



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS –
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

SAMARA LIMA SANTOS

**PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NO CONTROLE
DE CHEIAS URBANAS**

APARECIDA DE GOIÂNIA
2017

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor:

Matrícula:

Título do Trabalho:

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG;
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____;
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG.

Ao indicar a opção 2 ou 3, marque a justificativa:

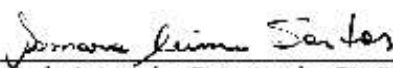
- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Aparecida de Goiânia, 03/02/2020.
Local Data


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

SAMARA LIMA SANTOS

**PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NO CONTROLE
DE CHEIAS URBANAS**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, como exigência de avaliação parcial para conclusão do Curso Bacharelado em Engenharia Civil, ofertado pelo Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Campus Aparecida de Goiânia, sob a orientação do Professor Wilson Marques Silva, da Linha de Pesquisa Água e Meio Ambiente.

APARECIDA DE GOIÂNIA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S231 Santos, Samara Lima
Pavimentos permeáveis no controle de cheias urbanas / Samara Lima Santos. – Aparecida de Goiânia, 2018.
39 f. : il.

Orientador: Me. Wilson Marques Silva.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás: Campus Aparecida de Goiânia, Bacharelado em Engenharia Civil, 2018.

1. Drenagem urbana. 2. Pavimentos permeáveis. 3. Enchentes. 4. Sustentabilidade. I. Título.

CDD 624.15136

Catalogação na publicação:
Thalita Franco dos Santos Dutra – CRB 1/2186

TERMO DE APROVAÇÃO

SAMARA LIMA SANTOS

PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NO CONTROLE DE CHEIAS URBANAS

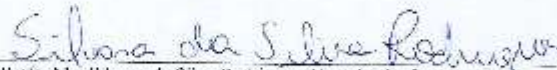
Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus
Aparecida de Goiânia como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil e desenvolvida na linha de
pesquisa: Água e Meio Ambiente, sob
orientação da Prof. Me. Wilson Marques Silva.

Aprovado em: 03 de Fevereiro de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Wilson Marques Silva (Presidente – Orientador)



Prof. Me. Silvana da Silva Rodrigues (Examinador Interno – TCC)



Jaqueline Gomes Vieira (Examinador Externo)

RESUMO

SANTOS, Samara Lima. **Pavimentos permeáveis no controle de cheias urbanas**. 2017. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Áreas Acadêmicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Aparecida de Goiânia.

Atualmente as enchentes tem sido um dos maiores problemas de um número significativo das cidades brasileiras. Este fato esta relacionado à impermeabilização do solo, e o modelo de drenagem não ser tão eficiente, dessa forma esse processo potencializa a velocidade das águas pluviais, o que acaba sobrecarregando todo o sistema. Para reverter essa situação têm sido desenvolvidos projetos que busquem uma interação sustentável com meio ambiente, neste contexto o presente estudo tem como objetivo compreender como os pavimentos permeáveis podem ser uma solução para minimizar os casos de enchentes e como esta pode ser associado ao sistema de drenagem convencional. A metodologia adotada para realizar este estudo será a revisão bibliográfica, na qual serão analisadas literaturas que tratam da temática drenagem urbana, pavimentos permeáveis e seus tipos. Através do estudo realizado observa-se que a implantação dos pavimentos permeáveis é viável no que se refere a evitar a sobrecarga do sistema de drenagem de uma cidade, no entanto é necessário avaliar vários fatores com objetivo de adequar as reais necessidades do ambiente na qual será construído está estrutura. Assim o presente estudo busca pontuar quais são estes fatores que devem ser observados para a implantação dos pavimentos permeáveis tais como: tipo de pavimentação, declividade, fluxo pluvial, método construtivo, custo benefício, tipo de solo, tráfego de veículos, drenagem e velocidade de absorção da água.

Palavras-chave: Drenagem Urbana, Pavimentos Permeáveis, Enchentes, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Nowadays floods have been one of the biggest problems of a significant number of Brazilian cities. This fact is related to the waterproofing of the soil, and the drainage model is not so efficient, due to this process value the speed of rainwater, this situation ends up overloading the whole system. To reverse this situation have been developed projects that seek a sustainable interaction with the environment, in this context the present study aims to understand how permeable pavements can be a solution to minimize flood cases and how it can be associated with the drainage system conventional. The methodology adopted to carry out this study will be the bibliographical review, in which will be analyzed literature dealing with urban drainage, permeable pavements and their types. Through the study carried out it is observed that the implantation of the permeable and feasible pavement in what concerns to avoid the overload of the drainage system of a city, nevertheless it is necessary to evaluate several factors in order to adapt the real needs of the environment in which it will be built is structure. Thus, the present study seeks to point out which are these factors that must be observed for the implantation of permeable pavements such as: type of pavement, slope, rainfall, construction method, cost benefit, soil type, vehicular traffic, drainage, water absorption.

Key words: Urban Drainage, Permeable Pavements, Floods, Sustainability.

LISTAS DE FIGURAS E QUADROS

Quadro 1: Diferenças entre Microdrenagem e Macrodrenagem	8
Quadro 2: Bibliografias e suas principais ideias	19
Quadro 3: Temática das Bibliografias	23
Quadro 4: Tipos de função dos pavimentos permeáveis	25
Quadro 5: Propriedades gerais dos pavimentos permeáveis	25
Quadro 7: Cronograma de Trabalho Dividido em Meses e Atividades a Serem Realizadas	32
Figura 1: Sistema de drenagem	8
Figura 2: Dispositivos de drenagem superficial valetas de proteção de aterro	9
Figura 3: Sarjetas	9
Figura 4: Boca de Lobo	10
Figura 5: Descidas d' água	10
Figura 6: Drenos rasos longitudinais	11
Figura 7: Drenagem subterrânea	11
Figura 8: Pavimentos permeáveis	12
Figura 9: Camadas dos pavimentos permeáveis	13
Figura 10: Tipos de pavimentos permeáveis	14
Figura 11: Pavimento permeável modular	14
Figura 12: Pavimento poroso	15
Figura 13: Percentagem de água infiltrada e escoada superficialmente com uma precipitação de 236,62 mm acumulada no período	26

SUMÁRIO

1.0.INTRODUÇÃO	3
1.2. JUSTIFICATIVA	4
2.0.Objetivos.....	5
2.1 Objetivo Geral	5
2.2. Objetivo Específico	5
2.3.HIPÓTESES	5
3.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1. DRENAGEM URBANA	6
3.2.Tipos de Drenagem.....	8
3.3. Pavimentos Permeáveis.....	12
4.0 METODOLOGIA.....	16
5. DESENVOLVIMENTO.....	19
5.1. Levantamento dos dados.....	19
5.2 Análise dos Resultados e Discussão.....	28
6.0 CONCLUSÃO.....	30
7.0 CRONOGRAMA.....	32
8.0.REFERÊNCIAS	33

1.0. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização das cidades brasileiras segundo Martins (2012) tem se intensificado nas últimas décadas, problemas que até então eram restritos aos municípios de grande porte, principalmente aqueles do que se referem ao escoamento das águas pluviais acabam abarcando tanto as de pequeno como médio porte. De acordo Nureco (2007) as áreas de várzeas com o processo de urbanização das cidades acabaram sendo ocupadas de forma insustentável levando à degradação dessas áreas naturais, que servem para o de armazenamento e escoamento, das águas pluviais.

A drenagem urbana segundo Montes e Leite (2009) deve fazer parte do planejamento urbano, pois estes dois fatores são responsáveis pelo o uso sustentável do solo, no entanto as obras que envolvem medidas estruturais são obras onerosas. Essas alterações no solo principalmente para pavimentação e construção de edificações tem se intensificado a cada ano levando à um processo de impermeabilização da superfície, que tem levado a alterações do ciclo hidrológico natural, além da infiltração da água no solo e a recarga do lençol freático.

Nesse contexto é necessário que sejam desenvolvidos meios para que as águas fluviais possam ser escoadas, já que o solo está impermeabilizado, Os corpos hídricos são os grandes receptores deste fluxo provenientes de escoamento superficial das águas pluviais que se dão através das sarjetas das ruas, bocas de lobo, canalizações e galerias. Segundo Montes e Leite (2009), a questão é quando esta vazão excede a capacidade de escoamento do sistema de drenagem, o resultado é prejuízo tanto de ordem financeira como urbanística.

O modelo de drenagem urbana no Brasil segundo Nureco (2009) apesar de se basear em um modelo que busca um sistema hidráulico eficiente, tem apresentado falhas na maioria das cidades brasileiras, nos meses em que o fluxo das águas pluviais aumenta, todo este sistema entra em colapso. Um dos problemas em áreas altamente permeabilizada e o fato de sobrecarregar o sistema de drenagem. Para evitar esta situação algumas cidades tem investido em implementar pavimentos permeáveis, pois favorecem a infiltração de água na qual permite o retardamento do seu escoamento.

O presente estudo fundamenta-se na problemática da drenagem urbana e como associada à pavimentos permeáveis podem amenizar as situações de enchentes nas grandes cidades. Atualmente existem poucas áreas permeáveis, devido ao uso intenso do solo, o resultado é um grande volume de escoamento superficial, favorecendo o surgimento de vários problemas, assim, essa pesquisa pretende descrever como os pavimentos permeáveis podem ajudar em um desenvolvimento sustentável urbano.

