CENTRO UIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS

UNIPAC BARBACENA
ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ VINÍCIUS DOS SANTOS CAMPOS

WALACE GUSTAVO COUTO

ASFALTO PERMEÁVEL: ANÁLISE SOBRE SUA VIABILIDADE COMO ALTERNATIVA NA MITIGAÇÃO DE ALAGAMENTOS EM ÁREA URBANA DE BARROSO-MG

BARBACENA
2021

JOSÉ VINÍCIUS DOS SANTOS CAMPOS
WALACE GUSTAVO COUTO

ASFALTO PERMEÁVEL: ANÁLISE SOBRE SUA VIABILIDADE COMO ALTERNATIVA NA MITIGAÇÃO DE ALAGAMENTOS EM ÁREA URBANA DE BARROSO-MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação de Engenharia Civil do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos – UNIPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Emanuel Bomtempo Matos

BARBACENA
2021

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, toda nossa família e nosso orientador, que deram todo o apoio para que possamos chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos ter dado força e coragem para vencer todos os obstáculos enfrentados durante o curso, que nos concedeu serenidade, empenho e carinho pela engenharia civil.

Ao nosso professor e orientador Emanuel, por ter acreditado na realização desse trabalho, pelos seus ensinamentos, amizade, conselhos e pela disponibilidade e sugestões que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos nossos pais, irmãos, amigos e familiares, que acreditaram e deram forças para que pudéssemos chegar até aqui, o momento no qual com certeza é um dos maiores de nossas vidas.

Agradecemos também a todos do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos, aos colegas de classe que foram companheiros durante toda essa jornada. Em especial agradecimento aos professores, que nos incentivaram a continuar lutando, sonhando e caminhando com coragem e garra durante esses cinco anos.

RESUMO

A crescente urbanização trouxe consigo o aumento de área impermeável nos centros urbanos. Como consequência houve também o aumento do número de alagamentos. Como possível solução para este problema surge a ideia de utilizar o asfalto permeável como uma alternativa. Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo geral fazer uma comparação relacionada aos custos dos asfaltos destinado a infiltração e a reservatório e discutir sobre sua viabilidade como alternativa na redução de alagamentos na Rua Daniel Pantaleão Ferreira, no centro de Barroso, em Minas Gerais, e propõe analisar a partir de uma abordagem comparativa suas vantagens em relação ao sistema convencional e também a viabilidade econômica. A partir de uma pesquisa exploratória e descritiva, com base em fontes primárias e secundárias com abordagem qualitativa e quantitativa dos dados, o estudo demonstra que a rua em estudo necessita de uma solução para os alagamentos recorrentes. O asfalto permeável se mostrou-se uma técnica eficiente no controle de alagamentos superficiais, trazendo para o município vantagens na segurança da via, no meio ambiente e no bem-estar dos comerciantes e dos cidadãos que ali residem.

Palavras-Chaves: Asfalto permeável. Enchentes. Drenagem Urbana. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The growing urbanization brought with it the increase of impermeable areas in urban centers. As a result, there was also an increase in the number of floods. As a possible solution to this problem, there is the idea of using permeable asphalt as an alternative. In this sense, this research has as general objective to make a comparison related to the costs of asphalts destined for infiltration and the reservoir and to discuss their viability as an alternative to reduce flooding at Rua Daniel Pantaleão Ferreira, in the center of Barroso, in Minas Gerais, and proposes to analyze from a comparative approach its advantages in relation to the conventional system and also the economic viability. From exploratory and descriptive research, based on primary and secondary sources with a qualitative and quantitative approach to the data, the text demonstrates that the street understudy needs a solution for recurrent flooding. Permeable asphalt proved to be an efficient technique to control surface flooding, bringing advantages to the city in terms of road safety, the environment, and the well-being of traders and citizens who live there.

Keywords: permeable asphalt. floods. urban drainage. sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema clássico de drenagem pluvial 12
Figura 2 - Sistema esquemático de asfalto poroso 14
Figura 3 - Nomenclatura dos componentes aplicada em pavimentos porosos 15
Figura 4 - Fluxograma para análise de viabilidade 16
Figura 5 - Aplicação da geomembrana 17
Figura 6 - Espalhamento de brita nº 3 18
Figura 7 - BGS e brita nº 3 compactada 18
Figura 8 - Execução dos dispositivos de drenagem (guias e sarjetas) 19
Figura 9 - Execução do concreto asfalto poroso (CPA) 19
Figura 10 - Diferentes tipos de pavimento com reservatório estrutural 21
Figura 11 - Esquema dos tipos de pavimentos permeáveis 22
Figura 12 - Infiltração da água em pavimento permeável 22
Figura 13 - Localidade da rua 25
Figura 14 - Local onde ocorrem os alagamentos 26
Figura 15 - Alagamento dia 30 de outubro de 2020 27
Figura 16 - Alagamento dia 28 de setembro de 2018 27
Figura 17 - Alagamento dia 13 de dezembro de 2018 28
Figura 18 - Alagamento dia 05 de janeiro de 2021 28
Figura 19 - Área da rua onde ocorrem os alagamentos 31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média de precipitação entre 2010 e 2020..... 26

