavimentação foram se aperfeiçoando e sendo orientadas pelo princípio da impermeabilização, a fim de evitar que a água que percolasse na estrutura do pavimento alterasse suas propriedades e, dessa forma, comprometesse seu desempenho e durabilidade. Porém, nas últimas décadas, com o crescente processo de urbanização, é possível perceber, que parte considerável da impermeabilização nas cidades é decorrente da pavimentação (Baptista, 2005).

Os pavimentos permeáveis são tipos de pavimentos que permitem a passagem de água através do seu material, reduzem o escoamento superficial e ao mesmo tempo retardam a

chegada da água no subleito reduzindo a erosão no solo. Em conjunto com a drenagem, o sistema se torna ainda mais eficaz, permitindo assim o transporte dos caudais pluviais afluentes desde o dispositivo da entrada até um ponto de lançamento ou destino final. A aplicação desse sistema reduz problemas de enchentes em cidades densamente urbanizadas (Souza Junior; Baesse; Amorim Junior, 2018). Esse tipo de pavimento pode ser utilizado como estratégia para redução das enchentes urbanas permitindo a infiltração do escoamento superficial (Chandrappa & Biligiri, 2016). Assim, para Thomle (2010), o pavimento permeável, além de promover a redução do volume do escoamento superficial, melhora a qualidade desta água que por ele percola e que durante o escoamento pode ser poluída com metais pesados, óleos, resíduos de animais, poeira, dentre outros. No manejo de água pluvial sustentável (Sustainable Urban Drainage Systems – SUDS) busca-se evitar que medidas estruturais modifiquem as condições hidrológicas naturais e produzam maiores vazões em áreas a jusante. (Gonçalves; Nucci, 2017).

Pavimento de Concreto Poroso

O concreto é o material de construção mais importante e mais utilizado na construção civil. Esse tipo de material é resultante da mistura de aglomerante, agregados miúdos e agregados graúdos com água. A alta taxa de impermeabilização do solo nunca foi tão discutida como atualmente. Um dos fatores que compõe o aumento dessa taxa é a ocupação do solo de forma desorientada. O acréscimo dessa taxa tornou-se um fator contribuinte para a ineficácia dos sistemas de drenagem urbana, não só no Brasil, como no mundo. (Barreto, 2018).

O concreto poroso (Figura 1), conhecido como concreto permeável ou *Porous Concrete* (POC), é um tipo especial de concreto destinado, principalmente para pavimentação bastante utilizado nos Estados Unidos e Europa, é composto por cimento Portland, materiais de graduação aberta, agregado graúdo, pouco ou nenhum fino, aditivos e água (Ferguson, 2015). O concreto permeável possui características distintas em seu estado fresco e endurecidos. Seu controle tecnológico deve ser constantemente e arduamente controlado, em função de sua dificuldade de execução.

Figura 01- Pavimento de concreto poroso



Fonte: Kerber (2010).

O concreto poroso é um modelo específico de concreto, é caracterizado pela ausência dos agregados miúdos ou finos e por ser uma estrutura permeável. É considerado como tipo 8 de material de construção sustentável, indicado para locais com tráfego médio e moderado como as calçadas e estacionamentos. O concreto poroso também é utilizado em dispositivos de

drenagem em muros de arrimo, barreiras de som, para reduzir o barulho das rodovias causado por reflexão acústica.

Para Neto (2012), a experiência com misturas de concreto permeável torna-se um fator fundamental para o controle de produção, considerando que os critérios utilizados para a avaliação são basicamente tátil-visuais.

Pavimento Intertravado permeável

O que se nota com o passar dos anos é que o processo de urbanização se intensificou de forma progressiva nas grandes cidades (Ono; Balbo; Cargnin, 2017). Desse modo, iniciou-se uma intensa utilização de pavimentos com blocos pré-moldados de concreto de cimento em todo mundo e particularmente no Brasil. Assim, a demanda possibilitou oferecer a utilização de materiais alternativos cuja principal preocupação é a busca por um equilíbrio entre os pilares ambientais, tecnológicos e econômicos (Fioriti, 2017).

O Pavimento intertravado permeável (Figura 2) é constituído de concreto tradicionais que atende os requisitos da ABNT NBR 9781, (2005). A infiltração da água ocorre nas juntas, através dos espaços vazios entre as peças de concreto. A velocidade de infiltração depende da área total das juntas e do coeficiente de permeabilidade dos agregados utilizados no preenchimento das juntas, da camada de assentamento, da sub-base, da base e do próprio subleito (Souza Junior; Baesse; Amorim Junior, (2018). Pode-se afirmar que o pavimento intertravado com peças de concreto é uma versão aperfeiçoada dos antigos paralelepípedos, com melhoria da forma e notando-se evolução destacada na estrutura e na fabricação. Para ABNT (2013, p. 2), a normativa brasileira NBR 9781 define pavimento intertravado como um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base, seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção.

Figura 02- Exemplo de pavimento permeável intertravado.



Fonte: TECPAR (2014).

Além do concreto, pode se utilizar como pavimento intertravado os paralelepípedos, a principal diferença entre eles é que o paralelepípedo não possui permeabilidade do material entre si, pois é uma rocha, enquanto para os concretos é possível utilizar um material mais permeável na sua composição. Os pavers são constituídos de blocos pré-fabricados de concreto, maciços, que permitem pavimentar uma superfície completa sendo que a parte

intertravada oferece a capacidade de adquirir resistência aos movimentos individuais, seja vertical, horizontal, de rotação ou de giração em relação às peças vizinhas.