1.1. JUSTIFICATIVA

Com o processo de urbanização a impermeabilização do solo tem aumentado a cada ano principalmente por causa da ocupação urbana, este processo acabou afetando o ciclo hidrológico e resultou no aumento das enchentes urbanas e da degradação da qualidade das águas pluviais segundo Gonçalves (2014). A drenagem urbana tradicional faz com que o fluxo das águas derivadas de precipitações cresça, este fato acaba aumentando o risco de inundações à jusante.

A problemática que envolve drenagem urbana versus enchentes já se tornou crônica, segundo Tucci (1995), isto acontece principalmente à filosofia errônea dos projetos de engenharia adotados, na qual se abarca em conceitos em que uma drenagem eficiente somente tem resultado se as águas das precipitações escoarem rapidamente. Com o aumento do fluxo das águas fluviais em pouco intervalo de tempo, o sistema de drenagem entra em colapso e o resultado são as enchentes que afetam toda população.

Associado a esse processo temos ainda a questão do solo impermeabilizado que impede com que as águas fluviais infiltrem no subsolo, neste contexto os pavimentos permeáveis são uma solução viável para amenizar os problemas referentes às enchentes nos meses em que aumenta a intensidade de chuvas.

Ao realizar este estudo é possível compreender como o pavimento permeável que se caracteriza por elevada porosidade e drenagem da água eficiente, dependendo da sua granulometria, no entanto esta capacidade de infiltrar a água vai depender do modelo de pavimento.

O estudo se justifica, pois permite compreender como funcionam os pavimentos permeáveis e qual sua relação de custo versus benefício no combate às enchentes. E como deve ser realizado o seu processo construtivo e quais são os melhores ambientes dentro do contexto urbano pode ter melhor adaptação. Sabendo que este sistema se caracteriza por retardar o volume de água nos ambientes urbanos, o estudo também dará ênfase de como ele pode ser utilizado na construção dos chamados piscinões que apresentam eficiência em receber as enxurradas, além de reduzir a contaminação do subleito por lixo e outros resíduos sólidos, além de melhorar os gastos com a drenagem urbana.

Assim, pretende-se apresentar as vantagens de usar os pavimentos permeáveis como meio de evitar as enchentes urbanas, além de permitir que se conheça como deve ser realizado seu processo construtivo, os reais custos na sua execução. Neste contexto, avaliar quais os materiais utilizados na elaboração de um pavimento permeável, quais os tipos destes

encontrados atualmente no mercado, e em quais modelos ocorre uma melhor infiltração da água, ou seja, são mais eficientes.

2.0. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

.

Apresentar soluções para as cheias urbanas, relacionadas ao crescimento desordenado da população, voltadas para pavimentos permeáveis.

2.2. Objetivo Específico

- Apresentar os conceitos e tipos de drenagem urbana;
- Analisar o processo de implantação dos pavimentos permeáveis, enfatizando as técnicas construtivas e materiais utilizados, e seu desempenho hidráulico;
- Compreender quais os tipos e como funcionam os pavimentos permeáveis;
- Analisar a eficácia dos os pavimentos permeáveis.

2.3. HIPÓTESES

O processo de urbanização com o decorrer do tempo tem sido responsável por grandes mudanças nas cidades brasileiras. Os resultados dessas intervenções no meio ambiente acabam por trazer sérios problemas ambientais que acabam afetando diretamente a vida da população. O processo de drenagem urbana teve um papel fundamental para a urbanização das cidades, pois permitiu que melhorasse o escoamento das águas fluviais, no entanto este sistema não tem se apresentado de forma tão eficiente, principalmente nas grandes cidades que se caracterizam por uma grande área impermeabilizada, e a quase inexistência do planejamento do uso do solo.

O processo de impermeabilização do solo nas áreas urbanas faz com que o escoamento do fluxo das águas pluviais seja rápido, pois não existem meios de penetrar no solo, o resultado é o aumento significativo do volume escoado nos rios, lagos ou outros corpos

hídricos. Para evitar enchentes algumas soluções podem ser implantadas tais como sistema de drenagem eficiente e a substituição de pavimentos impermeabilizantes por permeáveis, que além de permitirem a infiltração da água pluviais no solo reduz o seu fluxo.

3.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. DRENAGEM URBANA

O desenvolvimento urbano ocasionou impactos ambientais significativos que acarretaram problemas como poluição do solo, água e ar, erosões e enchentes. Todos estes fatores tem levado a qualidade de vida da população cair drasticamente. Segundo Neto (2012) as inundações tem acontecido com maior frequência principalmente por causa do modelo de sistema de drenagem implantado no Brasil, que prioriza a velocidade do fluxo das águas.

De acordo com Neto, 2012, p. 1, drenagem:

é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana. A drenagem urbana não se restringe aos aspectos puramente técnicos impostos pelos limites restritos à engenharia, pois compreende o conjunto de todas as medidas a serem tomadas que visem à atenuação dos riscos e dos prejuízos decorrentes de inundações aos quais a sociedade está sujeita.

A drenagem, segundo Pinto e Pinheiro (2006), pode ser considerada um conjunto da infraestrutura de uma cidade que tem a finalidade de coletar, transportar as águas pluviais isto tudo pode ser considerado um sistema, sendo dividido em macro e micro. A microdrenagem urbana, segundo Brasil (1999) é um sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana, que permite a ocupação do espaço urbano sendo formada de:

- Boca de lobo: dispositivos para captação de águas pluviais, localizados nas sarjetas; - sarjetas: elemento de drenagem das vias públicas a calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam;
- Poço de visita: dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudança de direção, mudança de

declividade, mudança de diâmetro e limpeza das canalizações;

- Tubos de ligações: são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para a galeria ou para os poços de visita; e - condutos: obras destinadas à condução das águas superficiais coletada.

O outro sistema de drenagem é a macrodrenagem, segundo Brasil (1999) é um conjunto de obras que permite aprimorar as condições de escoamento permite diminuir os problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo dos principais talvegues (fundo de vale). Este sistema é responsável pela vazante final das águas, a qual pode ser formada por canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares.

Nas áreas urbanas, segundo Brasil (1999) à macrodrenagem está relacionada diretamente com a rede de drenagem natural pré-existente nos terrenos antes da ocupação, sendo igarapés, córregos, riachos e rios localizados nos talvegues e valas, além de canais que são cursos d'água artificiais destinados a conduzir água à superfície livre.

Outros fatores devem ser considerados no sistema de macrodrenagem segundo Brasil, 1999, p.288;

A topografia do terreno, natureza do solo e o tipo de escoamento, determinam a forma da seção a serem adotadas, as inclinações de taludes e declividade longitudinal dos canais. Apesar de independentes, as obras de macrodrenagem mantêm um estreito relacionamento com o sistema de drenagem urbano, devendo, portanto ser projetadas conjuntamente para uma determinada área. • as obras de macrodrenagem consistem em: - retificação e/ou ampliação das seções de cursos naturais; - construção de canais artificiais ou galerias de grandes dimensões; - estruturas auxiliares para proteção contra erosões e assoreamento, travessias (obras de arte) e estações de bombeamento.

Os problemas referentes às inundações no meio urbano ficam evidentes que os sistemas de drenagem urbana têm um papel preventivo, no entanto nas regiões mais baixas é fundamental que estes processos sejam eficientes para evitar alagamentos próximos aos cursos d'água.

Os sistemas de drenagem apresentam algumas diferenças singulares entre microdrenagem e macrodrenagem:

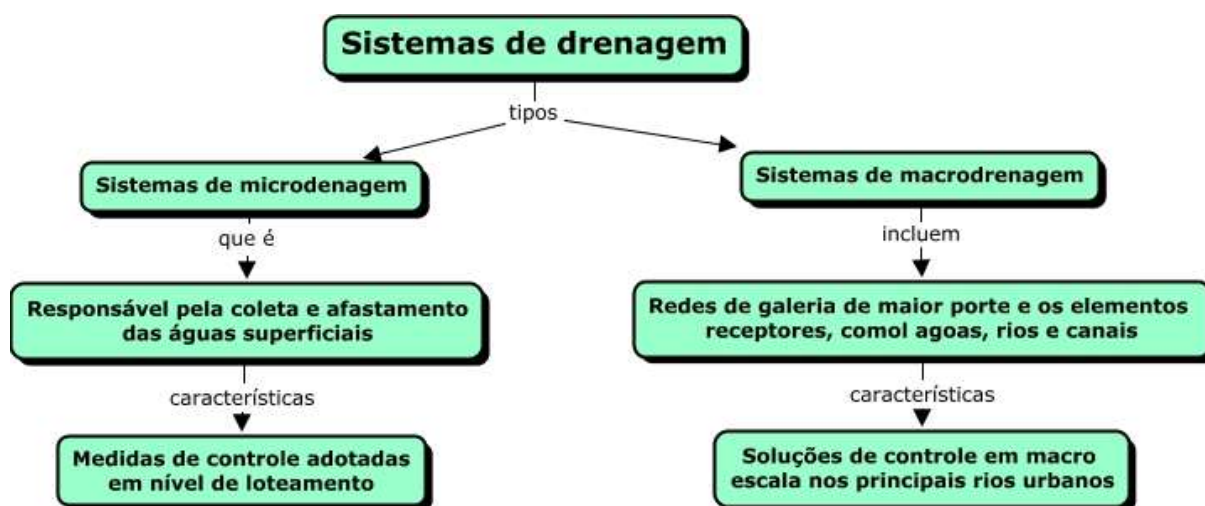
Quadro 1: Diferenças entre Microdrenagem e Macro drenagem

MICRODRENAGEM	MACRODRENAGEM
São estruturas que conduzem as águas do escoamento superficial para as galerias ou canais urbanos.	São dispositivos responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais provenientes do sistema de microdrenagem urbana.
É constituída pelas redes coletoras de águas pluviais, poços de visita, sarjetas, bocas-de-lobo e meios-fios.	É constituída pelos principais talvegues, fundos de vales, cursos d'água, independente da execução de obras específicas e tampouco da localização de extensas áreas urbanizadas, por ser o escoadouro natural das águas pluviais.