Tabela 2 - Quantidade de chuva nos dias que houveram registros de alagamentos.....29

Tabela 3 - Custo para aplicação do pavimento poroso destinado a reservatório.....32

Tabela 4 - Custo para aplicação do pavimento poroso destinado a infiltração 32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9
2. DESENVOLVIMENTO 11
2.1. Drenagem urbana 11
2.2. Asfalto permeável: características construtivas 13
2.3. Operações para a implementação do asfalto permeável 16
2.4. Tipos de asfaltos permeáveis 19
2.5. Vantagens e desvantagens do asfalto permeável 22
2.6. Manutenção do revestimento poroso 24
3. ESTUDO DE CASO 25
3.1. Histórico de chuvas e alagamentos na rua daniel pantaleão ferreira 26
3.2. O que pode causar inundações, enchentes e alagamentos 29
3.3. Viabilidade de utilização do asfalto permeável 30
3.4. Análise estimada de custos 31
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 33

1 INTRODUÇÃO

O avanço da urbanização do século XX trouxe consigo o crescente número de vias pavimentadas, tais como ruas, avenidas e estacionamentos. E também um desequilíbrio das cidades, gerando impactos sociais, ambientais e econômicos. Devido aos problemas que se acentuaram nos últimos anos, como o mal planejamento da infraestrutura e o crescente descarte de resíduos em vias públicas, ocorreram cada vez mais o surgimento de inundações, alagamentos e enchentes (JABUR *et al*., 2015).

Para Cooper (2013) estas estruturas, sejam elas estacionamentos, ruas ou edificações, são responsáveis pelas alterações do ciclo hidrológico, erosão de pavimentos convencionais e aumento do escoamento superficial de águas pluviais devido à impermeabilização do solo. A crescente impermeabilização do solo associada ao uso sem planejamento racional e a ocupação de forma desordenada de áreas onde as enchentes são recorrentes e naturais (tais como as planícies de inundação de canais fluviais) têm prejudicado a infraestrutura das cidades, ampliando o quadro de insustentabilidade, e colocando em risco a vida de milhões de pessoas, sobretudo as que vivem em regiões de várzeas dos rios (TUCCI, 2003).

Sendo assim, tornou-se necessário o estudo sobre quais materiais relacionados a construção são capazes de minimizar os alagamentos e seus efeitos negativos nas áreas urbanas, em busca de soluções que tornem o meio ambiente urbano sustentável.

Discutir sobre a viabilidade da utilização de asfalto permeável como alternativa para a redução de alagamentos na rua Daniel Pantaleão Ferreira, no centro da cidade de Barroso-MG, justifica-se devido aos impactos na infraestrutura e trazem danos materiais para a população que ali reside durante a estação chuvosa.

Sendo assim, esta monografia estabeleceu como problema de pesquisa: seria viável a utilização de asfalto permeável como medida para redução de alagamentos na rua Daniel Pantaleão Ferreira, no centro da cidade de Barroso-MG? E como objetivo geral, avaliar se é viável economicamente a utilização deste pavimento permeável, fazendo uma comparação de custos entre seus dois tipos, e se ele realmente solucionaria o problema. Para alcançar o objetivo geral, os objetivos específicos serão conceituar drenagem urbana e asfalto permeável e apresentar suas características e método construtivo, apresentar o histórico de alagamentos e suas causas na rua em questão, analisar a possibilidade da utilização do asfalto permeável e seus custos, discutindo sua viabilidade.

Este estudo consiste em realização de uma pesquisa exploratória que, segundo Gil (2002), tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema a fim de torná-lo

explícito ou construir hipóteses por meio de levantamento bibliográfico e entrevistas. Também consiste na realização de pesquisa descritiva que, para Gil (2002), tem como objetivo descrever características de determinada população ou fenômeno. Sendo assim, os resultados serão apresentados de forma quantitativa e qualitativa, a partir da coleta de dados e informações de fontes primárias e secundárias, incluindo revisão bibliográfica. Como fontes de pesquisa, a fim de obter o referencial teórico necessário para fundamentar as análises e discussões, serão feitas pesquisas em livros, artigos e sites relacionados ao tema.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Drenagem Urbana

Todas as cidades precisam de sistemas de drenagem para que assim possam evitar que as águas pluviais se acumulem em um determinado ponto, causando alagamentos. Antes de sugerir possíveis soluções, precisa-se entender como surgiu o problema na drenagem urbana pluvial.

Segundo Silveira (1998), por meio da aplicação dos conceitos de higienismo[1] é que se iniciou a evolução da drenagem urbana no Brasil, observando-se a hegemonia da introdução de sistemas separadores absolutos. Por meio deste higienismo veio a melhoria das condições de conforto no meio urbano e também a redução de doenças causadas pela contaminação hídrica. De uma maneira geral, trouxe aprimoramentos na qualidade de vida (NASCIMENTO *et al.* 1999).