Blocos de Concreto Vazados

Na alvenaria estrutural o bloco é a unidade básica modular, que unidos pela argamassa, formam um conjunto monolítico que é responsável por absorver a todas as ações solicitantes (Sánchez, 2013). Os blocos de concreto vazados (Figura 3) são assentados sobre materiais granulosos e preenchidos com vegetação baixa como grama, sob a camada granulosa que pode ser utilizada a areia é colocado filtros geotêxtis para prevenir o carreamento da areia fina para as camadas inferiores.

Figura 03- Exemplos de blocos de concreto vazados



Fonte: Rhino Pisos (2013).

A característica do bloco vazado é que este possui dimensões externas e cavidades responsáveis pela percolação das águas da chuva.

Segundo Fernandes (2016, p. 13):

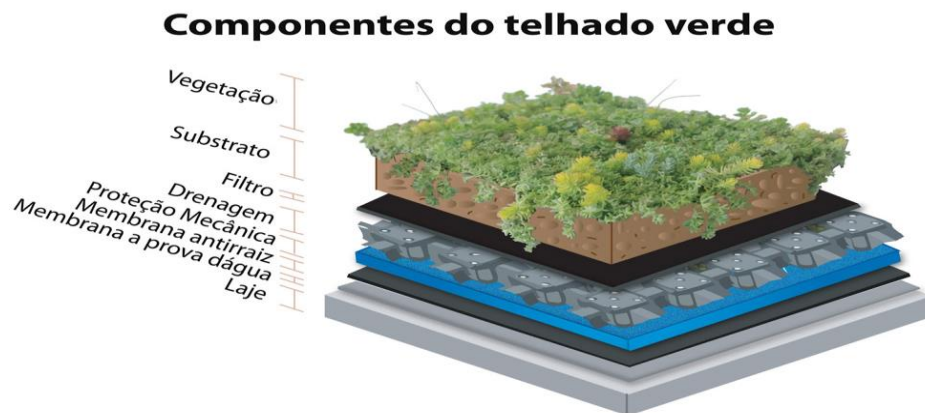
[...] Atualmente o bloco pode ser encontrado em todo o país, sendo empregado como elemento de vedação e como estrutura por todos os segmentos da construção civil, desde residências populares e de alto padrão até edifícios residenciais, comerciais ou indústrias.

O bloco de concreto é definido como um artefato de cimento, elemento vazado, pré-moldado, com ou sem função estrutural, onde deve obedecer aos critérios e requisitos estabelecidos pela NBR 6136:2016 - Blocos Vazados De Concreto Simples Para Alvenaria – Requisitos, garantindo assim a qualidade do bloco.

Grama

As vegetações são consideradas quase que 100% permeáveis e podem ser utilizadas como auxílio nos pavimentos permeáveis independente do seu tipo. A mais comum e mais utilizada é a Grama (Figuras 3, 4 e 5), ela funciona como uma espécie de frenagem do escoamento superficial, reduzindo a velocidade do escoamento da água pelo pavimento. Para Pereira (2015), o conceito sobre telhados verdes não é algo inovador, sabe-se que a primeira obra que adotou esse método foi construída 605 a. C chamada de Os Jardins Suspensos, uma das Sete Maravilhas do Mundo Antigo, esta obra foi construída com um terraço em cima do outro e eram irrigados pela água bombeada do rio Eufrates.

Figura 4- A utilização da grama no telhado verde



Fonte: Blog dos Engenheiros (2017).

Um aspecto interessante é que nas regiões de chuva intensa, as áreas naturais podem reter de 15% a 70% do volume de águas pluviais, prevenindo a ocorrência de enchentes. Estudos demonstram que para uma cobertura verde leve 100m², cerca de 1400 litros de água de chuva deixam de ser enviados para a rede pública.

Os telhados verdes que utilizam a grama como pavimento, reduzem também os efeitos danosos dos raios ultravioletas, os extremos de temperatura e os efeitos do vento, vez que nesses telhados a temperatura não passa de 25°C contra 60°C dos telhados convencionais. (Pereira, 2015). Um dos mais importantes benefícios das coberturas verdes é a contribuição para a estabilização do clima ao seu entorno, servindo de isolante térmico, trazendo benefícios para usuários e economia de energia, pois reduz gastos com a climatização e os efeitos das “ilhas de calor urbano” (Piergili, 2017).

Figura 5- Exemplo de grama na cobertura verde



Fonte: Construlopes e Gimenez (2017)

Tipos de Pavimentos comuns e a sua utilização

Pavimentação flexível

Esse tipo de pavimentação é executado com bases granulares e revestimento asfáltico mais popularmente chamado de asfalto que como se sabe, é de menor custo financeiro para ser executado e é alternativa em grande parte das situações. A pavimentação flexível é capaz de suportar toda a capacidade de uma via pública, se seu projeto for bem

executado. No entanto, esse tipo de pavimento necessita de frequentes intervenções para reparar danos que são causados pelo tráfego intenso e, pela ação do tempo (Figura 6).

Figura 6-Exemplo de pavimento flexível



Fonte: Engenhariacivil.com (2011).

Segundo o Glossário de Termos Técnicos Rodoviários (DNIT, 2017) o pavimento é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente infinito, destinada a resistir e distribuir à fundação os esforços verticais oriundos dos veículos, a melhorar as condições de circulação quanto ao conforto e segurança e resistir aos esforços horizontais, tornando mais durável a superfície de desgaste. Pode ser constituído por uma ou mais camadas, tendo, no caso mais geral, uma camada de desgaste e camadas de fundação. Cada uma destas camadas pode ser composta por várias camadas elementares.