FONTE: BRASIL, 1999

Cada sistema de drenagem, como foi possível observar vai apresentar características próprias que irão atender uma determinada realidade no contexto espacial de uma cidade.

Figura 1: Sistema de drenagem



Fonte: A autora (2017)

3.2. TIPOS DE DRENAGEM

O processo de drenagem pode ser dividido em superficial, subterrânea, vertical e elevação mecânica (bombas).

Superficial: é empregada com maior eficiência nos terrenos planos, segundo Brasil (1999) com capa superficial sustentável e subsolo rochoso ou argiloso impermeável, na qual previne o encharcamento do terreno, impedindo a saturação prolongada do solo e precipita a passagem de água sem risco de erosão e acumulação de lama no leito. A drenagem superficial tem como principais vantagens:

- Redução de gastos com manutenção das vias públicas;
- Valorização das propriedades existentes na área beneficiada;
- Escoamento rápido das águas superficiais, facilitando o tráfego por ocasião das precipitações;
- Eliminação da presença de águas estagnadas e lamaçais;
- Rebaixamento do lençol freático;
- Recuperação de áreas alagadas ou alagáveis.

Figura 2: Dispositivos de drenagem superficial valetas de proteção de aterro



Fonte: FINOM , 2014

Figura 3: Sarjetas



Fonte: FINOM , 2014

Figura 4: Boca de Lobo



Fonte: FINOM , 2014

Figura 5: Descidas d' água



Fonte: FINOM , 2014

Figura 6: Drenos rasos longitudinais



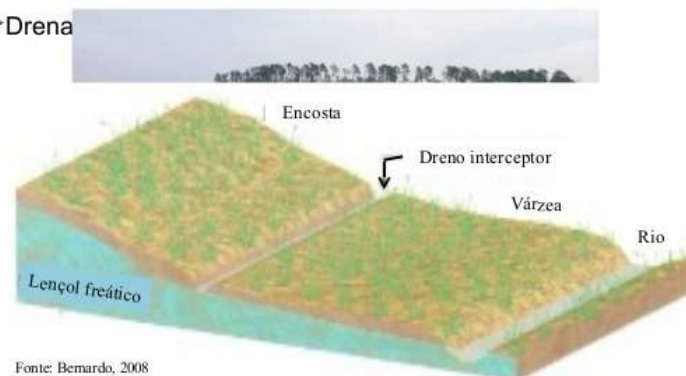
Fonte: FINOM¹, 2014

Subterrânea: é o tipo de drenagem que segundo Brasil (1999) tem como objetivo rebaixar o lençol freático até um nível que beneficie os cultivos e avaliar o equilíbrio das estradas e a segurança das construções. Este tipo de drenagem tem como elementos construtivos as valas, as quais são aplicadas em situações que não é preciso abaixar o lençol freático mais que 1,5m, isto porque o volume de terra a ser removido será proporcional ao quadrado da profundidade da vala.

Figura 7: Drenagem subterrânea

➤ Drenagem subterrânea

➤ Drena



Fonte: Bernardo, 2008

¹ Disponível: <https://pt.slideshare.net/ivanrobertoa/drenagem-viria>

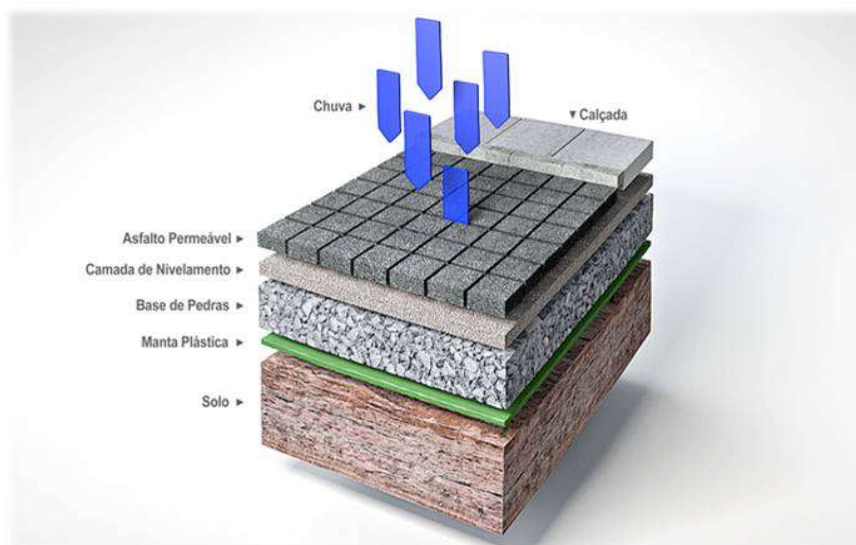
Vertical: é empregada em terrenos planos quase sem declividade segundo Brasil (1999) para que a água drene, como nos pântanos e marisma. Os terrenos têm uma capa superficial encharcada por haver abaixo dela uma camada impermeável, prevenindo, assim, a infiltração. É importante destacar que são necessárias prevenções, em razão deste tipo de drenagem causar risco de contaminação das águas subterrâneas.

Elevação mecânica (bombas): Segundo Brasil (1999) tem por finalidade bombear a água que está em um nível inferior ao nível destinado a receber o líquido, uma vez que não há carga hidráulica no extremo inferior da área a ser drenada. Também pode ser usada quando o lençol freático do terreno é elevado, chegando a substituir a rede de drenagem superficial por sistema de poços, a partir do bombeamento para as valas coletoras.

3.3. PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Nas ultimas décadas segundo Araújo et al.,(2000) tem crescido a tendência na área de drenagem urbana a utilização de técnicas que se caracterizam por apresentar um caráter sustentável, nesta perspectiva passa a ser desenvolvida uma geração do escoamento superficial que atenda essa nova demanda. No entanto para que isto aconteça é necessário que sejam utilizados dispositivos que ajudem melhorar o processo de infiltração e diminuição do fluxo do escoamento. Uma solução que tem sido utilizada cada vez mais que atende essas prerrogativas é o pavimento permeável (figura 8), cuja principal finalidade é conseguir minimizar a vazão de escoamento superficial.

Figura 8: Pavimentos permeáveis



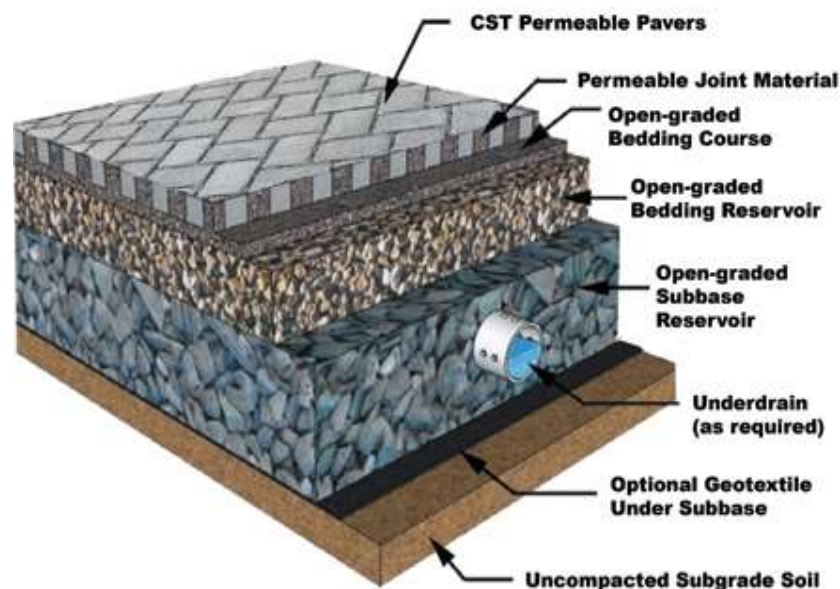
Fonte: Amanari, 2017 ²

Segundo Tosta et al., 2016, p. 5; o asfalto permeável se caracteriza :

Pela elevada porosidade e uma boa drenagem da água, dependendo da sua granulometria. Devida a estas características de deixar a água infiltrar através de suas camadas, tem sido um grande aliado nas vazões de pico que ocorrem durante os meses mais chuvosos nos países que optaram por esta tecnologia.