Segundo Braga (1994), a maioria dos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, teve nas últimas décadas um crescimento urbano com uma infraestrutura deficiente e isso teve como resultado o surgimento das inundações que são provenientes da rápida expansão da população urbana, falta de manutenção adequada dos sistemas de controle de cheias, inexistência de planos de longo prazo e da falta de conscientização do problema. A causa destes problemas de inundações e dos projetos custosos ou ainda sem viabilidade técnica-econômica são por falha em incorporar a drenagem na fase inicial do desenvolvimento urbano.

Tucci (2001) descreve que a drenagem urbana historicamente é serviço de competência do poder municipal, porém estes serviços não são organizados como entidades independentes, com autonomia gerencial e financeira, o que faz com que nas cidades brasileiras, ainda hoje, sejam realizados inúmeros projetos de drenagem urbana de águas pluviais sem que sejam levantados dados sobre impactos impostos para jusante da área drenada, aumentos de volume, vazão e poluentes. Com isso emergem três limitações: a falta de conhecimento sobre o sistema hidráulico implantado, o precário conhecimento do sistema de drenagem já construído, seu estado de conservação e suas condições e a inadequação das equipes técnicas e gerenciais responsáveis pelos serviços de drenagem pluvial. O autor ainda cita que, junto aos problemas

[1] Higienismo vem do verbo higienizar. O mesmo que: limpo, sanitizo, varro, apago, asseio, lavo, desempoo, desempoeiro, espano In: DICIO, Dicionário Online de Português. Aurélio, 2021. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/pesquisa.php?q=higienismo>. Acesso em: 13 de out de 2021.

mencionados, o desenvolvimento urbano brasileiro tem causado grande impacto na drenagem urbana e com isso vem aumentando a frequência e magnitude das inundações e deterioração ambiental.

O modelo de drenagem pluvial urbana tradicional é feito com um sistema de micro drenagem, onde as sarjetas recebem as águas pluviais e as direcionam para as bocas de lobos ou bueiros. Estes por sua vez têm a finalidade de direcionar as águas por meio de condutores até o sistema de macrodrenagem, que podem ser canais abertos e galerias enterradas ou até mesmo diretamente em rios e córregos. Este sistema é apresentado na FIG. 1, (BATISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Figura 1 - Sistema clássico de drenagem pluvial

Fonte: Jorcy Aguiar (2017).

Segundo Sheaffer e Wrigth (1982), os planos diretores de drenagem geralmente recomendam a construção de mais obras de canalizações e galerias, que acabam por sobrecarregar córregos e rios, causando inundações em locais que antes não ocorriam. Os autores ainda ressalvam que o plano de drenagem deve estabelecer alguns objetivos como reduzir o nível existente de danos por enchentes, reduzir progressivamente o risco de inundações onde estão expostas pessoas e propriedades, minimizar problemas de assoreamentos e erosões, controlar a poluição difusa e incentivar a coleta das águas das chuvas como alternativa para uso industrial, irrigação ou abastecimento.

Com os problemas de saúde pública e saneamento, junto com a conscientização ambiental surge o crescente interesse na descoberta e aplicação de tecnologias sustentáveis, o que pode proporcionar a criação de novas políticas para a definição de critérios para desenvolvimento de projetos, manutenções e operações dos sistemas de drenagem pluvial urbana (BRAGA, 1994).

Com base nas opiniões dos autores, é possível entender que o planejamento de drenagem é parte do processo de planejamento urbano. Nos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, estes sistemas não foram projetados para suportar a crescente expansão da população urbana. Além disso, Sheaffer e Wrigth (1982), Braga (1994) e Tucci (2001) entram em concordância ao enfatizar que os munícipios e seus planos diretores acabam por serem responsáveis na causa das inundações, pois falham ao ter precário conhecimento de seus sistemas de drenagem e de sua situação e também não fazem os corretos levantamentos de dados sobre os impactos de uma nova construção de obras de canalização ou galeria.

2.2 Asfalto permeável: características construtivas

Segundo S. Pinto e L. Pinto (2015), o asfalto é um material aglutinante de cor preta a castanho-escuro, que possui uma consistência variável, onde sua forma se liquefaz quando aquecido. Seu elemento de maior predominância é o betume, que é uma mistura de hidrocarbonetos pesados que podem ser originados pela refinação do petróleo, onde passam por diversos processos físicos e químicos, o que o torna um material com poder aglutinante e impermeabilizante, sendo de forma integralmente solúvel no bissulfeto de carbono (CS_2).