Esse tipo de pavimento tem como sua principal vantagem, a manutenção. Se o projeto é ideal e executado conforme as normas técnicas, sua durabilidade pode durar de cinco a dez anos e, se for necessário removê-lo, pode-se utilizar a reciclagem total ou parcial do mesmo.

Pavimentação Semirrígidas

De acordo com o manual de pavimentação do DNIT é o tipo de pavimento constituído por revestimento asfáltico e camadas de base ou sub-base em material estabilizado com adição de cimento. Este tipo de pavimento tem uma deformabilidade maior que o rígido e menor que o flexível (Figura 7).

Figura 7-Exemplo de deformação em pavimentação semirrígida.



Fonte: DNIT (2003).

É um tipo de pavimentação em que existe a ocorrência de deformações, não é indicado o aproveitamento em locais em que existem cargas estáticas, por exemplo em pontos de ônibus. O pavimento semirrígido possui uma maior facilidade em termos de manutenção e implantação em relação ao rígido, por sua vez se torna uma opção interessante para obras que visam a economia da execução. Similarmente ao flexível pode ser reciclado obedecendo os processos e padrões exigidos.

Pavimentação Rígida

Para Ferreira (2015), a pavimentação rígida é construída com placas de concreto, o pavimento rígido (Figura 8) é aquele que apresenta as menores exigências de manutenção. Não deforma e, entre todos, é o que menos degrada com o uso. Tem alta resistência à ação de combustíveis e óleos liberados pelos veículos. A solução é ideal para locais com grandes cargas estáticas e pontos de frenagem.

Figura 8-Exemplo pavimentação rígida



Fonte: Geotop (2015).

Ferreira (2015) define os pavimentos de concreto como “aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland e serve como camada de rolamento e base do pavimento”. Este é composto por uma mistura com alto consumo de cimento, agregados graúdos, areia e água colocada em uma camada devidamente adensada.

Diante disso os pavimentos rígidos e semirrígidos podem ser combinados para a construção de corredores de ônibus, sendo que o rígido é ideal para os pontos de parada e o semirrígido é indicado para os trechos em que o veículo se movimenta. De antemão possuem maiores custos de implantação e caso de problemas, é necessário que toda a placa do pavimento deva ser substituída, não podendo reciclar os dejetos retirados, pois o concreto se encontra misturado com óleo e graxa, assim sendo necessário o descarte de maneira adequada.

Pisos Intertravados

Para Santos et al (2016), os pavimentos intertravados são constituídos por pequenos blocos de concreto, os pisos intertravados, também conhecidos como *pavers* (Figura 9) são comumente utilizados na construção de estacionamentos, calçadas e áreas externas de edifícios. Esse tipo de pavimentação deve ser diretamente aplicado sobre o solo apresentam como vantagem principal a **permeabilidade**, pois os espaços entre as peças permitem a passagem da água da chuva, evitando inundações.

Figura 9- Pisos intertravados e sua aplicação.



Fonte: Inovar na obra (2011).

Contudo, antes de substituir os materiais convencionais, é importante que se tenha conhecimento sobre os materiais reciclados, para que assim haja controle de suas propriedades. Nesse sentido, pode-se verificar que os resíduos provenientes do concreto apresentam alto potencial de utilização, devido ao conhecimento de suas características básicas, e, principalmente, devido ao seu menor grau de contaminação por outros materiais (matéria orgânica, plástico, borracha, insumos da construção civil) em comparação aos demais tipos de RCD, tais como os resíduos do entulho. (Santos, 2016).

As peças podem ser retiradas para a realização de serviços nas instalações enterradas, por outro lado possui uma vida útil mínima estimada a 20 anos. Pode ser encontrado materiais com diferentes resistências e com indicações tanto para áreas de circulação de pedestres quanto para áreas com tráfego de veículos, do mesmo modo são produzidos em diversas variedades de cores para melhor atender as necessidades atuais.

Tipos de pavimentos permeáveis e a sua utilização

Na atualidade, um dos maiores problemas que decorrem da urbanização, de acordo com Gonçalves e Oliveira (2014), está diretamente relacionado com a impermeabilização do solo devido à ocupação urbana, causando enchentes e alteração do ciclo hidrológico.

Assim, em virtude do crescimento econômico e populacional do Brasil, surgiu uma demanda de busca de novos materiais mais eficientes e sustentáveis, a fim de minimizar os efeitos da extração em grande escala de recursos naturais para o setor de obras (Kibert, 2013).

Os pavimentos permeáveis são extremamente eficazes para controlar o escoamento das superfícies pavimentadas. Grandes volumes de esgoto urbano provocam sérios problemas de erosão e assoreamento de arroios, rios e lagos.

Pavimentos permeáveis são projetados para substituir áreas impermeáveis, e não para regular águas pluviais das outras superfícies. Por outro lado, o uso desta técnica deve ser parte de um sistema global de gestão para águas pluviais, e não pode ser considerado um substituto para outras técnicas. Esse fato se deve, porque em um evento que envolva grande volume de água, como no caso de chuvas intensas, o lençol freático pode subir e limitar a absorção pelo solo.

Assim, para Gonçalves e Oliveira (2014), compreende-se que os diversos tipos de pavimentos permeáveis devem ser utilizados em obras e loteamentos novos com o objetivo de abrandar a sobrecarga na rede pluvial bem como evitar o transporte de poluentes aos corpos d'água. Do mesmo modo devem ser impulsionados em áreas consolidadas, como as partes mais velhas das cidades, ajudando na reabilitação ambiental das bacias hidrográficas.