Outras características importantes com relação aos pavimentos permeáveis a serem destacadas segundo Tosta et al.(2016) é com relação a sua constituição por apresentar camadas distintas. Sendo assim a primeira parte é formada pela camada mais superficial, ou seja, a pista, que tem por composição pequenas pedras ligadas ao asfalto, as camadas mais profundas são grossas formadas por pedras grandes, que abrem espaços de 25%. Toda essa composição garante que a água, infiltre pelas pequenas pedras, e ali fique armazenada, isto logo acontece a partir do momento que a chuva é sugada por um sistema de drenagem na qual é encaminha para as galerias pluviais.

Figura 9: Camadas dos pavimentos permeáveis



Fonte: Permeable paving stones, 2017³

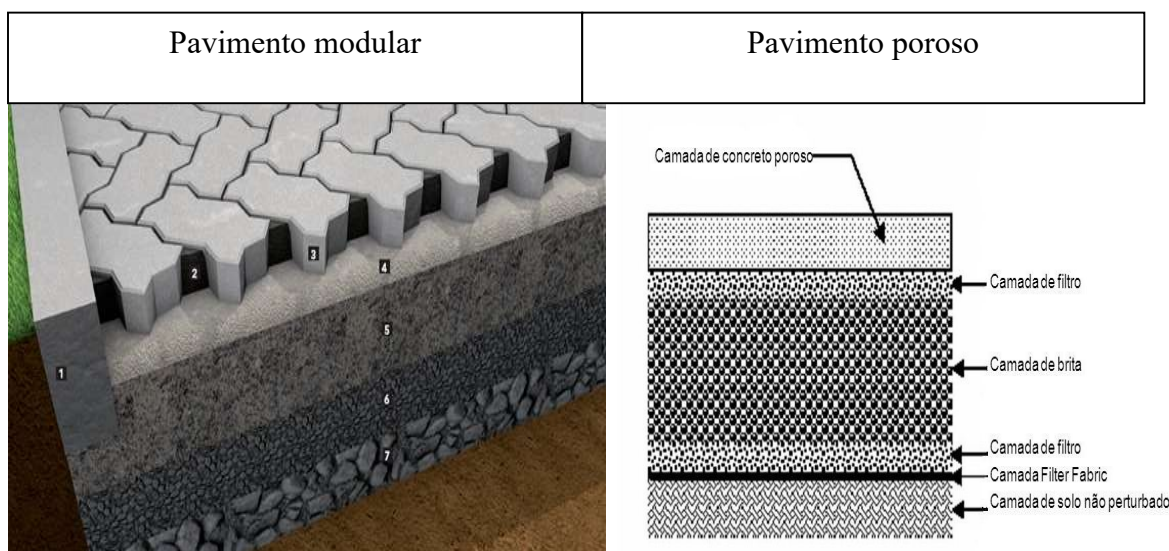
Atualmente existem essencialmente dois tipos de pavimento permeáveis: modular e

² Disponível: <http://amanari.org.br/asfalto/>. Acesso: 17/08/2017

³ Disponível: <http://www.cstpavers.com/permeable-pavers>. Acesso: 17/08/2017

poroso. Segundo Tomaz (2009) o pavimento modular se caracteriza pela a água de chuva penetrar pelas juntas enquanto no pavimento poroso a água penetra na superfície do próprio material que pode ser asfalto ou concreto.

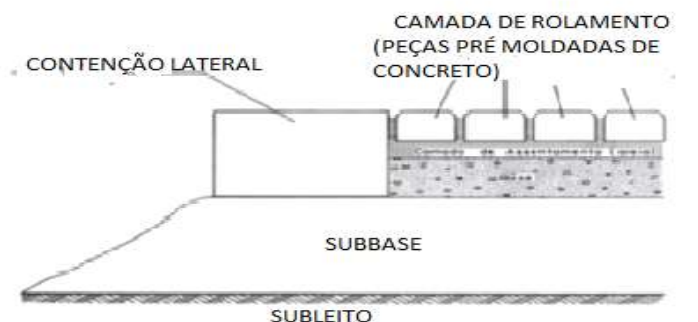
Figura 10: Tipos de pavimentos permeáveis



Fonte: Propostas sustentáveis para BH, 2017⁴

O pavimento em blocos de concreto é usualmente formado por duas camadas: a camada de rolamento (constituído, pelos blocos), porque, sem a base, os blocos acabariam afundando no solo natural (subleito) e a base sem os blocos constitui pavimento de má qualidade de rolamento e de baixa durabilidade. A figura abaixo apresenta um corte transversal de um pavimento em blocos de concreto. Destaca-se que a seção transversal apresentada na não contempla a estrutura descrita em especialmente na representação da câmara ou reservatório de pedras.

Figura 11: Pavimento permeável modular



⁴ Disponível: <https://propostasarq.wordpress.com/2012/10/06/perasf-asfalto-permeavel/>. Acesso: 17/08/2017

Fonte: Corte transversal de um pavimento em blocos de concreto (CARVALHO, 1998).

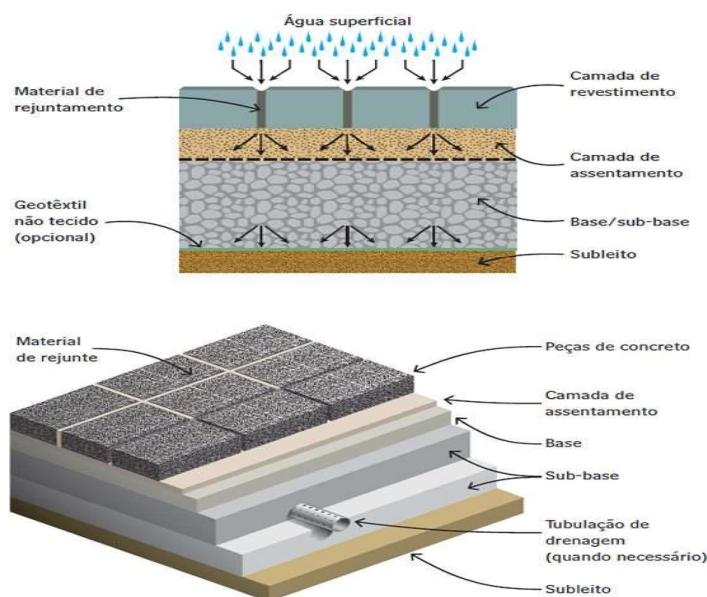
O conceito de pavimento poroso segundo Tomaz (2009) foi desenvolvido nos anos 1970, no Franklin Institute na Filadélfia, PA, USA. O pavimento poroso pode ser edificado em asfalto ou concreto, na qual permite que as águas pluviais infiltrem, no dispositivo tem a finalidade de percolar solo abaixo. Sua constituição é de asfalto ou concreto onde não existem os agregados finos, isto é, partículas menores que $600\mu\text{m}$ (peneira número 30), além de agregados com vazios de 40% e o concreto com 17%.

Segundo, Alessi et al. 2006, p.144:

O pavimento poroso, a capacidade drenante da camada de rolamento é promovida através da dosagem da mistura betuminosa. Com granulometria aberta e, portanto, permeável, essa camada pode captar as águas superficiais e conduzi-las para fora da estrutura do pavimento até dispositivos de descarga.

Este tipo de pavimento segundo Alessi et al. (2006) necessita apresentar certa declividade que é adequada é imposta à camada através da conformação da superfície da camada subjacente, isto permite que o fluxo da água aumente, passando a ajustar com a vazão exigida, bem como com a preservação da integridade da camada. Esta camada superior dos pavimentos porosos (asfalto ou concreto) é *“construída de forma similar aos pavimentos convencionais, mas com a retirada da fração da areia fina da mistura dos agregados do pavimento”* segundo Alessi et al. (2006).

Figura 12: Pavimento poroso



Fonte: Alessi et al. (2006)

Os pavimentos permeáveis também podem ser classificados segundo Gonçalves et al (2014) são: aquele que se caracteriza pela infiltração total, onde todo o volume é coletado para o solo, deve ser inserido quando o solo do subleito apresentar alta permeabilidade ou o nível do lençol freático for suficientemente baixo. Sem infiltração quando todo o volume coletado é transportado por sistema de drenagem com drenos, tubos perfurados e espaçados de 3 a 8 m, para a condução da água à rede de drenagem, devem ser aplicados quando solo do subleito apresentar baixa permeabilidade ou o nível do lençol freático encontra-se elevado; Com infiltração parcial ocorre de forma intermediária e depende da situação do solo ou do lençol freático, admitindo infiltração parcial, apesar da necessidade de sistema de coleta por dreno.

4.0 METODOLOGIA

A temática *Pavimentos Permeáveis* fundamenta-se na tendência atual da engenharia, que tem como premissa uma consciência sustentável, cujo principal objetivo é desenvolver modelos de pavimentação que tenham comportamento muito próximo ao do solo principalmente no que se refere à infiltração da água da chuva. Este modelo de pavimentos permite que a água da chuva infiltre no solo além de retardar escoamento.

O presente estudo é uma pesquisa teórica do tipo qualitativa e quantitativa na modalidade exploratória. Para realizar o estudo desse tema é necessário conceituar, analisar seus benefícios e limitações, classifica-los segundo sua composição, infiltração, dimensionar e comparar seu desempenho os quais serão obtidas através da metodologia explicativa descritiva. Nesta conjuntura, o trabalho parte da perspectiva de primeiro explorar o tema escolhido e a partir daí descrever o porquê esta temática apresenta significativa relevância da temática abordada.

