



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**SARAH ELISA MARTINS
STHÉFANNY BELTRÃO SOARES CASTILHO**

**ESTUDO DE PAVIMENTO DRENANTE PARA O
CONTROLE DE ESCOAMENTO URBANO**

PUBLICAÇÃO Nº: 9

**GOIANÉSIA / GO
2020**



SARAH ELISA MARTINS
STHÉFANNY BELTRÃO SOARES CASTILHO

ESTUDO DE PAVIMENTO DRENANTE PARA O
CONTROLE DE ESCOAMENTO URBANO

PUBLICAÇÃO Nº: 9

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.

ORIENTADOR: IGOR CEZAR SILVA BRAGA

GOIANÉSIA / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

MARTINS, SARAH ELISA.
CASTILHO, STHÉFANNY BELTRÃO SOARES.

Estudo de pavimento drenante para o controle de escoamento urbano, 2020, xv, 31P, 297mm (FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

| | |
|--------------------|-----------------------|
| 1. Concreto Poroso | 2. Escoamento Urbano |
| 3. Piso Drenante | 4. Placas de Concreto |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MARTINS, S. E.; CASTILHO, S. B. S. Estudo de pavimento drenante para o controle de escoamento urbano. Publicação., Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 31P. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Sarah Elisa Martins e Sthéfanny Beltrão Soares Castilho

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo de pavimento drenante para o controle de escoamento urbano.

GRAU: Graduação em Engenharia Civil ANO: 2020

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Sarah Elisa Martins
Rua 20, n°411, Jardim Pôr do Sol
76385-006 – Goianésia/GO - Brasil

Sthéfanny Beltrão Soares Castilho
Rua 22, n°546, Negrinho Carrilho
76385-067 – Goianésia/GO - Brasil

**SARAH ELISA MARTINS
STHÉFANNY BELTRÃO SOARES CASTILHO**

**ESTUDO DE PAVIMENTO DRENANTE PARA CONTROLE DE ESCOAMENTO
URBANO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:

**IGOR CEZAR SILVA BRAGA, mestre (FACEG)
(ORIENTADOR)**

**BRUNO ISMAEL OLIVEIRA CARDOSO MAIA, especialista (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**LUANA DE LIMA LOPES, mestra (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: GOIANÉSIA/GO, 27 de NOVEMBRO de 2020.

*Dedico este trabalho
aos meus pais Valdeci e Edilania;
as minhas irmãs Laura e Lara;
aos meus amigos Marília, Vitor e Gaucimar;
a comunidade Católica Nova Aliança.*

Sarah Elisa Martins

*Dedico este trabalho:
aos meus pais, Luciel e Elza;
ao meu filho, Henrique;
ao meu noivo, Douglas;
aos meus tios e avôs.*

Sthéfanny Beltrão Soares Castilho

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, e por nos proporcionar auxílio para ultrapassar todos os obstáculos em que nos deparamos no decorrer do curso.

Aos nossos pais e irmãos que fielmente nos acompanharam, nos dando todo apoio e incentivo nos momentos em que mais nos julgávamos incapazes e queríamos desistir, que compreenderam nossas ausências, demandas de espaço e meios para a realização deste trabalho, e por nos ajudarem na realização e confecção do mesmo.

Ao nosso orientador que não mediu esforços ao nos orientar, sempre aplicando correções e ensinamentos de maneira ordenada e compreensiva, por nos motivar a querer sermos profissionais empenhadas e dedicadas a profissão, e acima de qualquer outro aspecto preservar o conhecimento, buscando sempre informações coerentes embasadas em fontes seguras, e por toda dedicação ao nosso trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que nunca permitiu que eu desistisse dos meus sonhos, me dando força e coragem para lutar pelos meus princípios e concluir meu curso. Aos meus pais Luciel e Elza, que sempre me apoiaram e me ajudaram de todas as formas para conclusão do curso e do TCC. Ao meu noivo, pelo apoio e paciência em busca dos materiais utilizados nesse trabalho.

À minha dupla Sarah pela ajuda, persistência e paciência comigo na conclusão desse TCC. Aos meus colegas de sala que caminharam juntos comigo nessa batalha de 5 anos, aos meus professores que se dedicaram pelo meu aprendizado.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.”
Provérbios 16:3

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre placas de concreto drenante, no qual foram feitas análises de suas características e aplicações. O alto índice de urbanização fez com que o escoamento de água das chuvas se tornasse um grande problema em algumas cidades, principalmente as de maior população habitacional, visto que as mudanças de uso e ocupação do solo, provocaram grandes aumentos nas taxas de impermeabilidade, trazendo consequências como enchentes, transmissão de doenças e perdas materiais em decorrência da falta de permeabilidade da água da chuva. Com isto surge a demanda de novos meios para adaptar as construções e necessidades do homem, as condições necessárias para o bom desempenho do ambiente, visto que as enchentes geram transtornos e prejuízos a população e a natureza. O pavimento drenante, se apresentou como uma possível alternativa para atender a esses requisitos, uma vez que atende a demanda de pavimentar ambientes externos e propõe manter a permeabilidade do solo no qual será aplicado. Por este motivo foi feito uma análise prática do pavimento, onde foi realizado um experimento que teve como objetivo estudar o funcionamento do mesmo e comprovar se a água precipitada sobre ele não ficaria empocada sobre sua superfície.

Palavras-chaves: Concreto poroso, placa drenante, permeabilidade, bloco intertravado.

ABSTRAT

This work presents a study on draining concrete slabs, in which analyzes of their characteristics and applications were made. The increase in urbanization has made rainwater runoff a major problem in some cities, especially those with a larger housing population, since changes in land use and occupation have caused great increases in impermeability rates, bringing consequences such as floods, disease transmission and material losses due to the lack of permeability of rainwater. With this, the need arises for new means to adapt the constructions and needs of man, the necessary conditions for the proper functioning of the environment, since floods generate disturbances and damage to the population and nature. The draining pavement was presented as a possible alternative to meet these requirements, since it meets the need to pave external environments and proposes to maintain the permeability of the soil in which it will be applied, for this reason a practical analysis of the pavement was made, where an experiment was carried out with the objective of studying its functioning and checking if the water precipitated on it would not be puddled on its surface.

Keywords: Porous concrete, drainage plate, permeability, interlocking block.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 - Capacidade de infiltração do piso drenante. | 6 |
| Figura 2.2 - Modalidades de pavimentos permeáveis. | 9 |
| Figura 2.3 - Modelo de sistema de pavimento permeável com infiltração total | 10 |
| Figura 2.4 - Modelo de sistema de pavimento permeável com infiltração parcial..... | 10 |
| Figura 2.5 - Modelo de sistema de pavimento permeável sem infiltração | 11 |
| Figura 2.6 - Parâmetros de projeto para o dimensionamento da camada de base | 11 |
| Figura 3.1 - Modelo como referência. | 17 |
| Figura 3.2 – Caixa de vidro com a válvula alocada no fundo | 18 |
| Figura 3.3 – Galões de água | 19 |
| Figura 3.4 – Sistema de simulação de água da chuva | 19 |
| Figura 3.5 – Seção de assentamento para placas de espessura de 6cm | 20 |
| Figura 3.6 – Medidas dos materiais na caixa | 20 |
| Figura 3.7 – Vista de cima da caixa de vidro | 21 |
| Figura 3.8 – Sistema de simulação de água da chuva ativado..... | 21 |
| Figura 3.9 – Pavimento saturado | 22 |
| Figura 3.10 – Pavimento completamente drenado | 22 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 2.1 - Normas utilizadas..... | 4 |
| Quadro 2.2 – Modelos dos diferentes tipos de pavimento com reservatório estrutural | 5 |
| Quadro 2.3 - Parâmetros Urbanístico..... | 12 |
| Quadro 2.4 - Espessura mínima do revestimento permeável..... | 13 |
| Quadro 2.5 – Análise comparativa entre os tipos de material para a camada superficial..... | 14 |
| Quadro 4.1 - Comparativo..... | 24 |
| Quadro 4.2 - Média dos resultados obtidos nesse experimento | 25 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA | 2 |
| 1.2 OBJETIVOS | 3 |
| 1.2.1 Objetivo Geral..... | 3 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 3 |
| 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 3 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA | 4 |
| 2.1 FUNDAMENTAÇÃO DOS PAVIMENTOS PERMEÁVEIS | 4 |
| 2.2 MODELOS DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS..... | 5 |
| 2.2.1 Piso Drenante..... | 6 |
| 2.3 PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS..... | 7 |
| 2.4 TIPOS DE MATERIAIS | 8 |
| 2.5 SISTEMA DE INFILTRAÇÃO | 9 |
| 2.5.1 Infiltração Total | 9 |
| 2.5.2 Infiltração Parcial..... | 10 |
| 2.5.3 Sem Infiltração..... | 11 |
| 2.6 CONSIDERAÇÕES | 11 |
| 2.7 MANUTENÇÃO..... | 15 |
| 2.8 LIMPEZA..... | 15 |
| 2.9 CUSTOS..... | 15 |
| 2.10 LOCAIS INDICADOS PARA USO | 16 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 17 |
| 3.1 MONTAGEM DO EQUIPAMENTO | 18 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 23 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 26 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 27 |
| ANEXO A..... | 31 |