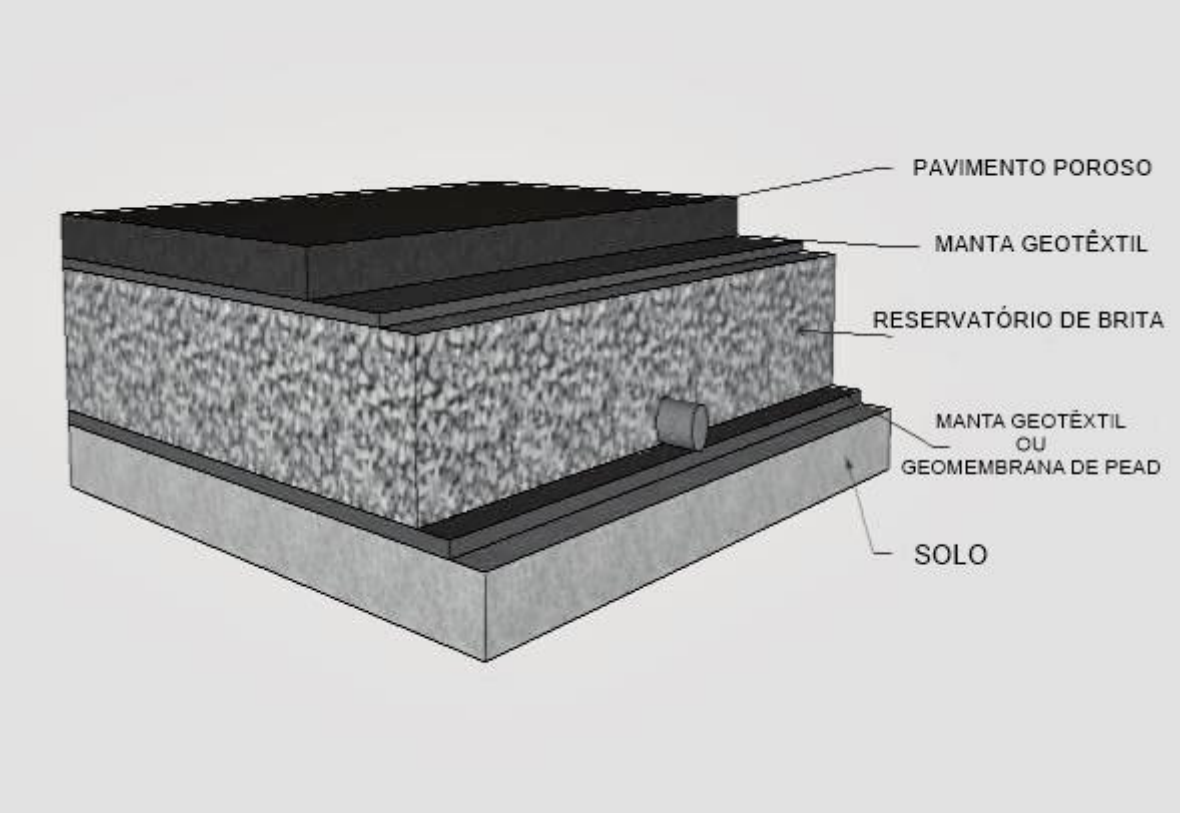
Para Urbonas e Stahre (1993), o asfalto poroso é preparado de forma similar aos pavimentos convencionais. A diferença básica é que no asfalto poroso são retirados os agregados finos (partículas menores que 600 mícrons, ou seja, peneira número 30), assim fazendo com que haja porosidade necessária para a infiltração da água da chuva. Virgillis (2009) ainda complementa que pode ser aplicado sobre o leito ou até mesmo sobre o pavimento existente, desde que seja realizada a impermeabilização e regularização da superfície, sem deixar que existam depressões maiores que 1cm, a fim de evitar a formação de bacias que podem promover o acúmulo de água entre o revestimento e o pavimento. A regularização deve provocar uma declividade transversal adequada e também prevê a utilização de dispositivos que possam intensificar a saída da água do interior para os dispositivos de drenagem (VIRGILLIS, 2009).

O pavimento permeável tem uma infraestrutura sustentável, pois promove a restauração hidrológica e controle da poluição difusa (SANSALONE *et al.*, 2012). Além disso, é um instrumento urbano de infiltração, pois permite que a água escoada pela superfície seja absorvida em parte ou totalidade por suas camadas, tendo como destino um reservatório de brita com granulometria uniforme, constituída sobre o subleito (terreno natural). A partir deste

reservatório a água pode ser conduzida para um ponto de captação ou ser absorvida pelo subsolo, dependendo da sua capacidade de permeabilidade (BRATEZIN, 2013).

A água armazenada no reservatório, que é preenchido apenas com brita subjacente (denominado de "leito de recarga"), é lentamente liberada para o solo (FIG. 2). Há a utilização de uma manta geotêxtil entre o reservatório de brita e o solo, com o objetivo de drenar e filtrar a água e evitar que ela passe pelo solo local. Em alguns casos, utiliza-se a manta geotêxtil entre o asfalto poroso e o reservatório de brita, com o objetivo de "proteger" todo o reservatório de brita (FASSMAN; BLACKBOURN, 2010).

Figura 2 - Sistema esquemático de asfalto poroso



Fonte: Marchioni e Silva (2011), adaptado pelos autores.

Segundo Virgillis (2009), os pavimentos porosos são constituídos dos mesmos componentes dos convencionais. Poucos pavimentos possuem todos os componentes listados e definidos na FIG. 3. Cada pavimento apresenta uma combinação que atenda sua necessidade.