Partindo da ideia de explicar para depois descrever, utilizamos as técnicas de metaestudo, sendo que por meio desta sistematizamos os conjuntos de dados obtidos a partir do levantamento bibliográfico. Neste contexto, buscou-se na prática organizar estrategicamente as informações, de forma coesa para que se possa analisar e comparar o macro com o micro, sendo a temática geral drenagem urbana, nas quais são analisados seus princípios básicos e os elementos que compõem um sistema de drenagem urbana, quais são os elementos físicos e sua distribuição espacial.

Ao estudar *pavimentos permeáveis no controle de cheias urbanas* é fundamental compreender a totalidade da temática. Nesta linha interpretativa, considera-se que é necessário analisar três perspectivas:

- i) drenagem urbana;
- ii) pavimentos permeáveis ;
- iii) e como utilizar os pavimentos permeáveis para auxiliar no processo de drenagem urbana com ênfase na pluvial.

A pesquisa qualitativa se dará através do levantamento bibliográfico, com escolha de literatura específica que contemple os seguintes temas: drenagem urbana e pavimentos permeáveis, sabendo que esta problemática envolvem várias áreas do conhecimento tais como: Geografia, Arquitetura e Urbanismo, Meio Ambiente, Engenharia Civil, Engenharia Hidráulica, sendo assim os autores citados nesse trabalho teve suas pesquisas nas áreas citadas acima. Em destaque temos a perspectiva ambiental associada à engenharia civil o destaque é para Tucci (1995, 2012) tem se destacado com sua rica produção científica e intelectual sobre a questão da drenagem urbana e suas relações com o meio ambiente. Na área de engenharia o destaque é para Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Foi usado Banco de teses da UNICAMP, UNESP e USP; biblioteca eletrônica: na *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Foi utilizado também documentos como planos diretores, normas técnicas.

Os artigos escolhidos adotaram os seguintes pré-requisitos, drenagem urbana, sistemas urbanos de drenagem, pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem, gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade, plano diretor de drenagem urbana manual de drenagem urbana, estudos de novos critérios de planejamento de drenagem entre outros.

Assim, o foco do estudo baseou-se em duas perspectivas, drenagem urbana e pavimentos permeáveis tendo como ênfase tratar este processo como elemento que permite a redução dos volumes de escoamento superficial e o impacto sobre a qualidade da água. A análise qualitativa estudará os elementos básicos sistemas permeáveis de pavimentação além de classifica-los em pavimentos porosos (de concreto ou asfalto) ou por blocos de concreto (vazados ou não), levando a compreender como este modelo construtivo pode favorecer na diminuição dos impactos negativos.

Para análise quantitativa utilizou-se as informações colhidas na literatura pesquisada na qual comparei a eficácia dos pavimentos porosos e blocos de concreto, com relação ao

desempenho hidráulico, sendo que através destes dados foi possível construir gráficos, quadros comparativos entre outros.

Os dados analisados permitiram avaliar em quais empreendimentos os pavimentos permeáveis apresentaram melhor eficiência, e como estes ajudam no processo drenagem pluviais, em situações de enchentes tão comuns nos meses de maior fluxo pluviométrico e que acaba afetando todo o contexto socioeconômico de uma cidade.

Todas essas mudanças podem permitir o respeito a um meio ambiente mais sustentável, principalmente para os grandes centros, que já sofrem com outros problemas que neste trabalho não serão enfatizados.

5. DESENVOLVIMENTO

5.1. Levantamento dos dados

Para a interpretação e análise dos resultados foram escolhidos artigos, trabalho de conclusão de curso, teses, manuais que abordavam a temática “Pavimentos Permeáveis”, estudo utilizado como base de estudo 20 referências no total, porém para a construção do referencial teórico, resultados e discussão destes foram compatíveis com o objetivo e utilizados para consecução do presente estudo. Totalizando aproveitamento de 90 % das referências que foram levantadas.

Para discussão dos temas abordados foram selecionadas as bibliografias principais, através da análise dos conteúdos permitindo obter os seguintes resultados:

Resultados organizados a partir de: título, autores, local de realização, ano de publicação, tipo de documento e principais ideias abordadas.

Quadro 2: Bibliografias e suas principais ideias

TÍTULO	AUTORES	ANO	DOC	PRINCIPAIS IDÉIAS
1-Comparação do escoamento superficial gerado por pavimentos permeáveis em blocos de concreto e asfalto poroso.	ALESSI, Fernando; KOKOT, Pedro Júnior; GOMES, Júlio	2006	Artigo	Comparar o escoamento superficial gerado por dois tipos de pavimento permeável: pavimento em blocos de concreto e pavimento em asfalto poroso.
2-Pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem	GONÇALVES, André Bertoletti; OLIVEIRA, Rafael Henrique de	2014	Artigo	Compreender como sistemas permeáveis de pavimentação são compostos.
3-Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial	TUCCI Carlos Eduardo Morelli; GOLDENFUM Joel Avruch; ARAUJO Paulo Roberto De.	2000	Artigo	Analisar e comparar os pavimentos permeáveis e os outros tipos de pavimentos permitindo avaliar a redução no escoamento superficial gerado e fornecer elementos para escolha desta solução em diferentes

				projetos de áreas urbanas
4-Escoamento superficial da água em áreas urbanas utilizando asfalto permeável (CBOQ).	TOSTA, Alessandro B. M.; SOUZA, Claudemir Quirino de; RODRIGUES, Joelson R.; CAVALCANTI, Rafaela Porcel; LACERDA Maria Conceição.	2016	Artigo	Compreender o funcionamento do asfalto permeável
5-Avaliação do desempenho de pavimentos permeáveis	SIQUEIRA, Eduardo Queija de	2011	Tese	Avaliar o desempenho experimental de três tipos de pavimentos permeáveis construídos em três condições estruturais diferentes com vistas ao controle do escoamento superficial em áreas urbanizadas do município de Goiânia, Goiás.
5- Caracterização termo física mecânica de pavimento confeccionado com concreto permeável destinado à pavimentação urbana	Renata Alves Fernandes da Silva ; Ivan Julio Apolonio Callejas ; Albéria Cavalcanti Albuquerque ; Angela Santana de Oliveira	2014	Artigo	Avaliar as propriedades físicas e mecânicas do concreto denominado de permeável, bem como sua condutividade e transmitância térmica. Para tanto, foram confeccionados corpos-de-prova com traço 1:4,12 (a/c = 0,38)
6-Análise da capacidade de infiltração do pavimento Intertravado de concreto	RONALDO MIOTTO MARTINS	2014	Artigo	Analisar através de um ensaio de infiltração, a capacidade que o pavimento intertravado de concreto oferece em relação à permeabilidade
7-Estudo sobre o comportamento hidráulico de concretos Permeáveis em laboratório e campo	Rafael Batezini Filipe Curvo José Tadeu Balbo	2013	Tese	Determinar as características hidráulicas foram moldados corpos de prova cilíndricos bem como uma placa de concreto permeável, com posterior realização de ensaios de taxa de infiltração em laboratório e in situ
8-Avaliação do desempenho hidrológico de pavimentos	Guedes, Cláudia de Sousa	2015	tese	Avaliar o desempenho de pavimentos permeáveis com

permeáveis				revestimentos do tipo Paver, Poroso e Concregrama sob diferentes condições de base, com vista no controle de escoamento superficial na fonte.
9- Análise da capacidade de infiltração em pavimento permeável de bloco de concreto unidirecionalmente articulado	Bruno Watanabe Ono, José Tadeu Balbo, Andréia Cargnin	2017		Avaliar a capacidade de infiltração in situ de blocos de concreto unidirecionalmente articulados como material de revestimento alternativo, diferenciados por sua estrutura e formato geométrico.
10- Estudos da permeabilidade para produção de pavimento permeável	Cheyenne Mariana de Oliveira Carneiro, Yêda Vieira Póvoas	2017		Analisar e comparar o desempenho de um pavimento de concreto permeável construído no estacionamento da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco quanto à sua permeabilidade e eficácia em sua recém-construção e após 10 meses de uso.
11-avaliação da permeabilidade de estrutura permeavel levando em consideração a NBR 16416	MATHEUS DE SOUSA LUIS & PAULO GASTÃO FERREIRA	2015		
12- Determinação da eficiência de drenagem para um pavimento intertravado de concreto permeável sob diferentes intensidades de precipitação	MAGNO DOS SANTOS	2016		Verificar a eficiência de drenagem de um bloco intertravado de concreto permeável sob diferentes condições de precipitação
13-Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias.	Virgiliis, Afonso Luís Corrêa de	2009	Tese	Apresentar procedimentos de projeto e execução de obras de pavimentos permeáveis visando sua aplicação prática como medidas compensatórias de drenagem urbana com a finalidade de retenção e amortecimento de picos de enchentes em cidades densamente