1 INTRODUÇÃO

O aumento da urbanização traz profundas modificações no uso do solo, que consequentemente causa marcas permanentes nas respostas hidrológicas das áreas urbanizadas, apresentando os efeitos mais notáveis no aumento do escoamento superficial e na diminuição da infiltração, o que tem como consequência direta a ocorrência de inundações urbanas (FONTES, 2003).

A água absorvida pelo solo contribui para a formação e recarga de aquíferos subterrâneos, além disso auxilia na redução de enchentes, pois quanto maior a área permeável para infiltração das águas pluviais menor será o escoamento superficial (MOTA, 1999).

É muito importante que as cidades tenham à disposição um bom serviço de drenagem de águas pluviais, pois com a chegada das chuvas, essas águas não venham a potencializar problemas urbanos, tais como: enchentes, alagamentos, inundações e até deslizamentos. Não podemos deixar de lado o fato de que grande parte destes tem como causa principal as ações do homem: ocupação de forma incorreta, impermeabilização do solo e descarte incorreto de Resíduos Sólidos Urbanos (R.S.U), contribuindo para possíveis entupimentos das galerias pluviais (ALVES PINTO, 2011).

Como estratégia para redução das enchentes urbanas, pode-se optar pelo uso de pavimentos permeáveis que auxiliam permitindo o escoamento superficial através da infiltração (CHANDRAPPA; BILIGIRI, 2016). O piso drenante, também conhecido como pavimento permeável, é um aparato de infiltração no qual o fluxo de água é transferido com a contribuição de uma superfície permeável sendo direcionado para um reservatório de pedra localizado abaixo da superfície. Esse pavimento surgiu no império romano, onde cortavam as pedras do mesmo tamanho e as assentavam umas ao lado das outras formando uma pavimentação (ICPI, 2011). Ele é utilizado em qualquer tipo de ambiente, pois possibilita uma harmonização tanto esteticamente como estruturalmente. Na década de 1990, os blocos, que eram comuns na Europa tiveram espaço no Brasil, tanto em vias quanto em calçamentos (GUIMARÃES, 2015).

O piso drenante é um produto voltado à pavimentação na área urbana, onde a permeabilidade é a principal característica a ser estudada. Ao mesmo tempo em que se desenvolve um produto de baixo custo e que atenda as especificações das normas técnicas existentes. Direcionado a essa nova tecnologia, é importante se preservar o bem estar da população, aumentando a qualidade de vida da comunidade e do meio urbano, proporcionando

uma melhora da drenagem urbana, através do desenvolvimento de um produto que tem a preocupação com a sustentabilidade das cidades e com o meio ambiente (ALENCAR, 2013).

A permeabilidade é a propriedade que identifica a chance de passagem de água através do material. Essa passagem pode ser por filtração sob pressão, por difusão através dos condutos capilares e por capilaridade (TARTUCE, 1990).

A drenagem pluvial urbana tem uma função primordial na infraestrutura de uma cidade. O principal objetivo da construção das redes de drenagem pluvial é a remoção das águas pluviais, que não conseguem infiltrar, da forma eficiente, devido ao processo de impermeabilização das cidades. Dessa forma, evitam-se os transtornos, riscos de inundação e consequentemente os prejuízos por estes causados (TUCCI, 2005).

1.1 JUSTIFICATIVA

Diante da grande intensidade das chuvas que atualmente incidem sobre as cidades, é justificável que novas formas de drenagem sejam estudadas, tendo em vista que a ocorrência de prejuízos tem assustado a população que nunca antes havia sofrido com tais problemas, que afetam não somente a cidade de Goianésia, mas muitas outras cidades.

O piso drenante se caracteriza como alternativa sustentável para solucionar alguns dos problemas causados pela chuva, entretanto é necessário que a sua eficácia seja previamente estudada, bem como sua aplicação, resistência e durabilidade.

É possível ver através de pesquisas, que a grande maioria das construções não obedecem a porcentagem de permeabilidade que é exigida no plano diretor de cada município, por isso uma abordagem mais abrangente sobre o assunto serviria como uma oportunidade de conhecimento e aquisição deste material alternativo, mostrando também como é feito a sua instalação.

Neste estudo será avaliado o concreto poroso, considerando que o uso dos demais tipos de materiais drenantes, como por exemplo a brita ou bloco de concreto intertravados, muito utilizados em estacionamentos ou em áreas de passeio público, não se mostram completamente eficientes nas áreas que necessitam uma grande taxa de permeabilidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é realizar um experimento onde será feita uma análise quanto à eficácia drenante em relação ao uso de placas de concreto poroso e realizar comparações com outros tipos de materiais drenantes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Conhecer as propriedades, funcionalidades e eficiência das placas de concreto poroso.
- Apresentar o tipo do material a ser estudado;
- Fazer um experimento com a placa drenante e os materiais que compõe o seu sistema de drenagem;
- Demonstrar possíveis locais onde o piso drenante pode ser aplicado afim de obter-se uma melhor infiltração da água;
- Apresentar os resultados obtidos com experimento e realizar um comparativo com o trabalho utilizado como referência.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

- No capítulo dois, é apresentado a revisão bibliográfica e descrição sobre o método utilizado no trabalho.
- No capítulo três é apresentado materiais e métodos experimentais que foram utilizados no trabalho para se obter o resultado do experimento e conhecer a vazão de uma placa de piso drenante pré-moldada.
- No capítulo quatro são demonstrados os resultados alcançados no experimento juntamente com os cálculos utilizados.
- No capítulo cinco, são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As normas relacionadas com pavimentos permeáveis que foram utilizadas para realização desse trabalho podem ser vistas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 Normas utilizadas.

| NORMA | TÍTULO |
|-----------------------------|---|
| NBR 9781:2013 | Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. |
| NBR 16416:2015 | Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. |
| NBR 15575-3:2013 | Edificações habitacionais — Desempenho parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. |
| NBR 15805:2015 | Pisos elevados de placas de concreto - Requisitos e procedimentos. |
| NBR 12142:2010 | Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. |

Fonte: ABNT,2010; ABNT, 2013; ABNT, 2015.

2.1. FUNDAMENTAÇÃO DOS PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Segundo Watanabe (1995), ao realizar a instalação dos pavimentos permeáveis nas duas áreas de controle, constatou-se que a vazão foi reduzida de 15% a 20%. Em diversos trabalhos observou-se que os pavimentos contribuem na diminuição do escoamento superficial, se comparados com os demais dispositivos utilizados para controle na fonte (SCHLÜTER; SPITZER; JEFFERIES, 2002), ou comparados com áreas impermeáveis (RUSHTON, 2002) (BRATTEBO; BOOTH, 2003).

Rushton (2002) em seu estudo, instalou pavimentos permeáveis e demais instrumentos de controle no estacionamento do parque "Aquário da Flórida", concluindo que praticamente toda a água superficial foi escoada para todos os episódios analisados. A autora mencionou que um dos pontos mais positivos dos projetos em estacionamentos é o decréscimo do acúmulo de água no local. A autora salientou que o acúmulo de água superficial, quando ocorre, é devido a um grande volume de chuva em pouco tempo, não sendo ocasionada pela saturação da camada reservatório. Pesquisas envolvendo pavimentos permeáveis fabricados sobre um

solo pouco permeável demonstraram que é possível atingir a infiltração partindo da água da chuva.