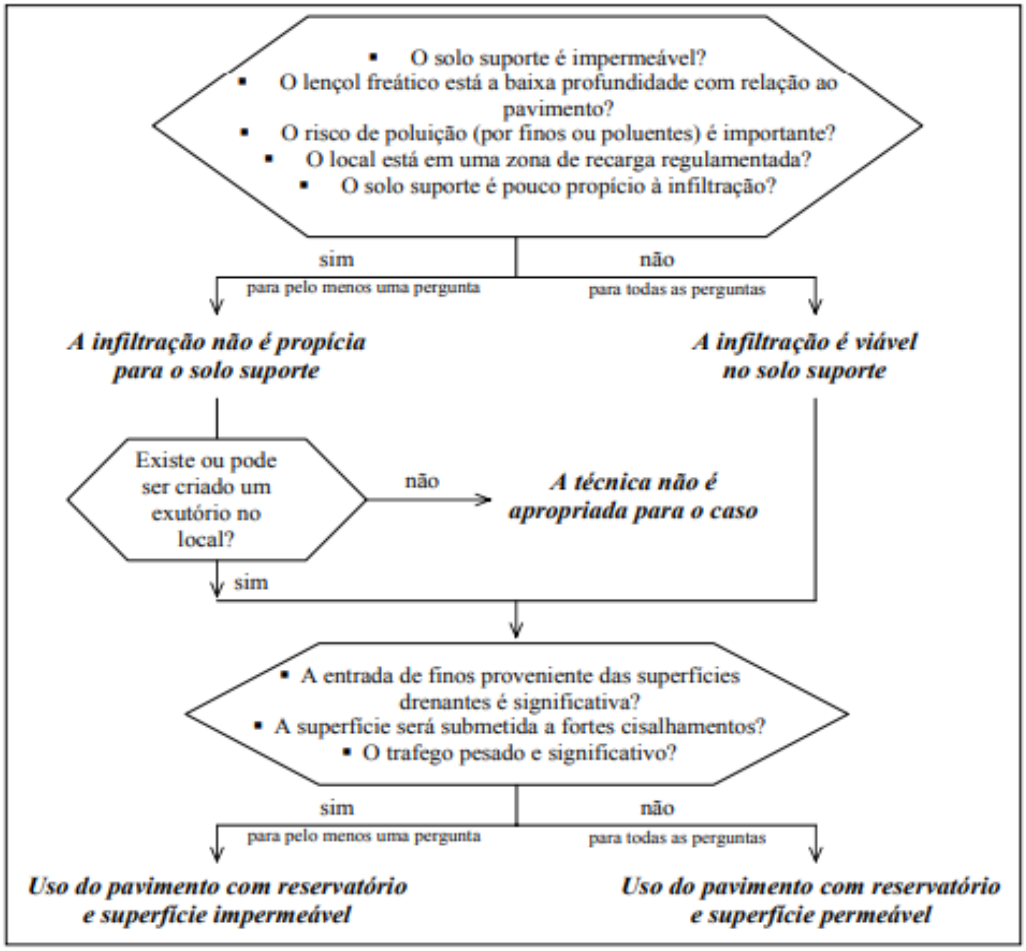
Figura 3 - Nomenclatura dos componentes aplicada em pavimentos porosos

Termologia aplicada a Pavimentos Porosos	
Termologia	**Definição**
Camada de Base	Camada colocada abaixo da superfície de revestimento para aumentar a espessura do pavimento. Pode ser simplismente chamada de base.
Camada	Espaço ocupado entre dois tipos de materiais na estrutura do pavimento.
Camada Filtrante	Qualquer camada entre outras ou entre o pavimento e o subleito que detenha a migração de partículas para os vazios da camada subjacente.
Geomembrana	Tecido impermeável geralmente plástico ou Polietileno de Alta Densidade (PEAD) utilizada em sistemas impermeabilizantes.
Geotêxtil	Manta não tecida de filamentos de polipropileno que possibilita a livre passagem das águas de infiltração para o meio drenante.
Pavimento	Qualquer tratamento ou cobertura na superfície que suporte qualquer tipo de tráfego.
Sobrecamada	Camada aplicada sobre qualquer tipo de pavimento preexistente.
Estrutura do Pavimento	Combinação de camadas de materiais colocadas sobre o subleito que possibilitam o suporte mecânico do pavimento.
Reservatório	Qualquer parte do pavimento com capacidade de estocagem ou condutividade de água. O reservatório pode ser sobreposto ou combinado com outras camadas do pavimento. Também chamado de Reservatório de Base Camada Drenante ou Colchão Drenante
Sub-base	Camada colocada abaixo da base a fim de aumentar a espessura do pavimento.
Subleito	Solo natural ou reforçado abaixo da estrutura do pavimento, responsável pela absorção em última instância dos carregamentos.
Revestimento	Camada do pavimento que recebe diretamente a carga de tráfego.

Fonte: Virgillis (2009).