				urbanizadas.
14-Avaliação experimental sobre a eficiência de superfícies permeáveis com vistas ao controle do escoamento superficial em áreas urbanas	Silva, Gustavo Barbosa Lima da	2006	Tese	Apresentar um estudo experimental com o objetivo de verificar a eficiência de diferentes tipos de superfícies permeáveis com relação ao controle na geração do escoamento superficial
15-pavimentos permeáveis e escoamento superficial da água em áreas urbanas.	Victor Wegner Maus ; Afranio Almir Righes & Galileo Adeli Buriol	2016	Tese	Avaliar a eficiência de diferentes tipos de pavimentos urbanos na infiltração de água no solo e na redução do escoamento superficial
16-Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte	Acioli, Laura Albuquerque	2005	Tese	Analisar a viabilidade técnica da utilização de um pavimento permeável de baixo custo e tecnologia simples, no controle da geração de escoamento superficial na fonte
17-Avaliação da eficácia na restauração da capacidade de infiltração da camada superior de pavimentos porosos	Pellizzari, Vinícius	2003	TCC	Avaliar a eficácia na restauração da capacidade de infiltração da camada superior de um pavimento poroso localizado no estacionamento de veículos
18-Pavimento permeável aplicado em área urbana, como medida de escoamento da água da chuva	Gabriela MOTTA DANCIGUER, Elton A. PRADO DOS REIS.	2016	Tese	Abordar como o pavimento Permeável, pode ser estruturado de formas, ser uma solução dos problemas ambientais urbanos mais decorrentes na atualidade, as enchentes
19-Estudo preliminar para captação de água da chuva por meio de pavimentos permeáveis na cidade de Florianópolis/SC	Bianchet, Darvil Lucas	2015	TCC	Descrever como o pavimento permeável pode ser utilizado na pavimentação bem como os tipos de pavimentos permeáveis e suas respectivas funções em relação ao controle de escoamento na fonte
20-Análise da permeabilidade e dos métodos de instalação de	Geovana Geloni Parra, Bernardo Arantes do	2015	Artigo	Pontuar as divergências e convergências entre pesquisadores e fornecedores de

pavimentos permeáveis contidos em artigos científicos e em catálogos técnicos	Nascimento Teixeira			pavimentos alternativos, e a aplicabilidade de cada pavimento.
---	---------------------	--	--	--

O trabalho tem como base três objetivos que foram delimitados a partir das seguintes temáticas para posterior análise e discussão:

- Tema 1: Tipos de Pavimentos permeáveis e suas propriedades gerais
- Tema 2: Eficiência dos pavimentos permeáveis
- Tema 3: Custo Benefício x Eficiência dos pavimentos permeáveis

Quadro 3: Temática das Bibliografias

Conteúdos	Bibliografias Potenciais
1. Tipos de Pavimentos permeáveis e suas propriedades gerais	2-Pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem; 13-Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias; 14-Avaliação experimental sobre a eficiência de superfícies permeáveis com vistas ao controle do escoamento superficial em áreas urbanas; 15-pavimentos permeáveis e escoamento superficial da água em áreas urbanas superficial na fonte; 16-Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte; 18-Pavimento permeável aplicado em área urbana, como medida de escoamento da água da chuva; 19-Estudo preliminar para captação de água da chuva por meio de pavimentos permeáveis na cidade de Florianópolis/SC; 20-Análise da permeabilidade e dos métodos de instalação de pavimentos permeáveis contidos em artigos científicos e em catálogos técnicos;
2. Eficiência dos pavimentos permeáveis	1-Comparação do escoamento superficial gerado por pavimentos permeáveis em blocos de concreto e asfalto poroso; 3-Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial; 5-Avaliação do desempenho de pavimentos permeáveis; 6-Análise da capacidade de infiltração do pavimento Intertravado de

	concreto; 8-Avaliação do desempenho hidrológico de pavimentos permeáveis; 9- Análise da capacidade de infiltração em pavimento permeável de bloco de concreto unidirecionalmente articulado; 10- Estudos da permeabilidade para produção de pavimento permeável; 11-avaliação da permeabilidade de estrutura permeavel levando em consideração a NBR 16416; 12- Determinação da eficiência de drenagem para um pavimento intertravado de concreto permeável sob diferentes intensidades de precipitação; 13-Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias.; 14-Avaliação experimental sobre a eficiência de superfícies permeáveis com vistas ao controle do escoamento superficial em áreas urbanas; 15-Pavimentos permeáveis e escoamento superficial da água em áreas urbana superficial na fonte; 16-Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte; 19-Estudo preliminar para captação de água da chuva por meio de pavimentos permeáveis na cidade de Florianópolis/SC; 20-Análise da permeabilidade e dos métodos de instalação de pavimentos permeáveis contidos em artigos científicos e em catálogos técnicos;
3. Custo Benefício x Eficiência dos pavimentos permeáveis	3-Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial; 8-Avaliação do desempenho hidrológico de pavimentos permeáveis; 12- Determinação da eficiência de drenagem para um pavimento intertravado de concreto permeável sob diferentes intensidades de precipitação; 17-Avaliação da eficácia na restauração da capacidade de infiltração da camada superior de pavimentos porosos;

O tema 1 (quadro 3) analisa as literaturas que abordam a temática: tipos de pavimentos permeáveis e suas propriedades. Das 20 literaturas analisados, 40% delas abordam esta

temática. Neste universo somente 2,5% abordam a o pavimento permeáveis com relação ao tipo de função (Quadro 4)

Quadro 4:Tipos de função dos pavimentos permeáveis

Função mecânica	Função hidráulica
Permite suportar os carregamentos impostos pelo tráfego de veículos	Alta porosidade dos materiais, além de reter temporariamente as águas, permite a drenagem da água infiltrando no solo de subleito

Com relação à classificação dos pavimentos permeáveis 100% das literaturas analisadas presentes no quadro 3 (tema 1) classificam em: asfalto poroso, concreto poroso ou vazado, e paralelepípedos. Com relação às propriedades gerais dos pavimentos permeáveis 70% das literaturas classificam em:

Quadro 5: Propriedades gerais dos pavimentos permeáveis

	Asfalto poroso	Concreto poroso ou vazado	Paralelepípedos
Declividade	2%;	2%	4%;
Constituição	Fração de areia fina (graduação aberta) da mistura dos agregados do pavimento	Material granular, como areia, e preenchidos com. Vegetação rasteira, como grama.	O granito é uma rocha ígnea, que apresenta em sua composição quartzo, feldspato, micas, anfíbulas, piroxenas e olivina
Resistência	Média	Média a boa	Média
Vazios	18% a 25% de vazios, rápida percolação da água.	15% a 25% média percolação da água	15% a 25% média percolação da água
Capacidade de absorção	Boa	Boa	Média

Analisando o quadro 5 acima o pavimento permeável asfalto poroso e concreto poroso apresentam vantagens em relação ao paralelepípedo, pois apresentam boa capacidade de absorção sendo essencial para uma boa drenagem. No entanto, o asfalto poroso apresenta uma grande vantagem, ainda maior, por apresentar uma rápida percolação da água.

O tema 2: Eficiência dos pavimentos permeáveis é pontuando em 80% das literaturas e estão presentes no quadro 3 (tema 2), no que se refere ao escoamento e infiltração de água, tem-se:

Tabela 1: Valores acumulados de escoamento e infiltração de água nas diferentes parcelas.

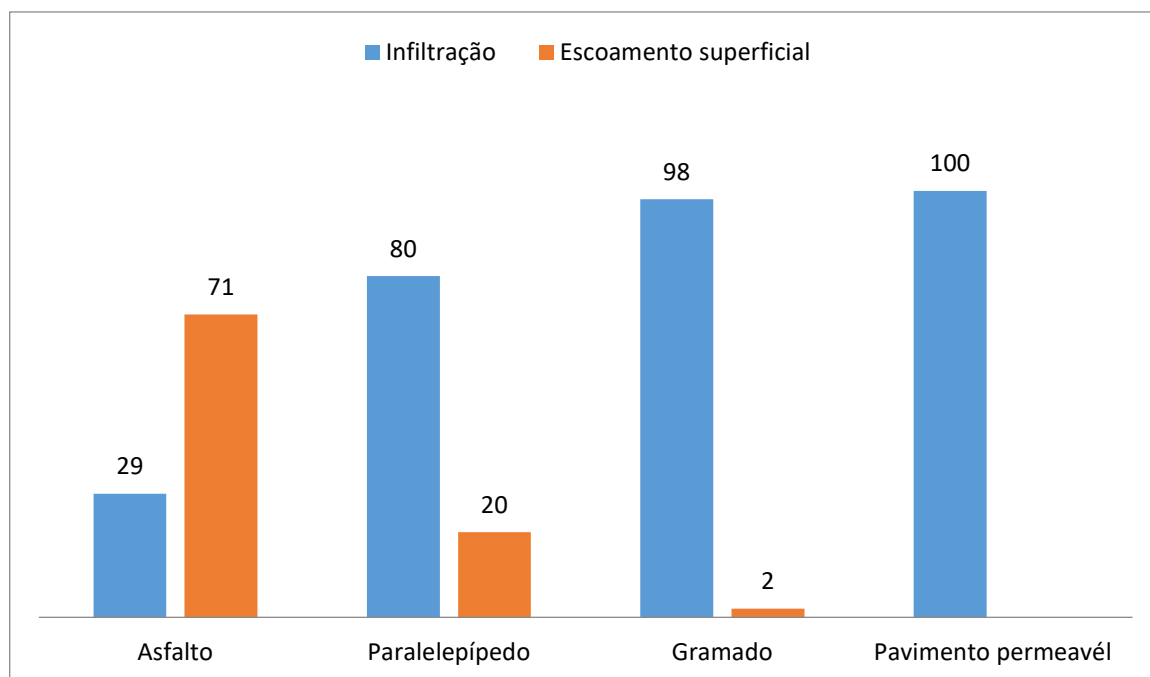
Tratamento	Precipitação acumulada (mm)	Escoamento superficial (mm)	Infiltração (mm)
Asfalto	236,62	168,00	68,62
Paralelepípedo	236,62	51,34	185,28
Gramado	236,62	5,00	231,62
Pavimento permeável: asfalto poroso e concreto poroso	236,62	0,00	236,62