Portanto, pode-se afirmar que os pavimentos permeáveis evitam este tipo de escoamento superficial, e podem garantir que praticamente 100% da água seja infiltrada

através de sua estrutura, podendo esta infiltrar no solo ou ser transportada através de sistemas auxiliares de drenagem, o que acarreta menos danos ao meio ambiente.

Classificação dos pavimentos permeáveis de acordo com sua composição.

Pavimento de Concreto Poroso

É um tipo específico de concreto que é caracterizado pela ausência dos agregados finos e por produzir uma estrutura permeável. É considerado um tipo de material de construção sustentável e é indicado para locais com tráfego médio moderado como calçadas e estacionamentos (Barbosa, Abreu e Cabral, 2018).

O principal objetivo do pavimento permeável de concreto, assim como os dos demais tipos de revestimento de pavimentos permeáveis, é controlar o escoamento superficial e a degradação da qualidade da água. Os pavimentos permeáveis são um meio eficiente de gerenciar o escoamento superficial, sendo uma medida de gerenciamento de controle na fonte, possibilitando a interceptação, redução da frequência e volume do escoamento superficial; e o tratamento preliminar da água pluvial. O processo de tratamento da água pluvial, que ocorre nas diversas camadas da estrutura do pavimento permeável, inclui as etapas de filtração, adsorção, biodegradação e sedimentação. (Udfcd, 2010)

O concreto poroso (Figura 10) também é utilizado em barreiras de som, para reduzir o barulho das rodovias por reflexão acústica (Kim e Lee, 2010) e como dispositivo de drenagem em muros de arrimo (Ospina e Erazo, 2007).

Figura 10- Concreto permeável ou poroso.



Fonte: Infraestrutura urbana (2011).

A principal característica dos pavimentos de concreto poroso é permitir a infiltração da água através de sua superfície, para sua posterior infiltração no solo. Este tipo de pavimento tem sido bastante analisado na atualidade por ser uma alternativa viável tanto Concreto poroso: dosagem e desempenho 13 A.C.N. Monteiro do ponto de vista técnico como econômico (Azañedo, Helard e Muñoz, 2007).

Pavimento Intertravado Permeável

São peças de concreto tradicionais que atende os requisitos da NBR 9781. A infiltração da água ocorre nas juntas, através dos espaços vazios entre as peças de concreto. A velocidade de infiltração depende da área total das juntas e do coeficiente de permeabilidade dos agregados utilizados no preenchimento das juntas, da camada de assentamento, da sub-base, da base e do próprio subleito. Além do concreto (Figura 11), pode se utilizar como pavimento intertravado os paralelepípedos, a principal diferença entre eles é que o paralelepípedo não possui permeabilidade do material entre si pois é uma rocha, enquanto

para os concretos é possível utilizar um material mais permeável na sua composição, (Barbosa, Abreu e Cabral, 2018).

Figura 11 - Blocos de concreto intertravados.



Fonte: Prefeitura Municipal de São Luiz Gonzaga – RS (2015).

Blocos de Concreto Vazados

Os blocos de concreto vazados (Figura 12) são assentados sobre materiais granulosos e preenchidos com vegetação baixa como grama, sob a camada granulosa que pode ser utilizada o areia é colocado filtros geotêxtis para prevenir o carreamento da areia fina para as camadas inferiores. A característica do bloco vazado possui dimensões externas e cavidades responsáveis pela percolação das águas da chuva, (Souza Junior; Baesse; Amorim Junior, 2018).

Figura 12- Piso intertravado vazado permeável.



Fonte: Escola engenharia (2019)

Pisograma (grama)

Tendo diversos nomes além do Pisograma (pavigrama, concregrama e outros) é um piso feito do concreto (Figura 13), com formato de grelha, para aplicação em áreas externas. Ele amplia a área verde de residências e edifícios, pois contém espaço para plantio de grama, e é bastante utilizado em estacionamentos de veículos e passagens de pedestres. As principais vantagens do seu uso são a criação de áreas permeáveis que ajudam a água a escoar para a terra e a redução do calor, já que sua superfície retém pouco os raios solares. Além disso, por conter grama evita a formação de poças de lama. (BERALDO, 2016).

Figura 13: Calçada de Pisograma (grama)

Fonte: TETRACON, 2017

Análise comparativa entre pavimentos comuns e permeáveis

Uma das principais características dos pavimentos permeáveis em relação aos pavimentos comuns é a capacidade de percolação da água sobre a superfície porosa, tendo por principal função conduzir a água rapidamente até a base ou reservatório de brita, assim obtém-se algumas vantagens e também desvantagem, como descrito na (Tabela 1). Dessa forma Souza Junior; Baesse; Amorim Junior, (2018) afirmam que “O principal benefício dos pavimentos permeáveis é evitar o rápido e indesejado acúmulo de volumes de água acima da superfície do piso”.

Tabela 1: Comparação entre Pavimentos comuns e permeáveis.

Pavimentos comuns	Pavimentos permeáveis
Vantagens	Vantagens
Aguenta grande intensidade de carga.	Tende a absorver da melhor forma a água evitando que se criem camadas, minimizando o desgaste;
Menor preço de construção	Redução da carga poluente;
	Reduz o risco de inundações;
Desvantagens	Desvantagens
Dificulta o escoamento da água causando desgaste;	Não suporta grande intensidade de carga.
Aumento da carga poluente;	Maior preço de construção
Aumenta o risco de inundações	

Fonte: Silva e Siqueira, 2019.