2.2. MODELOS DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

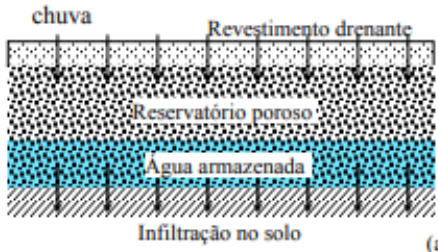
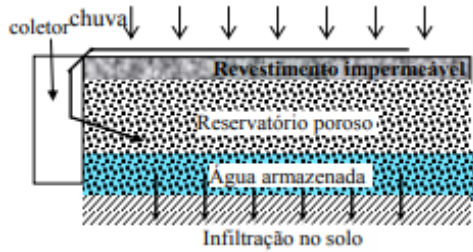
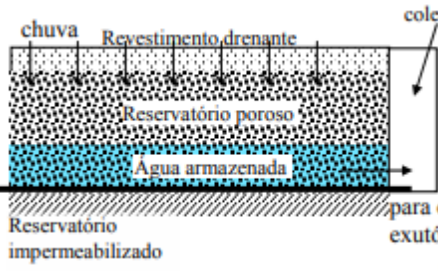
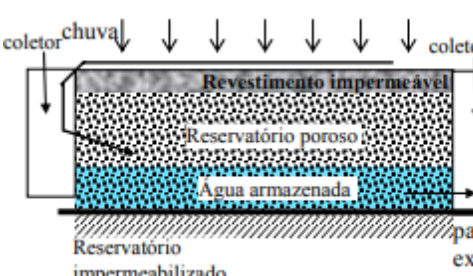
Segundo Azzout, Barraud, Cres, Alfakih (1994), o funcionamento dos pavimentos drenantes se baseia em:

- Armazenamento passageiro da água dentro do pavimento e entre a camada reservatório
- Retirada vagorosa da água, realizada por infiltração no solo, dispensa vagorosa para a rede de drenagem, ou através das duas alternativas.
- A água pluvial entra rapidamente no corpo do pavimento poroso de forma distribuída, podendo também escoar de forma localizada, através de bueiros ou drenos laterais (AZZOUT; BARRAUD; CRES; ALFAKIH, 1994).

Azzout, Barraud, Cres, Alfakih (1994), descrevem quatro classes de pavimentos permeáveis. Os autores afirmam que o revestimento do pavimento pode ser do tipo poroso ou impermeável, possuindo ou não a funcionalidade de infiltração ou retenção.

O Quadro 2.2, a seguir, demonstra através de ilustração as quatro classes de pavimentos que possuem estrutura reservatório:

Quadro 2.2. Modalidades dos diferentes tipos de pavimento com reservatório estrutural.

| | Drenagem, distribuída | Drenagem localizada |
|--|--|---|
| Saída da água por infiltração (Dispositivo de infiltração) |  <p>(a)</p> |  <p>(b)</p> |
| Saída da água por exutório (Dispositivo de retenção) |  <p>(c)</p> |  <p>(d)</p> |

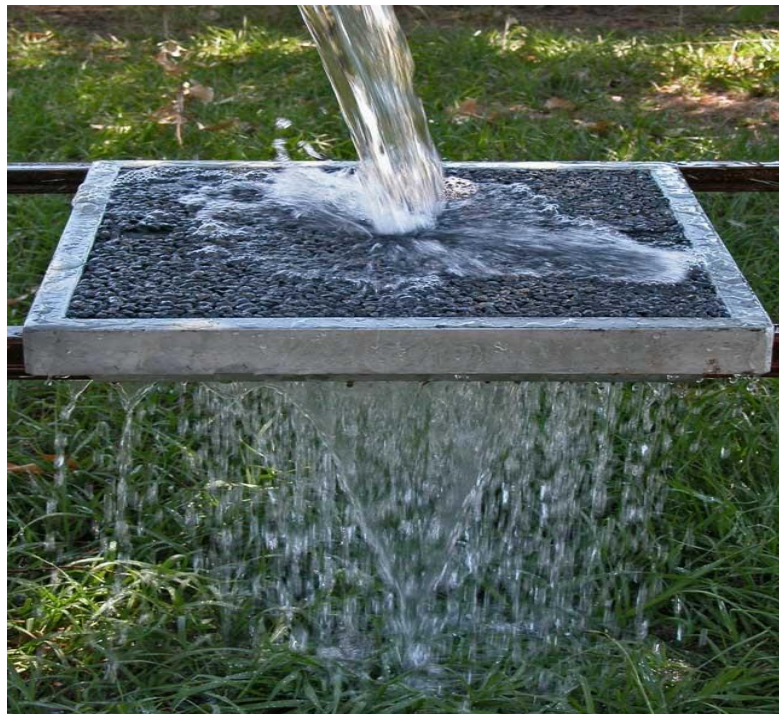
Fonte: (AZZOUT; BARRAUD; CRES; ALFAKIH, 1994)

No quesito pavimento com saída realizada por exutórios (Quadro 2.2, c e d), existem estudos que mostram que a água acomodada no reservatório possa ser reaproveitada com a finalidade não potável, evitando que apenas seja levada para a rede de drenagem (AZZOUT; BARRAUD; CRES; ALFAKIH, 1994).

2.2.1 Piso Drenante

É um tipo de revestimento permeável que pode ser moldado de diferentes formas, em blocos ou placas, o piso drenante é composto por concreto poroso, por onde a água é infiltrada e direcionada ao solo. A utilização do concreto poroso para pavimentação teve início em 1970 nos Estados Unidos da América – EUA (FERGUSON, 2005). A Figura 2.1 demonstra a capacidade de infiltração do piso drenante:

Figura 2.1 Capacidade de infiltração do piso drenante



Fonte: http://www.rhinopisos.com.br/site/produtos/18/placa_drenante_piso_drenante, 2018.

O tratamento de piso chamado "pavimento permeável" é constituído por asfalto ou concreto poroso, executado sobre camada de pedra britada. Estando presente superior ou inferiormente na camada de pedra é colocado geotêxtil, para prevenir a sua colmatção. Nesse tipo de piso a água se infiltra pela superfície, fica retida na camada de pedra e gradativamente

se infiltra no solo. Nas análises até então realizadas tem se viabilizado a infiltração no solo de praticamente toda a água de chuva precipitada (MORETTI; NISHIHATA, 2010).

A eficácia dessa solução, porém, depende de uma boa manutenção da superfície do pavimento, de maneira que se garanta sua permeabilidade. Essa manutenção pode ser feita com a utilização de equipamento que aspira a sujeira existente na superfície porosa. Dependendo da espessura da camada de pedra, parte da água precipitada fica retida na camada de pedra e gradativamente se infiltra no solo (MORETTI; NISHIHATA, 2010).

2.3. PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS

Segundo Bettess (1996), os pavimentos porosos, de maneira generalista, têm vantagens se comparados aos outros sistemas de drenagem. Tais vantagens englobam os custos que são menores quando analisadas comparativamente com os demais sistemas, além da construção ser mais simplista e mais rápida. Devido à sua porosidade, o pavimento permite a passagem de água, diminuindo o nível de água da rede de drenagem e, portanto, protegendo o sistema contra enchente, se mostrando como alternativa à rede de drenagem e auxiliando no escoamento superficial da fonte, agindo na diminuição de impactos hidrológicos comumente observados em grandes metrópoles. Com a drenagem da água pelo pavimento, também se observa o aumento do nível de água do aquífero, que pode ser benéfico desde que a água superficial não contamine a água subterrânea.

Epa (1999), afirma que as vantagens da utilização de pavimentos permeáveis, englobam desde a alta da seguridade e conforto em vias, utilização de menor espaço por ser acoplado a obra, a possibilidade de tratar a água pluvial, a queda do uso de meio fio e canais de drenagem.