Fonte: Maus et al. 2016

A tabela 1 evidencia a eficácia dos pavimentos permeáveis em relação ao asfalto que o tipo de pavimento, mais utilizados nas cidades brasileiras. O asfalto se mostra ineficiente no que se refere à infiltração da água da chuva, visto que seu resultado não chega a 29% , já o seu escoamento superficial fica em torno de 71%. Através destes dados fica evidente que um dos fatores que tem contribuído para o aumento de casos de enchentes nas áreas urbanas está relacionado ao tipo de pavimentação adotada. No entanto o tipo de pavimentação não é o único responsável pelas enchentes, este problema é a associação de vários fatores que juntos acarretam prejuízo para população de uma cidade.

Apesar de o paralelepípedo ser considerado um pavimento permeável sua eficácia com relação à infiltração da água é cerca de 20% menor do que o asfalto poroso e o concreto poroso ou vazado que apresentam uma eficácia de 100% (Figura 13)

Figura 13: Percentagem de água infiltrada e escoada superficialmente com uma precipitação de 236,62 mm acumulada no período



Fonte: Maus et al . 2016

Tabela 2: Valores acumulados de escoamento e coeficiente de escoamento para pavimentos permeáveis

Tratamento	Precipitação acumulada (mm)	Escoamento total (mm)	Coeficiente de Escoamento
Paralelepípedos	18,33	10,99	0,60
Blocos vazados	18,33	0,5	0,03
Concreto poroso	20,00	0,01	0,005

Fonte: Marchiori et. al., 2012.

O principal objetivo de utilizar pavimentos permeáveis é reduzir o coeficiente de escoamento. Neste contexto o concreto poroso apresenta o melhor resultado, pois quando menor o valor coeficiente de escoamento mais rápido e eficiente será o processo, diminuindo desta forma o risco de enchentes além alimentar o lençol freáticos.

O tema 3 trata do Custo Benefício x Eficiência dos pavimentos permeáveis, Araújo et al (2000) em seu estudo mostra o custo unitário (Tabela3) para a implantação de um pavimento o concreto poroso, que apresenta um alto índice de infiltração, têm o maior custo unitário, o gasto com a manutenção é de médio a alto, uma solução seria utilizar o paralelepípedo, porém perde em eficiência para com relação a infiltração, no entanto na hora de decidir qual o melhor pavimento deve-se considerar se são áreas de risco de inundações. As enchentes nos centros urbanos causam grandes prejuízos socioeconômicos. É necessário o

investimento em projetos que evitem esta situação, pois evita gasto com recuperação das áreas alagadas por enchentes.

Tabela 3: Custo de implantação dos pavimentos

Tipo de pavimento	Custo unitário (m ²)
Blocos de concreto	10,10
Paralelepípedo	16,74
Concreto impermeável	13,14
Blocos vazados	18,22
Concreto poroso	19,06

Fonte: Acioli, 2005

5.2 Análises dos Resultados e Discussão

Observa-se que pela literatura pesquisada, que os pavimentos permeáveis se caracterizam pela funcionalidade de armazenar as águas pluviais que infiltram nos vazios da estrutura, chegando ao subleito devido, apresentar boa permeabilidade, sendo um dos grandes diferenciais com relação aos pavimentos impermeáveis que não permite infiltração ocorra. Outro fator a ser destacado é que este tipo de pavimento permite amenizar vazão da água nos momentos de maior fluxo pluvial.

É necessário ressaltar que os pavimentos permeáveis apresentam tipos diferentes de sistemas de infiltração dessa forma a implantação deste tipo de pavimento é necessário avaliar qual o tipo de drenagem se adequa ao regime pluvial da região. No sistema total a água infiltra diretamente no solo, tal aqueles cujo único meio de saída é através da infiltração no solo. Assim, o dimensionamento das camadas de base e subbase deve ser tal que armazene o volume de uma chuva de projeto subtraído do volume que infiltra diretamente.

Já no sistema de infiltração parcial: quando o solo do sub-leito não possui boa taxa de infiltração. Um sistema de drenagem deverá ser executado para promover a coleta da água que deixa de infiltrar. Sistema de infiltração para controle da qualidade da água: este sistema é utilizado para recolher o volume inicial do escoamento superficial que trás consigo a maior concentração de poluentes como a poluição difusa dos detritos espalhados aleatoriamente por toda a bacia hidrográfica e coletados para o sistema.

Os pavimentos permeáveis de acordo com o estudo feito podem ser de blocos de concreto segundo a NBR 9781/87 que define como peças de concreto para pavimentação:

blocos premoldados, de formato geométrico regular, com comprimento máximo de 400 mm, com largura mínima de 100 mm e altura mínima de 60 mm. Observa-se que o diferencial neste tipo de pavimento permeável é que os blocos tem aspecto poroso ou vazado permitindo a infiltração das águas superficiais. Na literatura os blocos de concreto são classificados segundo Virgiliis(2009) como: poroso, com juntas alargadas e aberturas de drenagem cada um com suas peculiaridades. O poroso se caracteriza por ser uma estrutura aberta permitindo que esta seja permeável em seu volume. O de juntas alargadas é muito utilizado na pavimentação em geral se caracteriza por apresentar afastadores garantindo assim uma junta mais larga na etapa construtiva, facilitando o escoamento da água. No último caso temos com aberturas de drenagem, que se caracterizam por serem constituídos de blocos de drenagem no formato de meia lua assim permitem rápida infiltração da água que está depositada na superfície, sendo utilizado principalmente em estacionamentos.

Realizando um comparativo entre as peças de concreto com juntas alargadas segundo Marchioni e Silva (2013) se o processo de execução for realizado da forma correta ele apresenta a mesma eficiência em relação aos intertravados podendo atingir coeficiente de permeabilidade na ordem de 10^{-4} m/s.

As características do pavimento de concreto no geral apresentam semelhanças, na qual apresentam uma parte inferior constituída do subleito e uma camada de base em brita graduada Virgiliis (2009), Gonçalves e Oliveira (2014), Ono et. al.(2017). No entanto na parte superior apresenta a composição de areia grossa na superfície, os autores ressaltam a importância das camadas apresentarem certa compatibilidade no que se refere à absorção da água em relação ao subleito.

De acordo com as literaturas estudadas o principal cuidado em utilizar o pavimento permeável de concreto é avaliar o tipo de tráfego que ele irá receber, visto que em casos de excesso pode afetar diretamente sua estabilidade e durabilidade. Para este tipo de pavimento o tráfego deve ser leve segundo Febestal.(2005), podendo ser adotado em estacionamentos, pátios industriais, ruas residenciais, praças, ruas para pedestres, ciclovias, terraços, centros comerciais.

Ao analisarmos o pavimento permeável, o asfalto poroso apresenta entre 18 e 25% vazios que infiltram rapidamente na capa ou revestimento poroso e apresenta em média uma espessura de 5 a 10 cm.

Quando comparamos o pavimento impermeável de concreto com o poroso asfáltico observa-se que o último apresenta um grau de porosidade de 25% a 30% maior que do primeiro, devido a essa elevada capacidade de drenagem acaba tendo uma alta

permeabilidade. Além disso existem outras vantagens que são observadas na literatura são elas: minimizar o fenômeno da hidroplanagem; elevada resistência à derrapagem; minimização de “spray” de água; reflexão menor das luzes dos veículos; diminuição do ruído do tráfego e condutividade hidráulica. No entanto tem como aspectos negativos a colmatação e o alto custo de produção e execução da obra e manutenção do pavimento.

Quando tratamos da questão da manutenção dos pavimentos permeáveis deve-se primeiramente avaliar quais são as características da estrutura tais como: drenabilidade, absorção de ruídos, absorção de deformações e trincamentos, a partir destas informações estabelecerem qual melhor forma de recuperar os trechos que necessitam ser restaurados.

Em aspectos gerais avaliando a literatura existem muitas vantagens ao adotar o pavimento permeável, tendo o cuidado de não utilizá-lo em áreas de tráfego pesado, assim destaca-se: melhoria da aderência, pois existe uma diminuição de poças de água e sustentabilidade, com a reposição das reservas subterrâneas, no caso dos pavimentos porosos eles se apresentam mais eficientes, pois filtram as impurezas evitando a contaminação dos lenções freáticos, diminuição dos gastos com o sistema de drenagem jusante.