Já Marchioni e Silva (2011), afirmam que outra vantagem dos pavimentos permeáveis é que eles promovem um retardo da chegada da água do terreno ao sistema de drenagem da cidade, fator que já é levado em conta em projetos de grande porte, como shopping centers e supermercados.

Na tabela 2 foi considerado todos os encargos, mão de obras em cada preço referente aos materiais, pavimentos e serviços segundo informações de Souza Junior; Baesse; Amorim Junior, (2018). O custo benefício destes pavimentos é mais elevado do que o pavimento

comum, cerca de 20% a mais devido a preparação que os mesmos devem ter com relação ao filtro e reservatórios de pedras.

Tabela 2: Análise de custo para a implantação dos pavimentos permeáveis.

Materiais	Unidade	Preço unitário (R\$)
Brita graduada (diân. 1,5cm)	m ³	0,01
Areia lavada grossa	m ³	0,03
Filtro Geotêxtil	m ³	25,98
Pavimentos		
Concreto impermeável	m ²	31,60
Blocos de concreto vazado	m ²	21,00
Piso intertravado	m ²	25,00
Concreto poroso	m ²	18,00
Piso natural	m ²	28,00
Serviços		
Escavação	m ³	30,00
Assentamento geotêxtil	m ²	8,02
Assentamento base	m ³	10,50
Transporte bota-fora	m ³	32,00
Sistema de drenagem, fornecimento e colocação	m ³	87,10

Fonte: Compensa; Revista Pini (2016)

Além dos custos de implantação dos pavimentos permeáveis existe o custo de manutenção que consiste na limpeza dos poros dos pavimentos porosos (concreto poroso) com jatos d'água e máquinas de aspiração de sedimentos e poeiras. No entanto, para se ter uma ideia o custo médio gasto em uma manutenção nos Estados Unidos é na ordem de 1 a 2% do custo de implantação do dispositivo, assim afirma Tucci; Goldenfum; Araujo, (2015).

Marchioni e Silva (2011), relata que para aumentar a vida útil do pavimento permeável (estimada em 20 anos) recomenda-se uma limpeza anual retirando os sedimentos acumulados. Podem ser utilizados equipamento de aspiração para limpeza do pavimento permeável. Levando em consideração os dados levantados na tabela 2, estes tipos de pavimentos tem um custo maior do que o pavimento comum para implantação, porém devidos aos seus números benefícios é vantajoso a sua implantação, assim afirma Souza Junior; Baesse; Amorim Junior, (2018). É possível notar que o valor em R\$/m² do concreto impermeável é superior ao preço dos demais pisos permeáveis, logo o custo da implantação dos pavimentos drenantes se tornam mais elevados devido aos serviços de assentamento geotêxtil, assentamento da base (reservatório de brita) e o sistema de drenagem, fornecimento e colocação, já os serviços de escavação e transporte bota-fora podem ser realizados em ambos os pavimentos, assim visto em Virgiliis (2009) e em Rossi (2017).

Análise da relação custo-benefício da utilização dos pavimentos permeáveis

Num cenário de crescimento estável da construção civil brasileira, cresceram também as preocupações com o passivo ambiental gerado pelas obras. Empresas e ambientalistas tem se preocupado com essa questão, sugerindo o uso de produtos alternativos que diminuam esse passivo ambiental. Pode-se entender que a viabilidade de um empreendimento é analisada dentro de um período de interesse em que se deseja saber se o esforço produtivo vale mais que a simples aplicação dos valores envolvidos a taxas mínimas de atratividade.

Muitos dos problemas estruturais brasileiros têm a busca por sua solução de maneira demorada e cara. Por isso, o pavimento permeável vem sendo uma solução viável, por ser

simples, ter baixo custo e por sua rápida aplicação. O uso desse tipo de pavimento pode suprimir a necessidade de medidas dispendiosas para o controle do escoamento das águas pluviais, tais como bacias de retenção, valas e lagoas. Os pavimentos permeáveis têm um custo relativamente mais baixo em comparação com outros tipos de pavimentos comuns. Esse tipo de pavimento também traz acréscimos importantes ao meio ambiente, pela sua envergadura de absorção, ele acaba por contribuir com a recarga do lençol freático, que continuaria em sua maior parte desabastecida em certa região, devido à grande impermeabilização.

Os pavimentos permeáveis em uma primeira abordagem podem ser de dois tipos: Infiltrantes – quando se pretende que a água oriunda das chuvas penetre na camada de pavimento e infiltre na camada de subleito.

Armazenadores- quando se pretende que a água da chuva permaneça retida dentro de um reservatório e seja despejada na microdrenagem por meio de condutos projetados para essa finalidade. (Pinto, 2011)

Assim, o custo-benefício de se usar pavimentos permeáveis em obras é superior ao uso de pavimentos comuns. Além de ser uma solução que melhora a questão ambiental, também é mais barata e com um nível de excelência maior. As construções conseguem reduzir o valor nas obras, além, de em alguns casos, reaproveitar materiais.