Entretanto, o uso do pavimento permeável pode apresentar problemas se instalado em regiões que possuam clima frio devido à possibilidade de acontecer avarias ocasionadas pela neve, como por exemplo entupir ou trincar, em regiões que apresentam alta amplitude térmica, devido a problemas relacionados a dilatação do material (trincas), e em regiões com muito vento, visto que pode levar à erosão do solo e estes pequenos fragmentos podem vir a causar o entupimento do pavimento e, por consequência, a perda de sua utilidade. A instalação desse tipo de pavimento em regiões sobre grandes aquíferos também possuem ressalvas, uma vez que a água da superfície pode vir a contaminar o aquífero ou diminuir a qualidade da sua água (ACIOLI, 2005).

Segundo EPA (1999), as desvantagens relacionadas a pavimentos permeáveis englobam a probabilidade de contaminação do aquífero, a possível falha do pavimento poroso, a falta de

fiscalização dos engenheiros e responsáveis e a possibilidade de o pavimento poroso ser instalado inadequadamente ou de ser obstruído.

2.4. TIPOS DE MATERIAIS

Acoli (2005), afirma que o material empregado na camada superficial tem que favorecer a infiltração de água que vem da chuva (pavimento drenante), bem como ser resistente as necessidades geradas pelo tráfego. O material utilizado deve ser selecionado, levando em conta sua função e sua capacidade de infiltração.

Segundo Azzout, Barraud, Cres, Alfakih (1994), outras questões precisam ser levadas em conta, no momento de escolher o material de superfície, como a estética, seguida da aderência, acústica, resistência, disponibilidade e a manutenção.

Os pavimentos permeáveis podem ser subdivididos em três categorias de superfícies pavimentadas, que são projetadas com o propósito de diminuir o escoamento superficial. Entre elas encontram-se o concreto poroso, o bloco de concreto intertravado e o asfalto poroso (URBONAS; STAHRÉ, 1993).

Dentre essas alternativas, tanto o concreto poroso, quanto o asfalto poroso, são produzidos da mesma maneira dos pavimentos convencionais, diferindo apenas que na mistura não é utilizado a areia, aumentando assim a porosidade e, portanto, a taxa de infiltração hidráulica (URBONAS e STAHRÉ, 1993).

Segundo Azzout, Barraud, Cres e Alfakih (1994) e Raimbault, Andrieu, Berthier, Joannis e Legret (2002), a porosidade útil presente no asfalto de drenagem deve ser minimamente de 12%, e o percentual total de vazios tem que ser de 20%. Os autores ressaltam que, a condutibilidade hidráulica do asfalto deve ser superior a 1 Cm s^{-1} , visto que sua resistência à vazão de água diminui muito com o tempo.

Blocos de concreto vazados também podem ser utilizados para o escoamento de água, sendo intertravados e com aberturas (orifícios) em sua estrutura, que permitem que a água penetre no solo (ACIOLI, 2005). Essas aberturas podem ser preenchidas com areia, cascalho ou um tufo de grama, materiais que permitam a passagem de água ao mesmo tempo que sustentem peso (ACIOLI, 2005).

No quesito preenchimento realizado com a grama, as raízes precisam estar debaixo do bloco, para evitar o esmagamento por pneus de automóveis. O bloco deve ter pelo menos 20% da área de superfície no vazio para que a água escoe com facilidade (ACIOLI, 2005).

Na Figura 2.2 (a), (b) e (c) mostram alguns modelos de aplicações de tipos de pavimentos permeáveis (ACIOLI, 2005):

Figura 2.2 Modelos de pavimentos permeáveis



a) Poroso em asfalto

b) Poroso em concreto



c) Permeável com blocos pré moldados de concreto vazado.

Fonte: ACIOLI (2005).

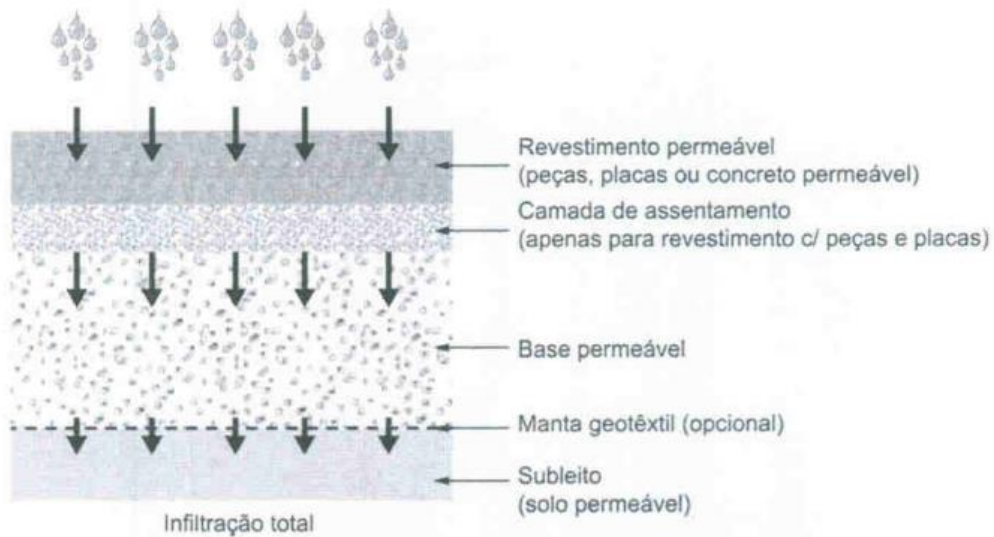
2.5. SISTEMA DE INFILTRAÇÃO

O pavimento permeável pode ser concebido de três diferentes maneiras em relação à infiltração de água pluvial. A definição do sistema de infiltração depende das peculiaridades do solo ou de condicionantes de projeto de acordo com a norma NBR 16416 (ABNT, 2015).

2.5.1 Infiltração total

Neste sistema de infiltração toda a água precipitada alcança o subleito e se infiltra, conforme a norma NBR 16416 (ABNT, 2015) sendo o exemplo mostrado na Figura 2.3.

Figura 2.3 Modelo de sistema de pavimento permeável com infiltração total.

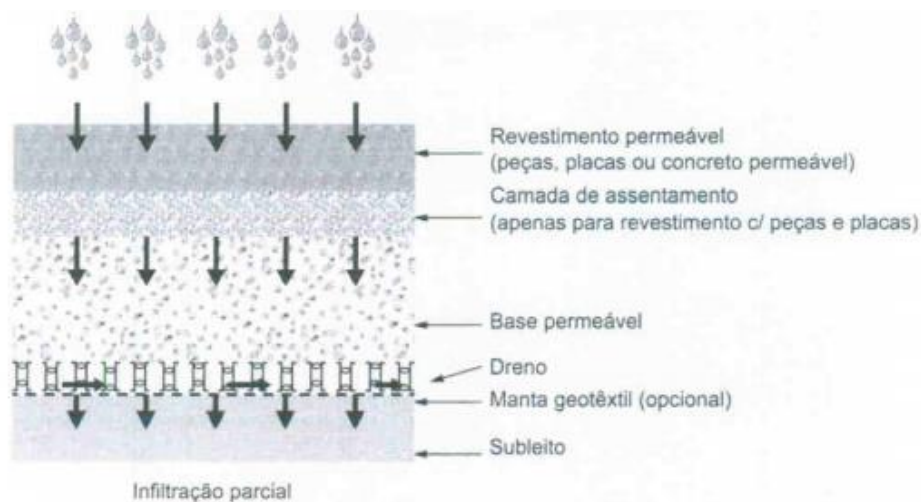


Fonte: NBR 16416 (ABNT, 2015).

2.5.2 Infiltração parcial

Neste sistema de infiltração, uma fração da água que está precipitada atinge o subleito e se infiltra, no entanto a outra fração da água fica por um tempo armazenada na estrutura permeável, sendo depois retirada pelo dreno, conforme NBR 16416 (ABNT, 2015) sendo o exemplo demonstrado na Figura 2.4.

Figura 2.4 Modelo de sistema de pavimento permeável com infiltração parcial.