Segundo Acioli (2005), são necessários alguns estudos antes da aplicação do pavimento poroso. Estes devem apresentar as características do local de implantação, apresentando a topografia, vegetação, áreas a serem drenadas, redes de água e esgoto, dentre outros; características do solo subjacente, apresentando a taxa de infiltração, capacidade de carga e comportamento; estudos hidrogeológicos, onde são identificadas as características do lençol freático; e estudos hidrológicos, onde são apresentadas as características pluviométricas e possíveis áreas de armazenamento d'água. Assim permite-se determinar se o pavimento permeável é a alternativa mais adequada e, em caso positivo, os estudos tem influência direta na escolha do tipo de reservatório que será adotado, conforme FIG. 4.

Figura 4 - Fluxograma para análise de viabilidade



Fonte: Acioli (2005).

2.3 Operações para a implementação do asfalto permeável

Virgillis (2009) destaca alguns procedimentos para a implantação do asfalto permeável:

a) Locação da obra: a partir de um projeto geométrico e o levantamento planimétrico cadastral, obtém-se coordenadas conhecidas para escolher um ponto de partida para a locação. Determinam-se também os pontos principais projetados, posicionando-os com suas devidas estacas e cotas;
b) Serviços preliminares: é feita a retirada de camada vegetal com retroescavadeira ou outro equipamento apropriado. Caso a superfície seja concretada, é feita a demolição e retirada do entulho, descartando em local apropriado;
c) Abertura de caixa e preparo do subleito: são utilizadas escavadeiras para fazer a escavação até a cota predeterminada. Após é feito o serviço de terraplanagem, compactação e acabamento final com rolo liso;

d) Colocação da manta impermeável: A colocação desta manta sujeita-se ao tipo de projeto. Caso seja para fins de armazenamento e detenção, se faz necessária a utilização da geomembrana de polietileno de alta densidade – (PEAD) (FIG. 5);

Figura 5 - Aplicação da geomembrana

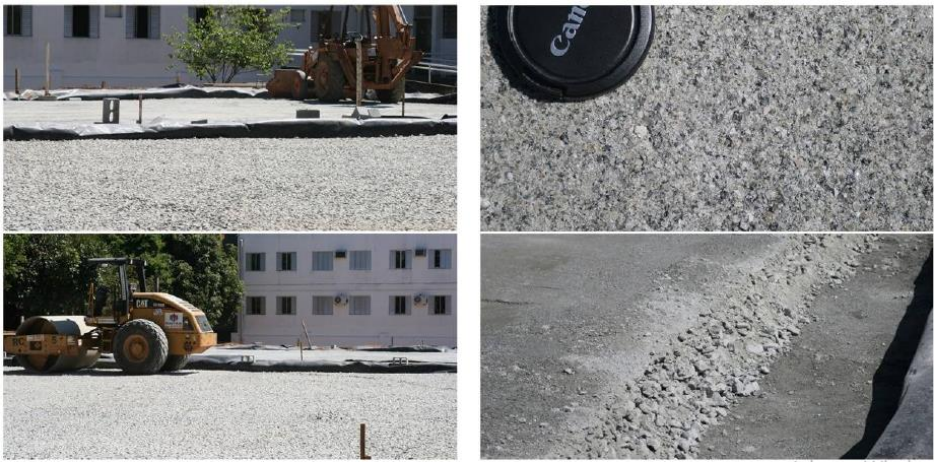
Fonte: Virgillis (2009).

e) Execução das camadas de base e sub-base drenante: Para reservatórios onde ocorrerá a infiltração diretamente para o solo é colocada uma manta geotêxtil sobre o subleito e acima uma camada de pó de pedra. Já no caso de reservatório voltado para armazenamento é necessário executar sobre o PEAD uma camada com 5cm de areia fina e 5cm de pó de pedra. A partir da camada de pó de pedra, é executada uma camada de macadame hidráulico utilizando a brita nº 3. Acima do macadame hidráulico pode-se utilizar uma camada de brita graduada simples – (BGS) (FIG. 6 e FIG. 7);

Figura 6 - Espalhamento de brita nº 3

Fonte: Virgillis (2009).

Figura 7 - BGS e brita nº 3 compactada



Fonte: Virgillis (2009).

f) Execução dos dispositivos de drenagem: Para que ocorra uma boa captação são construídas as guias e sarjetas, com o objetivo de fazer um direcionamento da água para as bocas de lobo que são executados no ponto mais baixo da superfície (FIG. 8);

Figura 8 - Execução dos dispositivos de drenagem (guias e sarjetas)

Fonte: Virgillis (2009).

g) Colocação da manta filtrante: Para um bom funcionamento do pavimento permeável, utiliza-se uma manta filtrante, normalmente a manta geotêxtil de polietileno tem a função de filtrar a água e bloquear a passagem de grãos finos para a camada inferior;
h) Execução do asfalto poroso: É a última camada nomeada de concreto asfáltico poroso (CPA). Por ser a parte mais importante do pavimento, requer a utilização de mão de obra qualificada e deve-se ter cuidados tanto na produção como no transporte e aplicação para que assim possa obter o desempenho máximo da permeabilidade (FIG. 9).