Nos casos da drenagem urbana, os pavimentos permeáveis podem ser utilizados com o intuito de drenar a água das precipitações o mais rápido possível para jusante, produzindo aumento da frequência e magnitude das enchentes. O aumento traz consigo o acréscimo da produção de lixo e a deterioração da qualidade de água. Os benefícios econômicos como a redução de gastos com drenagem urbana, a redução ou eliminação de áreas de retenção de águas pluviais, aproveitando melhor a área útil do solo, e a diminuição dos custos de manutenção dos pavimentos devido maior durabilidade e resistência superior em relação ao pavimento asfáltico”, afirma. O preço do concreto permeável não é muito superior ao concreto tradicional. “O material exige alguns componentes específicos, mas a diferença de preço não é muito grande. Quando você faz o estudo de viabilidade tem que levar em consideração a vida útil e o custo de manutenção, não só o investimento inicial, assim o concreto permeável torna-se mais adequado”, diz. Ele explica que o concreto permeável tem vida útil superior ao asfalto diminuindo os gastos com manutenção. O uso desse componente é indicado para calçadas, estacionamentos, ruas de baixo tráfego, parques, praças, pátios residenciais, bases permeáveis abaixo de pavimentos de alta resistência, isolamento térmico de paredes e muros de arrimo. Em São Paulo, alguns projetos de revitalização de calçadas foram elaborados a partir do conceito de “calçada viva”, utilizando, entre outras inovações, o concreto permeável, porque permite a realimentação do lençol freático. (J. Silva, 2012)

Como citado (J. Silva, 2012) todas as grandes concreteiras já têm condições de fornecer o concreto permeável, o que falta para maior utilização desse material é a conscientização das empreiteiras e dos órgãos públicos.

De acordo com Marchioni e Silva (2011), O sistema de pavimentação permeável é uma solução simples e de ótimo custo x benefício para o combate de enchentes no manejo da microdrenagem urbana. Porém, alguns conceitos devem ser verificados para garantir que o sistema funcione corretamente e atenda as funções as quais foi concebido. Dessa forma, para verificar se o pavimento é, efetivamente permeável deve-se determinar o coeficiente de permeabilidade do pavimento acabado. Valores de coeficiente de permeabilidade acima de 10 m/s atestam que o pavimento irá funcionar de forma adequada.

Um dado importante a ser considerado é que o pavimento permeável, como por exemplo, de asfalto poroso, pode custar até 15% mais do que o convencional. Mas devemos

ponderar que este pavimento tem também a função de drenagem. Além disso, ele pode ser auxiliar no enfrentamento das problemáticas graves de enchentes e alagamentos, que causam prejuízos enormes às cidades e populações atingidas. Tal benefício em si pode superar em muito o custo a mais que envolve sua execução. (Maruyama; Franco, 2016)

Eficiência ambiental e viabilidade econômica dos pavimentos permeáveis para a redução dos problemas que afetam as regiões urbanas das cidades

O crescimento urbano das cidades provoca significativas mudanças na população e no meio ambiente. Entende-se que os problemas gerados, são em função da falta de planejamento das cidades, tais como: ocupação de áreas de risco, sistemas de drenagem inadequados e carência dos serviços básicos. O desenvolvimento urbano brasileiro concentra-se nas metrópoles e nas capitais e cidades polos regionais.

A utilização dos pavimentos permeáveis em áreas urbanas visa: reduzir a vazão drenada superficialmente, melhorar a qualidade da água e contribuir para o aumento da recarga de água subterrânea. Gonçalves e Oliveira (2014), afirmam que não existem limitações para o uso do pavimento permeável, afora quando a água não pode infiltrar para dentro do subsolo devido à baixa permeabilidade do solo ou se o nível do lençol freático for alto, ou ainda se houver uma camada impermeável que não permita a infiltração. Neste caso o pavimento permeável poderá funcionar como um poço de detenção, utilizando para isso uma membrana impermeável entre o reservatório e solo existente.

Para o meio ambiente, o uso do pavimento permeável é uma excelente solução visto que pode contribuir para minimizar o alto número de poluentes em seu meio. As ações antrópicas na ocupação e uso do solo, tanto em áreas rurais como urbanas, interferem diretamente na quantidade e qualidade do escoamento superficial, alterando vazões máximas e mínimas dos mananciais. A degradação da estrutura e a impermeabilização dos solos em áreas urbanas têm causado altos picos de vazão e, conseqüentemente, uma frequência cada vez maior de inundações. A diminuição na recarga do lençol freático, responsável pela manutenção das vazões mínimas dos mananciais, também é uma consequência da redução das áreas de infiltração de água no solo. De fato, o uso de pavimentos permeáveis pode ser uma excelente solução, pois, contribui para a manutenção do ecossistema que está em volta da construção e, reduz os danos sofridos por ela. Os pavimentos permeáveis, ao permitirem a infiltração do escoamento superficial, podem ser um canal de poluição dos lençóis subterrâneos, ao dirigirem contaminantes para o subsolo. Por outro lado, eles propiciam a retenção de poluentes, promovendo uma purificação física, química e biológica da água.