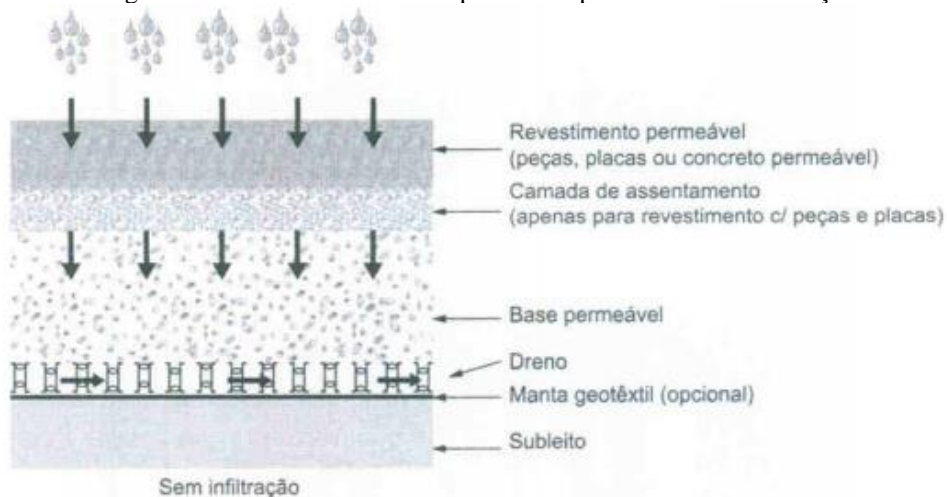


Fonte: NBR 16416 (ABNT, 2015).

2.5.3 Sem infiltração

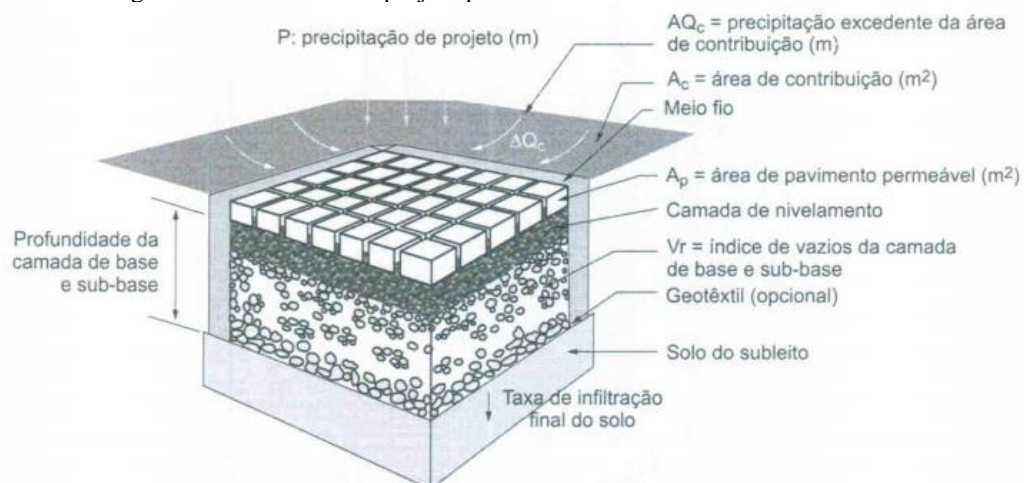
Neste sistema de infiltração, a água que está precipitada fica brevemente acondicionada na estrutura permeável e não infiltra no subleito, onde posteriormente é retirada por um dreno, conforme NBR 16416 (ABNT, 2015) sendo o exemplo mostrado na Figura 2.5 e o dimensionamento das camadas no solo na Figura 2.6.

Figura 2.5 Modelo de sistema de pavimento permeável sem infiltração.



Fonte: NBR 16416 (ABNT, 2015).

Figura 2.6 Parâmetros de projeto para o dimensionamento da camada de base



Fonte: NBR 16416 (ABNT, 2015).

2.6 CONSIDERAÇÕES

O piso drenante dispensa o uso de argamassa no seu assentamento. As peças são assentadas sobre camadas drenantes, previamente preparadas de forma a impulsionar o escoamento da água proveniente dos poros do piso. Muitos projetos que utilizam o piso

drenante aliam a aplicação das peças com a plantação de grama, garantindo uma superfície regular, bem nivelada e com uma bela aparência. Para a limpeza e conservação, o ideal é usar uma lavadora de alta pressão (CABRAL, 2017).

Os locais que são revestidos com pavimentos permeáveis devem permitir que toda de água precipitada presente sobre área em questão seja perlocada. Da mesma forma, toda precipitação incidente sobre as áreas de contribuição analisadas no projeto, desde que atendam as especificações desta Norma. As áreas pavimentadas permeáveis devem completa superfície permeável, seguindo o recomendado pela NBR 16416 (ABNT, 2015).

Na elaboração de um projeto de pavimento permeável deve ser considerado o modelo de uso e o local de implementação onde a definição dos materiais e espessuras das camadas a serem executadas deve atender concomitantemente aos dimensionamentos mecânico e hidráulico, conforme NBR 16416 (ABNT, 2015).

Segundo Bezerra (2015), a taxa de permeabilidade dos lotes pode ser classificada como uma importante ferramenta na gestão pública do meio urbano. Acredita-se que esse índice pode ser uma medida de controle, ou seja, de mitigação da impermeabilização dos solos, quando implantada rigorosamente

No Quadro 2.3, pode-se observar a taxa de permeabilidade da cidade de Goianésia de acordo com algumas zonas.

Quadro 2.3 Parâmetros Urbanísticos.

| ZONA: | TAXA DE PERMEABILIDADE |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| Zona qualificação urbana | 20% |
| Zona especial de interesse comercial | 20% |
| Zona reestruturação urbana | 20% |
| Zona parcelamento em implantação | 20% |
| Zona expansão urbana | 20% |
| Zona especial de interesse social | 20% |
| Zona ocupação especial | 20% |

Fonte: *adaptado de índice da lei N.º 2.615 de 8 de dezembro de 2008 – Plano Diretor.

O revestimento permeável deve atender às especificações do Quadro 2.4:

Quadro 2.4 Espessura mínima do revestimento permeável

| Tipo de revestimento | Tipo de solicitação | Espessura Mínima (mm) | Método de Ensaio |
|--|----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Peça de concreto (untas alargadas ou áreas vazadas) | Tráfego de pedestres | 60.0 | ABNT NBR 9781 |
| | Tráfego leve | 80.0 | |
| Peça de concreto permeável | Tráfego de pedestres | 60.0 | |
| | Tráfego leve | 80.0 | |
| Placa de concreto permeável | Tráfego de pedestres | 60.0 | ABNT NBR 15805 |
| | Tráfego leve | 80.0 | |
| Concreto permeável moldado no local | Tráfego de pedestres | 60.0 | ABNT NBR 12142 |
| | Tráfego leve | 100.0 | |

Fonte: NBR 16416 (ABNT, 2015).

No Quadro 2.5, pode-se comparar os distintos revestimentos para pavimentos permeáveis:

Quadro 2.5 Análise comparativa entre os tipos de material para a camada superficial.

| Material Crítérios | Solo Natural | Blocos Vazados | Asfalto Poroso | Concreto Poroso | Revestimento Impermeável |
|---|---|---|---|---|---------------------------------|
| Tipos de uso* | Praças, estacionamentos, vias de pedestres, quadras esportivas. | Praças, estacionamentos, vias de pedestres, calçadas. | Todos os usos, desde que com estrutura reforçada. | Todos os usos, desde que com estrutura reforçada. | Todos os usos. |
| Capacidade de absorção* | Varia de acordo com o material | Média | Boa | Boa | Nula |
| Aspecto visual* | Rústico | Bom, com possibilidade de variação de cores | Semelhante ao asfalto comum | Semelhante ao concreto comum | - |
| Periodicidade de manutenção* | 6 meses | 6 meses a 1 ano | Varia de acordo com o uso (6 meses a 2 anos) | 6 meses a 2 anos | Depende do local |
| Custo de implantação* | Baixo | Alto | Médio | Médio | Médio |
| Custo de manutenção* | Médio | Alto | Médio a alto | Médio a alto | Baixo |
| Resistência / Arrancamento* | Medíocre | Boa | Média | Média a boa | Boa |
| Aderência* | Baixa | Média | Muito boa | Boa | Boa |
| Acústica* | Ruim | Média | Boa | Boa | Média |
| Retenção de partículas sólidas** | NP | Muito boa | Muito boa | Muito boa | Muito boa |
| Retenção de metais pesados dissolvidos** | NP | Muito boa | Baixa | Muito boa | Baixa |

NP = não pesquisado; considerar custos de manutenção, levar em consideração a discrepância dos custos dos Estados Unidos e Europa se comparados com o Brasil.