Figura 9 - Execução do concreto asfáltico poroso (CPA)

Fonte: Virgillis (2009).

2.4 Tipos de asfaltos permeáveis

Segundo BRATEZIN (2013, p. 20): “o asfalto permeável é uma estrutura que possui a passagem de água e ar pelas camadas, facilitando a absorção da totalidade ou grande parte da

água proveniente das chuvas". É conhecida como estrutura de reservatório, pois possui uma estrutura porosa de onde vem sua denominação (RAIMBAULT *et al.*, 2002).

Para Raimbault *et al*. (2002), os asfaltos permeáveis possuem algumas funções em sua estrutura, tais como:

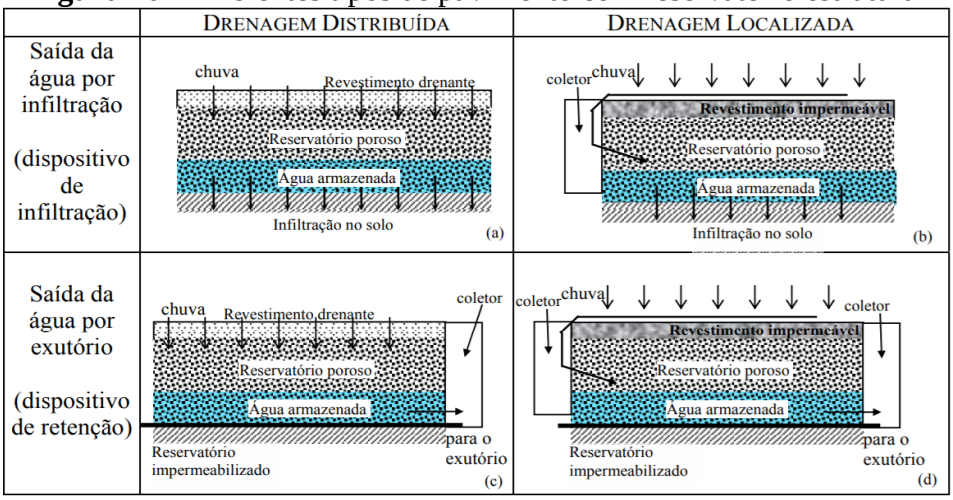
a) Função Mecânica, que permite a resistências de forças como a compressão exercida pelos automóveis;
b) Função hidráulica, pois esse dispositivo permite, devida porosidade dos materiais em sua composição, a infiltração e retenção temporária da água e posteriormente a drenagem por um ponto de captação ou infiltração pelo solo do subleito.

Os pavimentos permeáveis possuem o funcionamento hidráulico baseado nas seguintes questões, segundo Azzout *et al*. (1994):

a) Entrada instantânea da água na estrutura do pavimento. Essa entrada pode ser feita de forma local (por meio de boca de lobo ou drenos laterais), ou distribuídas (por meio da estrutura porosa permite a penetração da água);
b) Estocagem de parte do volume de água escoada superficialmente pela camada de base mista que atua como reservatório (camada de brita com granulometria uniforme);
c) Evacuação da água para um ponto de saída como infiltração no solo ou captação integrada ao sistema de drenagem convencional de forma lenta ou a combinação das duas formas.

Para Azzout *et al*. (1994), os pavimentos permeáveis são classificados em quatro (4) tipos: destinado a infiltração parcial, infiltração total, infiltração para controle da água e reservatório. Para eles, o pavimento pode possuir revestimento drenante ou impermeável, tendo ainda a função de infiltração ou apenas de armazenamento. A FIG. 10 a seguir ilustra os quatros tipos de pavimentos com reservatório em sua estrutura.

Figura 10 - Diferentes tipos de pavimento com reservatório estrutural

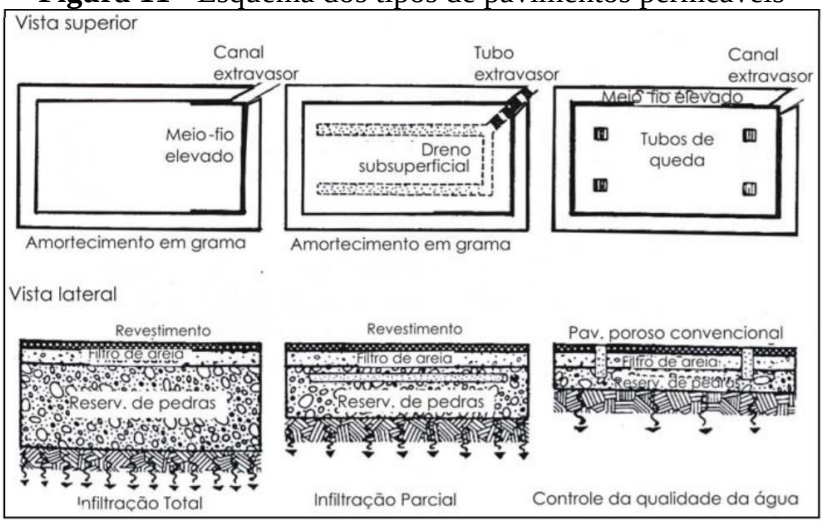


Fonte: Azzout et. al. (1994).