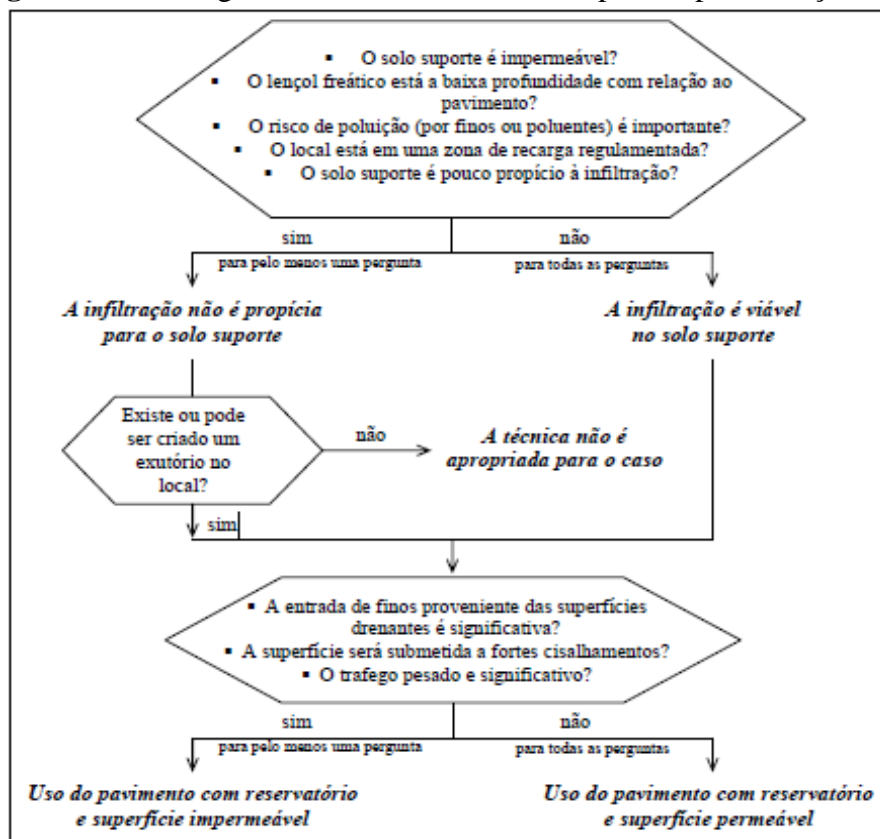
Quanto aos principais tipos de dispositivos de infiltração, Moura, (2005) cita as valas de infiltração, as trincheiras de infiltração e os pavimentos permeáveis. Nesse sentido, diversas pesquisas têm sido realizadas, utilizando-se de aparatos experimentais para o monitoramento do desempenho do dispositivo, com o objetivo principal de analisar a viabilidade técnica e econômica na utilização de um pavimento permeável, de baixo custo, de fácil montagem e tecnologia simples, no controle da geração de escoamento superficial, na fonte, Acioli (2005). Já Moura (2005), quantificou o escoamento superficial juntamente com a taxa de infiltração em três tipos de superfícies, além disso, fez-se uma análise comparativa do desempenho dessas superfícies em relação à superfície gramada tomada como referência, concluindo que a remoção da vegetação e a impermeabilização do solo causam impacto no escoamento superficial da bacia hidrográfica. Acioli, (2005), diz que os pisos permeáveis tem sido eficiente ferramenta de controle do escoamento superficial e de recarga do lençol freático. Em sua grande maioria as pesquisas, geralmente, são realizadas em grandes centros urbanos, pouco se sabe como é o seu comportamento em cidades mais afastadas dos grandes centros urbanos. Cabe salientar que, por vezes, a implementação de redes de drenagem pluvial

é inviável técnica e economicamente, por causa dos custos envolvidos neste processo, como diz Tucci, (2005).

Além dos custos envolvidos e de todas as vantagens apresentadas na Tabela 1, é essencial que seja realizado uma análise de viabilidade do local a ser implementado o do projeto. Acioli (2005) afirma que o estudo (Figura 14) permite determinar se o pavimento permeável é a alternativa de controle mais adequada para as condições de implantação.

A Figura 14 mostra um fluxograma com os principais requisitos que devem ser observados para determinar a adequação do pavimento permeável a situação em estudo. Tais requisitos se referem principalmente às condições do solo subjacente, ao lençol freático local e a carga de finos e poluentes que serão levadas para o pavimento.

Figura 14 – Fluxograma, análise de viabilidade para implementação do pavimento.



Fonte: Acioli (2005)

Levando em consideração o fluxograma apresentado (Figura 14) e a Tabela 2 descrita anteriormente, dificilmente se pode afirmar de forma definitiva que um pavimento permeável com estrutura reservatório custa mais ou menos que um pavimento comum com drenagem convencional. Os custos irão variar caso a caso, de acordo com as condições do terreno e da rede de drenagem local, assim afirma Acioli (2005).

Acioli, (2005) também afirma que “uma das maiores questões quando se trata da aplicação dos dispositivos de controle na fonte do escoamento superficial é a comparação com os custos dos mecanismos de drenagem convencionais. No entanto deve-se refletir a respeito dos ganhos ambientais e humanos que o uso desses dispositivos acarretam para a comunidade. Diversas vezes, o aumento da área impermeável da bacia e suas consequências chegam a tal ponto que a aplicação do controle na fonte do escoamento superficial torna-se a única solução ambientalmente aceitável”. Entende-se que uma obra se torna economicamente viável, devido as suas vantagens e contribuições, tanto para o meio ambiente, quanto para os usuários em si,

também levando em consideração o tempo de vida útil. Contudo, mesmo com diferenças significativas de preços, os pavimentos permeáveis se tornam uma opção viável e ecologicamente correta. Azevedo, (2018) afirma que quanto maior o número de áreas permeáveis, menor será o escoamento superficial e menor será o risco de enchentes.

4 CONCLUSÃO

Em virtude do que foi mencionado, é possível concluir que o uso de pavimentos permeáveis na construção civil tende a ser mais vantajoso em relação ao pavimento comum, e tende a diminuir os problemas com enchentes ou inundações, e problemas estruturais que possam ser apresentados ao longo dos anos. Além de facilitar o escoamento da água de modo seguro e eficaz, os pavimentos permeáveis são materiais que podem contribuir até mesmo com a arquitetura da obra desejada em termos de decoração e paisagismo.