Fonte: *Adaptado de (AZZOUT; BARRAUD; CRES; ALFAKIH, 1994); **adaptado de (FACH; GEIGER; DIERKES 2002).

2.7. MANUTENÇÃO

O pavimento permeável deve sofrer intervenções de manutenção sempre que existirem condições que comprometam o desempenho mecânico ou hidráulico do pavimento. Os reparos realizados no pavimento devem utilizar os mesmos tipos de materiais do pavimento existente, sendo vetada a utilização de revestimentos impermeáveis ou outros materiais que evidenciem o reparo ou prejudiquem a eficácia do pavimento NBR 16416 (ABNT, 2015).

2.8. LIMPEZA

A constatação da eficiência do pavimento permeável quanto a permeabilidade, segundo a NBR 16416 (ABNT, 2015), deve ser realizada periodicamente conforme indicação de projeto.

Quando o pavimento permeável, após determinado período de utilização, apresentar coeficiente de permeabilidade menor ou igual a 10^5 m/s, deve-se executar ações de limpeza objetivando-se resgatar uma melhor permeabilidade do pavimento, conforme NBR 16416 (ABNT, 2015).

As fases de limpeza recomendadas são:

- Remoção de sujeiras e detritos em geral da área superficial do pavimento por meio de variação mecânica ou manual;
- Aplicação de jato de água sob pressão;
- Aplicação de equipamento de sucção para retirada de finos;
- Recomposição do material de rejuntamento quando for o caso) devendo-se cumprir as especificações.

É vetada a utilização de produtos químicos ou água contaminada na limpeza do pavimento. Depois da execução das etapas de limpeza, deve-se medir novamente o coeficiente de permeabilidade do pavimento. As regiões que receberam a limpeza devem apresentar no mínimo 80% do coeficiente de permeabilidade, segundo NBR 16416 (ABNT, 2015).

2.9. CUSTOS

No início de uma obra deve-se avaliar os gastos de toda obra e sua vida útil, incluindo custos provenientes de possíveis operações futuras, manutenção e reposição que estão englobados nos custos que vão permitir que o equipamento atue em perfeita funcionalidade de

acordo com o objetivo do projeto. Dessa maneira, os custos podem variar dependendo de cada realidade, considerando como estava o terreno e a rede de drenagem local (ACIOLI, 2005).

2.10 LOCAIS INDICADOS PARA USO

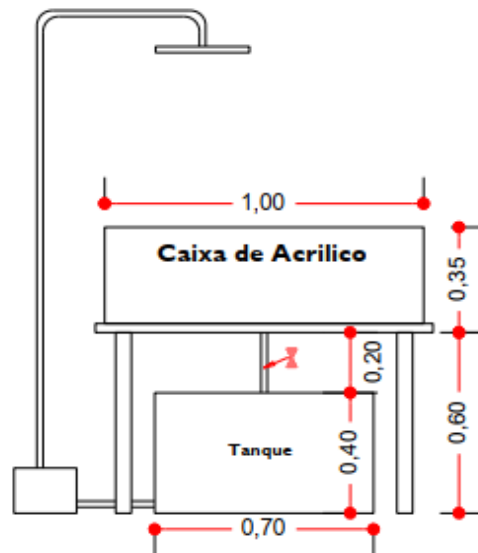
A maioria dos locais onde está implantado são em áreas destinadas ao tráfego leve de veículos ou estacionamentos, porém surge aos poucos, locais em que este tipo de pavimento vem sendo executado em calçadas, praças e parques (PARRA; TEIXEIRA, 2015).

No anexo A, mostra especificações e locais indicados para o uso que a empresa Tetracon faz a respeito do piso drenante usado por eles.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar o desempenho drenante das placas de concreto poroso, foi realizada a confecção de um equipamento conforme Trentin, Bianchi e Souza (2016) utilizado (Figura 3.1):

Figura 3.1 Modelo como referência.



Fonte: TRENTIN, BIANCHI (2016)

O experimento permitiu a análise de infiltração da água da chuva em uma área de $0,16\text{m}^2$ (área de uma placa) de pavimento drenante.

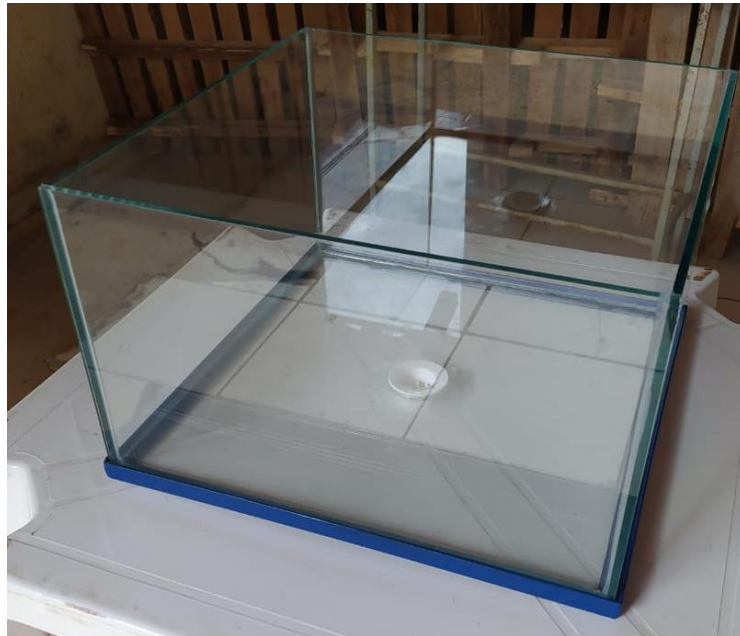
Para a confecção do equipamento, foi utilizado os seguintes itens:

- Uma caixa vidro com fundo perfurado;
- Brita 0;
- Manta geotêxtil (Bidim);
- Areia média;
- Placa de concreto drenante;
- Sistema para simular a água da chuva;
- Caixa de água utilizada como reservatório;
- Bomba para captação de água.

3.1 MONTAGEM DO EQUIPAMENTO

O equipamento foi dimensionado para que simule a capacidade de infiltração do pavimento drenante. Foi construída uma caixa de vidro com dimensões internas de 0,42 m x 0,42 m x 0,25 m. No fundo da caixa foi feito um orifício com diâmetro de 5 cm para ser colocado uma válvula de lavatório para direcionar a água do fundo de forma uniforme para o reservatório, demonstrado na Figura 3.2.

Figura 3.2 - Caixa de vidro com a válvula alocada no fundo



Fonte: Autoria Própria (2020)

A caixa foi apoiada em cima de uma mesa reforçada com um ferro para suportar o peso da caixa com os materiais. Abaixo da mesa foi alocado um reservatório onde foi colocado 60 litros de água, usando 3 galões de água de 20 litros cada (Figura 3.3). Nesse reservatório, foi acoplada uma bomba que direcionou a água para a placa de concreto, simulando a chuva (Figura 3.4).