6.0 CONCLUSÃO

Atualmente as cidades que sofrem com constantes problemas de enchentes têm buscado soluções para amenizar esta situação que afeta tanto a sociedade como a economia local. As medidas mais utilizadas eram os sistemas de drenagem convencionais, porém com o tempo não tem se mostrado eficientes em determinadas situações.

Com objetivo de amenizar esta situação varias iniciativas tem sido desenvolvida, porém o modelo que associa os sistemas de drenagem aos pavimentos permeáveis tem se mostrado eficiente no que se refere a minimizar os problemas referentes às enchentes urbanas.

Os pavimentos permeáveis tem se mostrado eficientes, no entanto segundo foi observado na literatura um dos aspectos negativos com relação à adoção deste tipo de pavimento é o alto custo e não poder receber tráfego pesado, isto acaba restringindo as áreas nas quais ele pode ser implementado. Porém é importante ressaltar o tráfego pesado geralmente acontece nas marginais, setores industriais e comerciais, no entanto em muitas cidades os veículos pesados têm sido proibidos de circular em algumas áreas urbanas, assim é possível adotar a pavimentação permeável.

Os pavimentos permeáveis porosos analisando a literatura são mais eficientes que os pavimentos de concreto, pois além de permitir uma rápida drenagem da água, evita a poluição do lençol freático, no entanto seu custo é maior principalmente se ele for utilizado o asfalto.

Nesta perspectiva vários fatores devem ser observados para utilizar a pavimentação permeável, tais como declividade do terreno, solo, localização do lençol freático, tipo de tráfego de veículos, modelo de drenagem e se será necessário modificações para adequar ao modelo de pavimento adotado, volume de precipitação, áreas a onde as enchentes são mais comuns. A partir destas informações é possível estabelecer qual o melhor método construtivo no que se refere à implantação do melhor tipo/modelo de pavimentos permeáveis.

Assim ao adotar a pavimentação permeável em vias públicas deve ter muito cuidado tanto que já existem normas técnicas que tratam especificamente da construção desse tipo de pavimentação, NBR 16416, alguns estados a exemplo de São Paulo publicou a Especificação Técnica ETS03/2013 com o objetivo de deixar bem claro como deve ser construído este tipo de pavimentação.

Através do estudo realizado fica evidente que este tipo de pavimentação tem um alto custo tanto para implantação como para manutenção, porém apresenta alta viabilidade, pois além de minimizar os problemas de enchentes, ajuda a promover um ambiente mais sustentável, além de evitar prejuízos de ordem econômica e social.

Por tais motivos e vantagens, conclui-se que é necessário que as cidades invistam mais neste tipo de pavimentação não somente nas vias públicas, mas também em calçadas, estacionamentos entre outros, desta forma os ambientes urbanos podem se tornar mais agradáveis e acolhedores, além de se adequarem de forma coesa ao regime de chuvas, melhorando de forma significativa o ciclo da água tão importante para os seres humanos e para o meio ambiente.

7.0 CRONOGRAMA

Quadro 6: Cronograma de Trabalho Dividido em Meses e Atividades a Serem Realizadas

Período/atividades	Abr 2017	Mai 2017	Jun 2017	Jul 2017	Ago 2017	Set 2017	Out 2017	Nov 2017	Dez 2017	Jan 2018	Fev 2018
Definição do Problema	X										
Apresentação dos Objetivos	X										
Apresentação da Justificativa		X									
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X			
Desenvolvimento da Metodologia		X	X	X	X	X					
Visita de campo		X	X	X	X	X	X	X	X		
Apresentação e discussão dos Resultados						X	X	X	X	X	X
Revisão, defesa e entrega do TCC				X	X				X	X	X

Fonte: o autor.

8.0.REFERÊNCIAS

ALESSI, Fernando; KOKOT, Pedro Júnior; GOMES, Júlio. **Comparação do escoamento superficial gerado por pavimentos permeáveis em blocos de concreto e asfalto poroso**. da Vinci. Curitiba, v. 3, n. 1, p. 139-156, 2006. Disponível: <http://www.up.edu.br/davinci/3/310_comparacao_do_escoamento_superficial.pdf> Acesso: 14 Ago. 2017

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Peças de Concreto PARA PAVIMENTAÇÃO – NBR9781/8**

ARAÚJO, P. R. et al. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial**. RBRH – Revista Brasileira dos Recursos Hídricos. v. 5, n. 3, jul/set 2000. p. 21-29. Disponível: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/avaliacao-da-eficiencia-dos-pavimentos-na-reducao-de-escoamento-superficial.pdf>> Acesso: 14 Ago. 2017

BERNARDO, S; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. ED. UFV: Viçosa-MG. 8ª ED. 2008. 625 P.

BRASIL; Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento**. 3º ed. – Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 1999.

CARAMORI BORGES DE SOUZA, Vladimir. **Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 58-72, mar. 2013. ISSN 2317-563X. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105>>. Acesso em: 01 Ago. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.17565/gesta.v1i1.7105>> Acesso: 16 Ago. 2017

COSTA, Alfredo Ribeiro da; SIQUEIRA, Eduardo Queija de; MENEZES Filho, Frederico Carlos Martins De. **Curso Básico de Hidrologia Urbana: nível 3** / Brasília: ReCESA 2007. Disponível: <<http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?d=3474>> Acesso: 16 Ago. 2017

CARVALHO, M. D. **Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto**. 3. ed. São Paulo :Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 1992. p. 1-31.

DER/SP – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Concreto Asfáltico Poroso com Ligante Modificado por Polímero– Camada Porosa de Atrito – DER/SP ET-DE-P00/028**, 2006

DER/SP – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Pavimento com Peças Pré-Moldadas de Concreto – DER/SP ETDE-P00/048**, 2006

FEBESTRAL. **Lês Revêtements Drainants. en pavés de béton** Disponível em: <<http://www.febestral.be>>. Acesso: 14 Ago. 2017

GUEDES, C. S. **Avaliação do desempenho hidrológico de pavimentos permeáveis**. 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

<<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5209/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Cl%C3%A1udia%20de%20Sousa%20Guedes%20-%202015.pdf>>

GONÇALVES, Andre Bertoletti ; OLIVEIRA, Rafael Henrique de. **Pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem**. Água em Ambientes Urbanos, 2014. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – PHA. Disponível: <http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=11805> Acesso: 13 Ago. 2017

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

MARTINS, José Rodolfo Scarati. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?** Artigo Científico Julho 2012, 1-11. Disponível: <http://www.daee.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidr%C3%A1ulic/gestaodrenagem.pdf> Acesso: 13 Ago. 2017

MONTES, Rafael Menegazzo; LEITE, Juliana F. **A drenagem urbana de águas pluviais e seu impacto cenário atual da bacia do córrego Vaca – Brava Goiânia – GO**. Disponível: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/IX-040.pdf>> Acesso: 13 Ago. 2017

NETO, Antônio Cardoso. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. Apostila de drenagem do curso de Engenharia Civil da UFPR, 2012. Disponível: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAKkcaF/introducao-drenagem-urbana#comments>> Acesso: 13 Ago. 2017

RAMOS, Carlos Lloret Ramos; BARROS, Mário Thadeu Leme de; PALOS, José Carlos Francisco. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999. Disponível: <http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf> Acesso: 13 Ago. 2017

ONO, Bruno Watanabe; Balbo, José Tadeu Balbo; Cargnim, Andréia Posser. Análise da capacidade de infiltração em pavimento permeável de bloco de concreto unidirecionalmente articulado. TRANSPORTES, Volume 25 | Número 2 | 2017. Disponível: <<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1314/654>> Acesso: 04 Jan. 2018.

PINTO, Luiza Helena; PINHEIRO, Sérgio Avelino. Orientações básicas para drenagem urbana / Fundação Estadual do Meio Ambiente . — Belo Horizonte: FEAM, 2006.

PORTO ALEGRE. **Plano diretor de drenagem urbana: Manual de Drenagem Urbana**. Volume VI, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Setembro/2005.

TOMAZ, Plínio. **Pavimento Poroso**. Curso de Manejo de águas pluviais 2009. Capítulo 6. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo60_pavimento_poroso.pdf>. Acesso: 12 Ago. 2017.

TOSTA, Alexsandro B. M.; SOUZA, Claudemir Quirino de; RODRIGUES, Joelson R.; CAVALCANTI, Rafaela Porcel; LACERDA Maria Conceição de . **Escoamento superficial da água em áreas urbanas utilizando asfalto permeável (CBOQ)**. Revista Saberes Nº 04 - Julho de 2016 – UNIJIPA. Disponível: <http://unijipa.edu.br/uploads/files/8_%20Asfalto>

%20Perme%C3%A1vel.pdf.> Acesso: 14 Ago. 2017.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. et al, **Drenagem Urbana**, Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre , 1995, 428 pg.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana**/Carlos E. M. Tucci. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA)

VIRGILIIS, Afonso Luís Corrêa de. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes - São Paulo, 2009.



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS

Documento Digitalizado Público

TCC Versão Final

Assunto: TCC Versão Final
Assinado por: Matheus Souza
Tipo do Documento: Documentos
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Matheus Pereira de Souza, ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO**, em 04/02/2020 14:50:41.

Este documento foi armazenado no SUAP em 04/02/2020. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 40884

Código de Autenticação: 34a51b09b7