Por tudo isso, conclui-se que para minimizar os problemas estruturais, e minimizar riscos de inundações é preciso realizar projetos altamente eficazes que garantem canalizar, reter e escoar as águas e, sobretudo ser capaz de suprir as solicitações necessárias para o bom funcionamento a fim de garantir a eficácia e durabilidade do projeto a ser desenvolvido. Contudo os pavimentos permeáveis podem ser a melhor solução para reduzir os problemas de inundações que existem em nosso país, com um ótimo custo-benefício

REFERÊNCIAS

- ACIOLI, L. A. **Estudo Experimental de Pavimentos Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial na Fonte**, Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) de M.Sc., IPH/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Abnt Nbr 6136, Blocos Vazados De Concreto Simples Para Alvenaria p. 6, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Abnt Nbr 9781 Peças de concreto para pavimentação Especificação e métodos de ensaio. p. 8, 2005.
- AZEVEDO, G. F. **USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NA DRENAGEM**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade Pitágoras de Uberlândia. Orientador: Marcelo Vandemberg Barbosa Borges. Uberlândia, 2018.
- AZAÑEDO, W.H.M.; HELARD, C.H.; MUÑOZ, R.G.V. **Diseño de mezcla de concreto poroso con agregados de la cantera La Victoria**. Universidade Nacional de Cajamarca, 2007.
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. Cap. 6, pg. 216-225.
- BERALDO, A. C. **Parque Urbano Em Buritama** – Sp. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Arquitetura e Urbanismo). Centro Universitário Toledo Araçatuba .55 p, 2016.
- CHANDRAPPA, A .BILIGIRI, K. **PERVIOUS CONCRETE AS A SUSTAINABLE PAVEMENT MATERIAL** – Research findings and future prospects: A state-of-the-art review. Construction and Building Materials. 2016, vol: 111 pp: 262-274.
- DNIT. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Publicação IPR 700, Segunda Edição – Rio de Janeiro, 322 p, 2017.
- FERGUSON, B. K., **Porous pavements**. Boca Raton: CRC Press, c2005.
- FERNANDES, W.D. **Análise Comparativa Entre os Métodos de Dimensionamentos de Pavimentos Flexíveis do Brasil e o Método Da Aashto**. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Santa Maria RS, 2016.

- FIORITI, C. F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. Escola de Engenharia de São Carlos. Tese de Doutorado. São Carlos, 2017.
- GONÇALVES, A. B.; OLIVEIRA, R. H. DE. **Pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem**. 2014. Água Em Ambientes Urbanos. Seminário. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo p. 12, 2014.
- GONÇALVES, F. T. e NUCCI, J. C. **SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): Propostas Para A Bacia Do Rio Juvevê, Curitiba-PR**. Assentamentos rurais na fronteira Brasil/Bolívia: Diagnóstico socioeconômico e produtivo na região sudoeste mato-grossense. RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise, v. 39, p. 167–181, 2017.
- J. SILVA, A. **Concreto permeável é alternativa na construção**. Belo Horizonte. 2012. Diário do Comércio. Disponível em: <https://site.abece.com.br/download/pdf/DA02P111.PDF>. Acesso em 19 de março de 2019.
- MARCHIONI, M., SILVA, C. O. **“Dimensionamento de Pavimentos Intertravados Permeáveis”**. 40ª RAPv - Reunião Anual de Pavimentação, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 26-28 Outubro, 2010.
- MARCHIONI, M.; SILVA, C. O. **Melhores Práticas - Pavimento Intertravado Permeável**. p. 24, 2011.
- MARUYAMA, C. M.; FRANCO, M. D. A. R. **Pavimentos Permeáveis E Infraestrutura Verde**. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, v. 4, n. 9, p. 73–86, 2016.
- MOURA, T. A. M. **Estudo Experimental de Superfícies Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial em Ambientes Urbanos [Distrito Federal] 2005**. p. 117, 2005.
- NETO, P. de S. G. **Telhados Verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva: Projeto de dois protótipos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil**. 2012. 168f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.
- ONO, B. W.; BALBO, J. T.; CARGNIN, A. **Análise da capacidade de infiltração em pavimento permeável de bloco de concreto unidirecionalmente articulado**. Transportes, v. 25, n. 3, p. 90, 2017.
- PIERGILI, A. V. P. **Por que utilizar telhados verdes?** São Paulo. 2007. Disponível em: Acesso em: 22 mai. 2017.
- PINTO, L. L. C. A. **O Desempenho De Pavimentos Permeáveis Como Medida Mitigadora Da Impermeabilização Do Solo Urbano**. p. 283, 2011.
- ROSSI, A. C. **Etapas de uma obra de pavimentação e dimensionamento de pavimento para uma via na ilha do fundão**. p. 65, 2016.
- SANTOS, D. M. **Proposta de um sistema de simulação de chuvas para avaliação do desempenho de um pavimento permeável no controle das águas pluviais**. 2016. 83 p. Projeto de Pesquisa do Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- SOUZA JUNIOR, R. B.; BAESSE, T. DE A.; AMORIM JUNIOR, J. C. **Utilização de pavimentos permeáveis para redução do escoamento superficial provenientes das águas pluviais**. p. 1–19, 2018.
- THOMLE, J. N. **The Declining pH of Waters Exposed to Pervious Concrete**. WASHINGTON STATE UNIVERSITY Department of Civil and Environmental Engineering p. 160. 2010.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades - Global Water Partnership - World Bank – Unesco. Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 194, 2005.

TUCCI, C.; GOLDENFUM, J.; ARAUJO, P. **Avaliação Da Eficiência Dos Pavimentos Permeáveis Na Redução De Escoamento Superficial**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 3, p. 21–29, 2000.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003

VIRGILIIS, A. L. C. DE. **Procedimentos de Projeto e Execução de Pavimentos Permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. Dissertação de Mestrado, v. 1, n. 1, p. 213, 2009.