Figura 3.3 Galões de água



Fonte: Autorial Própria (2020)

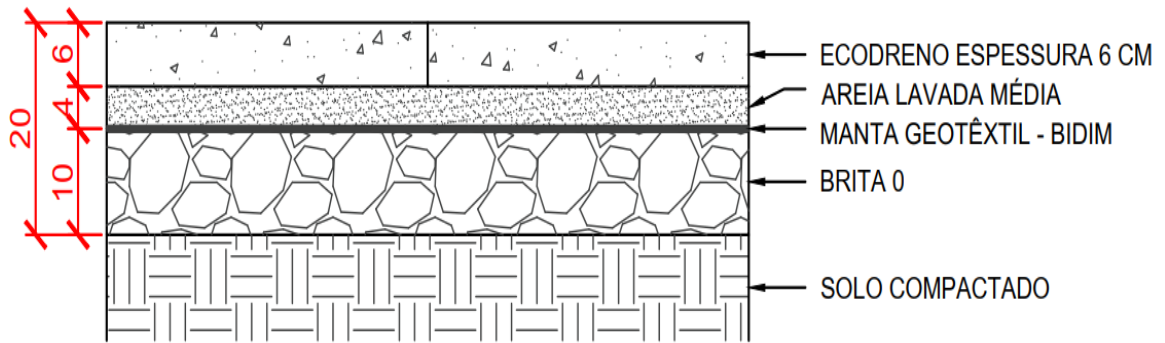
Figura 3.4 Sistema de simulação de água da chuva



Fonte: Autorial própria (2020)

Foi adotado como exemplo o sistema de assentamento utilizado pela empresa Tetracon (Figura 3.5). Após acoplar a bomba no reservatório e a caixa de vidro estar pronta de acordo com as especificações, foi colocado a placa de concreto drenante. O experimento foi realizado utilizando-se uma placa de concreto de 6 cm uma vez que esta é a espessura utilizada para tráfego de pedestres, segundo NBR 16416 (ABNT, 2015). A montagem do sistema consiste no assentamento de 10 cm de brita 0 na primeira camada, em seguida a manta geotêxtil (também conhecida como manta Bidim), acima foi colocado 4 cm de areia média e por último a placa drenante fornecida pela empresa Tetracon (Figura 3.6). Os vazios nas laterais da placa foram preenchidos com pedriscos para um completo fechamento do sistema (Figura 3.7). Após ser ligado o sistema de simulação da água da chuva (Figura 3.8), foi cronometrado o tempo de saturação parcial e total de toda a água dentro da caixa de vidro (Figura 3.9).

Figura 3.5 Seção de assentamento para placas de espessura de 6cm



Fonte: TETRACON

Figura 3.6 Medidas dos materiais na caixa.



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 3.7 Vista de cima da caixa de vidro



Fonte: Autorial própria (2020)

Figura 3.8 Sistema de simulação de água da chuva ativado



Fonte: Autorial Própria (2020)

Figura 3.9 Pavimento saturado



Fonte: Autoria Própria (2020)

Assim que a caixa encheu-se com a água, o sistema simulador de chuva foi desativado e foi analisado a drenagem da água da superfície para o reservatório (Figura 3.10), foi observado que a água não encontrou dificuldade para ser drenada, e que o tempo médio gasto do início do experimento até a drenagem da água da superfície para dentro do pavimento foi de aproximadamente 122 segundos, e o tempo médio gasto para a drenagem completa do sistema para o reservatório foi de 173 segundos.

Figura 3.10 Pavimento completamente drenado.



Fonte: Autoria própria (2020)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

- Cálculo da quantidade de água precipitada no sistema:

Tempo médio gasto para preencher a caixa: 23,6 segundos.

Vazão da bomba: 40 litros/min

$$60 \text{ s} - 40 \text{ litros}$$

$$23,6 \text{ s} - x$$

$$x = \mathbf{15,73 \text{ litros}}$$

- Cálculo do volume de água acima do pavimento:

Área da base x Altura da água acima do pavimento = Volume de água acima do pavimento

$$(0,42 \times 0,42) \times 0,05 = 0,00882 \text{ m}^3 \text{ ou } \mathbf{8,82 \text{ Litros}}$$

- Cálculo do volume de água dentro do pavimento:

Volume total de água – Volume de água acima do pavimento = Volume de água dentro do pavimento

$$15,73 - 8,82 = 6,91 \text{ litros ou } \mathbf{0,00691 \text{ m}^3}$$

- Área total dentro do pavimento drenante:

$$0,42 \times 0,42 \times 0,20 = \mathbf{0,035 \text{ m}^3}$$

- Porcentagem de volume ocupada pela água dentro do pavimento:

$$0,035 \text{ m}^3 - 100\%$$

$$0,00691 \text{ m}^3 - x \quad x = \mathbf{19,74\%}$$

No Quadro 4.1, mostra o comparativo entre os dados obtidos no ensaio feito no artigo de Trentin e Bianchi (2016) a área do pavimento ensaiada, com os resultados obtidos neste trabalho:

Quadro 4.1 – Comparativo

| RESULTADOS DO ARTIGO | |
|----------------------------------|---------------------|
| A. Base | 1 m ² |
| V. Precipitado | 49 L |
| V. Dentro do pavimento | 49 L |
| RESULTADOS DESTE TRABALHO | |
| A. Base | 0,17 m ² |
| V. Precipitado | 15,73 L |
| V. Dentro do pavimento | 6,91 L |

Fonte: Trentin e Bianchi (2016), Autoria Própria

No artigo de Trentin e Bianchi (2016) a área do pavimento ensaiada possui 1 m², o pavimento suportou uma chuva equivalente a 49 mm, uma vez que 1 mm de lâmina d'água corresponde a 1 litros/m².

Referente a este trabalho:

$$0,17 \text{ m}^2 - 6,91 \text{ litros}$$

$$1 \text{ m}^2 - x$$

$$x = \mathbf{40,64 \text{ litros}}$$

Em 0,17 m² o pavimento suportou 6,91 litros. Em 1 m² seria 40,64 litros. O pavimento suportaria 40,64 mm de chuva uma vez que 1 mm de lâmina d'água que vai corresponder a 1 litros/m². No Quadro 4.2, mostra a média encontrada em segundos do tempo em que a água demorou para ser escoada sobre o sistema.

Conclui-se que o uso da placa drenante auxilia no retardamento da chegada da água da chuva no subleito, fazendo com que ela fique temporariamente armazenada na base de agregados localizado logo abaixo da placa de concreto, reduzindo os problemas de enchentes e melhorando a qualidade da água infiltrada, uma vez que os agregados também funcionam como filtro.

Quadro 4.2 – Média dos resultados obtidos nesse experimento.

| EXPERIMENTO | Preenchimento total de água na caixa. (s) | Drenagem da superfície para dentro do sistema drenante. (s) | Drenagem total do sistema. (s) |
|--------------------|---|---|--------------------------------|
| 1 | 29 | 112 | 230 |
| 2 | 22 | 154 | 212 |
| 3 | 23 | 140 | 213 |
| 4 | 21 | 144 | 212 |
| 5 | 23 | 144 | 213 |
| MÉDIA | 23.6 | 138,8 | 216 |

Fonte: Autoria própria

Ao iniciar o experimento haviam 60 litros de água no reservatório, após o experimento haviam 53,42 litros, dessa forma foi calculado o volume de água retido no experimento através da seguinte fórmula:

$$V \text{ inicial} - V \text{ final} = V \text{ Retido}$$

$$60 - 53,42$$

$$\mathbf{V \text{ Retido} = 6,58 \text{ litros}}$$

Portanto ficou retido no interior do pavimento 6,58 litros de água (0,00658 m³) e não houve alagamento sob a superfície.

5 CONCLUSÕES

A execução deste trabalho, bem como a montagem do aparato experimental possibilitou um conhecimento maior dos materiais que compõem as placas de concreto drenante, tendo em vista que no decorrer de sua execução foi possível uma visita técnica a empresa fabricante da peça utilizada, e acompanhado o seu processo de fabricação.

A montagem do sistema de instalação da placa, agregou em nossa formação acadêmica informações e interesses sobre esta alternativa de material que permite a drenagem urbana e não compromete as necessidades de pavimentação das áreas externas.

De acordo com os resultados obtidos, o pavimento estudado atende as expectativas de permeabilidade dependendo do tipo de solo onde ele será utilizado, em casos de solo muito compactado ou com pouca infiltração é necessário a utilização de um sistema de dreno junto ao do pavimento drenante, podendo ser escoado para o solo ou para um sistema com reservatório que aproveite a água da chuva.

As placas drenantes também são alternativas para os usuários que precisam atender as especificações do plano diretor referente a taxa de permeabilidade, mas possuem a necessidade de ter áreas externas pavimentadas, como pátios, estacionamentos, decks de piscinas e quintais, evitando os transtornos causados pela água acumulada nas superfícies impermeáveis, como enchentes, transmissão de doenças e perdas materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9781:2013 – Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio**. 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16416:2015 – Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos**. 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-3:2013 – Edificações habitacionais — Desempenho parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos**. 2013.

ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (pós-graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ALENCAR, Ana Carla Maia Ferreira. **Avaliação de piso drenante com a utilização de agregados reciclados**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ALVES PINTO, L.L.C. **O Desempenho de Pavimentos Permeáveis como Medida Mitigadora da Impermeabilização do Solo Urbano**. 2011. Tese (doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2011.

AZZOUT, Y., BARRAUD, S., CRES, F. N., ALFAKIH, E.; **Techniques alternatives en assainissement pluvial**. Paris: Technique et Documentation – Lavoisier. 372 p. 1994.

BARBASSA, Ademir; FONTES, Andrea. Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 137-147, 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v8n2.p137-147>.

BETTESS, R. **Infiltration drainage: manual of good practice (r156d)**. [S.L]: Ciria, 1996. 124 p.

BEZERRA, Manuela de Luna Freire Duarte. TAXA DE (IM) PERMEABILIDADE URBANA INTRA-LOTE: um olhar sob a legislação. **Revista Campo do Saber**, S.l., v. 1, n. 2, p. 26-43, jul 2015.

BRASIL. Índice da lei nº 2.615, de 8 de Dezembro de 2008. **Plano Diretor Democrático de Goianésia**: Edição Municipal, Goianésia, 2008.

BRATTEBO, Benjamin O.; BOOTH, Derek B.. Long-term stormwater quantity and quality performance of permeable pavement systems. **Water Research**, [S.L.], v. 37, n. 18, p. 4369-4376, nov. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0043-1354\(03\)00410-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0043-1354(03)00410-x).

CABRAL, Cristiano. **POR QUE UTILIZAR O PISO DRENANTE? CONHEÇA 6 VANTAGENS**. Disponível em: <https://blog.cristianocec.com.br/por-que-utilizar-o-piso-drenante-conheca-6-vantagens/>. Acesso em: 17 Nov. 2020.

CHANDRAPPA, Anush K.; BILIGIRI, Krishna Prapoorna. Pervious concrete as a sustainable pavement material – Research findings and future prospects: a state-of-the-art review. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 111, p. 262-274, maio 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.054>.

EPA, 1999. **Storm Water Technology Fact Sheet, Porous Pavement**. EPA 832-F-99-023 Office of Water, Washington, D.C. 1999.

FACH, S.; GEIGER, W. F.; DIERKES, C.. Development of an Assessment Procedure for Permeable Pavements. **Global Solutions For Urban Drainage**, [S.L.], p. 1-13, 5 set. 2002. American Society of Civil Engineers. [http://dx.doi.org/10.1061/40644\(2002\)76](http://dx.doi.org/10.1061/40644(2002)76).

FERGUSON, B. K., **Porous pavements**. Boca Raton: CRC Press, 2005.

GUIMARÃES P.O. **Pavimento com blocos intertravados de concreto: estudo de caso na univates**. Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2015

HUNT, Bill; STEVENS, Scott; MAYES, David. Permeable Pavement Use and Research at Two Sites in Eastern North Carolina. **Global Solutions For Urban Drainage**, [S.L.], p. 1-10, 5 set. 2002. American Society of Civil Engineers. [http://dx.doi.org/10.1061/40644\(2002\)39](http://dx.doi.org/10.1061/40644(2002)39).

INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE (ICPI), **Structural Design of Interlocking Concrete Pavement for Roads and Parking Lots**, 2011. http://www.icpi.org/sites/default/files/Tech_Spec_4_web.pdf.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. **Concreto: microestrutura propriedades e materiais**. 3ª Ed. I bracon, São Paulo, 2008.

MONTEIRO, Anna Carolina Neves. **Concreto poroso: Dosagem e desempenho**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

PARRA, Geovana Geloni; TEIXEIRA, Bernardo Arantes do Nascimento. Análise da permeabilidade e dos métodos de instalação de pavimentos permeáveis contidos em artigos científicos e em catálogos técnicos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S.L.], v. 3, n. 15, p. 142-157, 2 set. 2015. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. <http://dx.doi.org/10.17271/2318847231520151013>.

PRATT, C. J. Use of permeable, reservoir pavement constructions for stormwater treatment and storage for re-use. **Water Science And Technology**, [S.L.], v. 39, n. 5, p. 145-151, 1999. IWA Publishing. [http://dx.doi.org/10.1016/s0273-1223\(99\)00096-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0273-1223(99)00096-7).

RAIMBAULT, G.; ANDRIEU, H.; BERTHIER, E.; JOANNIS, C.; LEGRET, M. **Infiltration des eaux pluviales à travers les surfaces urbaines – Des revêtements imperméables aux structures-réservoirs**. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, mai/jun 2002. p. 39-50.

R. S., MORETTI; N. M., NISHIHATA. Estacionamento-parque: qualificação paisagística, Puc Campinas São Paulo, **Revista Técnica**, v. 9. Ago 2010.

RUSHTON, Betty. Enhanced Parking Lot Design for Stormwater Treatment. **Global Solutions For Urban Drainage**, [S.L.], p. 1-16, 5 set. 2002. American Society of Civil Engineers. [http://dx.doi.org/10.1061/40644\(2002\)12..](http://dx.doi.org/10.1061/40644(2002)12..)

SCHLÜTER, W.; SPITZER, A.; JEFFERIES, C. **Performance of three sustainable drainage systems in East Scotland**. International Conference on Urban Drainage Drainage – Global Solutions for Urban Drainage. Oregon, USA, 2002.

SILVA, Gustavo Barbosa Lima. **Avaliação Experimental Sobre a Eficiência de Superfícies Permeáveis com Vistas ao Controle do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas**. 2006. Tese (doutorado) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2006.

TARTUCE, R. GIOVANETTI, E. **Princípios Básicos sobre Concreto de Cimento Portland**. São Paulo. Pini/IBRACON, 1990.

TETRACON, **Piso Ecodreno**. Disponível em: www.tetraconind.com.br/produtos/piso-ecodreno/. Acesso em: 01 Nov. 2020.

TRENTIN, BIANCHI. **Capacidade de Armazenamento de Água de chuva do Pavimento Drenante**. Anap Brasil – Revista científica, São Paulo, v. 9, n.17, 2016.

TUCCI, C.E.M., **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3a edição. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2005.

URBONAS, B.; STAHERE, P., **Stormwater best management practices and detention**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.

UDFCD. **Drainage Criteria Manual (V. 3). Structural Best Management Practices**. Urban Drainage and Flood Control District, Denver. pp. S-13 – S-26. 2002.

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

YANG, J.; JIANG, G. **Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials**. Cement and Concrete, 2003.

ANEXO A – FOLHETO EXPLICATIVO TETRACON

ECODRENO

PERSONALIZE SEU PROJETO, CORES E FORMAS ESPECIAIS.

PISO ECODRENO TETRACON. TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL E UM ÓTIMO NEGÓCIO.

Para quem precisa de área permeável mas não pode abrir mão dos benefícios e da utilidade de um espaço pavimentado, o Ecodreno é a solução.

Ideal para áreas comerciais e residenciais com circulação de pessoas ou veículos:

- Decks
- Jardins
- Calçadas
- Estacionamentos
- Ciclovias

FORMATOS DISPONÍVEIS



HEXÁGONO SUSTURADO
23x33 CM



PLACA
30x30 CM



DALETOIN 76 PÁGOS
11x17 CM



RETOANGULAR
10x14 CM

AMBIENTAIS

- Permeabilidade alta: reduz escoamento superficial em até 100%;
- Reduz as enchurradas e minimiza os efeitos das enchentes;
- Restabelece as águas subterrâneas;

PARA A CONSTRUÇÃO

- Melhor utilização da área construída - pavimentada e também permeável;
- Alta resistência à abrasão e compressão - trânsito de veículos e pedestres;
- Antiderrapante - alta aderência em rampas;
- Maior conforto térmico - menor área de incidência solar devido à alta porosidade;
- Reaproveitamento em remoções e manutenções;
- Dispensa o uso de cimento e argamassa no assentamento.

VÁRIAS CORES DISPONÍVEIS



MARROM



VERMELHO



AMARELO



PRETO



CINZA

☎ 1621 3296-1550

☎ 1621 9.9984-9817

📷 @TETRACONIND 📺 TETRACONESTRUTURAS

TETRACONIND.COM.BR



TETRACON
Pisos Intermedios