Para Schueler (1987), o projeto de pavimento classifica-se em três categorias básicas, que se diferenciam pelo armazenamento da água provida pelo reservatório e pela sua capacidade de infiltração pelo solo conforme a FIG. 11. São classificadas em:

a) **Sistema de infiltração total**: Seu único meio de escoamento é pela infiltração no solo. Sendo assim, o reservatório de pedras deve ser grande o suficiente para suportar o volume de água da chuva de projeto menos o volume que é infiltrado durante o período da chuva, para que o sistema promova com garantia o escoamento do volume de pico do projeto;
b) **Sistema de infiltração parcial**: Para Scarati Martins (2006), o sistema deve ser utilizado em casos em que o solo não possui uma taxa de infiltração boa. Portanto, na parte superior deste sistema, devem ser utilizadas tubulações furadas espaçadas regulamente. Esse sistema coleta o escoamento que não seria contido no reservatório de pedras, levando a um escoamento central. O dimensionamento desse sistema deve ser projetado a suportar no mínimo uma chuva de dois anos de tempo de retorno;
c) **Sistema de infiltração para controle da qualidade da água:** É utilizado somente para coletar o fluxo inicial das chuvas, pois possui uma grande concentração de poluentes. Os volumes em excessos não são captados pelo sistema, sendo drenados para um coletor de água pluvial.

Figura 11 - Esquema dos tipos de pavimentos permeáveis



Fonte: Schueler (1987).

2.5 Vantagens e desvantagens do asfalto permeável

O asfalto permeável traz grandes vantagens, como a melhoria no conforto com a diminuição de enchentes, enxurradas e alagamentos em fortes chuvas, na segurança, já que com a diminuição de poças de água traz mais aderência dos veículos nas vias, evitando o efeito aquaplanagem, melhoria da qualidade da água nos aquíferos pelo sistema de infiltração, a possibilidade de capitação e posteriormente reutilização da água, e viabiliza a redução do escoamento superficial das águas pluviais (FIG. 12).

Figura 12 - Infiltração da água em pavimento permeável

Fonte: Civilização Engenharia (2020).[2]

[2] Disponível em: <https://civilizacaoengenheira.wordpress.com/2020/07/07/a-utilizacao-do-pavimento-permeavel-vantagens-e-desvantagens-tendo-em-perspectiva-a-sua-eficacia-na-drenagem-das-cidades-em-meio-as-questoes-ambientais/>. Acesso em: 13 de out de 2021

Para Tucci (2003), o asfalto permeável torna-se uma medida para solucionar problemas como enchentes e inundações em centros urbanos, o que gera benefícios para a população e para o meio ambiente. Ciria (1996) lista as principais vantagens:

a) Com a maior infiltração no solo, diminui as chances de inundações que ocorreriam pelo excesso do volume de água que entraria na rede de drenagem convencional;
b) O sistema de infiltração pode ser usado em locais que não existe rede de drenagem;
c) Os dispositivos de infiltração diminuem uma grande porcentagem dos impactos hidrológicos da urbanização;
d) Facilidade na construção dos dispositivos de infiltração, sendo simples e rápida;
e) A rede de drenagem não fica sobrecarregada, evitando o dispêndio com a ampliação da rede;
f) O aquífero pode aumentar seu volume com o escoamento superficial, quando sua qualidade não comprometer a água subterrânea;
g) Seu custo durante sua vida útil pode ser menor que o sistema convencional.

Segundo Epa (1999), algumas das vantagens são o tratamento da água, diminuição da necessidade de meios-fios e canais de drenagem, diminuição de derramamento em vias pela infiltração da água e é um dispositivo de drenagem que não necessita de espaço exclusivo na obra.

Nota-se que são várias as vantagens provenientes do asfalto permeável. Vale ressaltar também algumas desvantagens nesse sistema. Para Epa (1999), seguem algumas dessas desvantagens:

a) Falta de engenheiros que fazem perícias relacionadas a essa tecnologia;
b) Se esse dispositivo for mal instalado pode acarretar em futuros problemas, como a perca de resistência;
c) Existe um risco considerável de falha pela colmatagem[3];
d) Risco de contaminação do aquífero pela condição do solo e da suscetibilidade do aquífero.

[3] Ato ou efeito de colmatar, de atulhar, de preencher os desníveis de um terreno com terra ou detritos; atulhamento. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Aurélio, 2021. Disponível em: < https://www.dicio.com.br/colmatagem/>. Acesso em: 13 de out de 2021.

2.6 Manutenção do revestimento poroso

Segundo Virgilis (2009), o processo de manutenção do revestimento é um conjunto de operações necessárias para que o asfalto conserve ao longo do tempo e mantenha suas características como drenante.

Para Gal (1992) os pavimentos porosos podem perder sua permeabilidade devido aos problemas de tráfego ou outros fatores como:

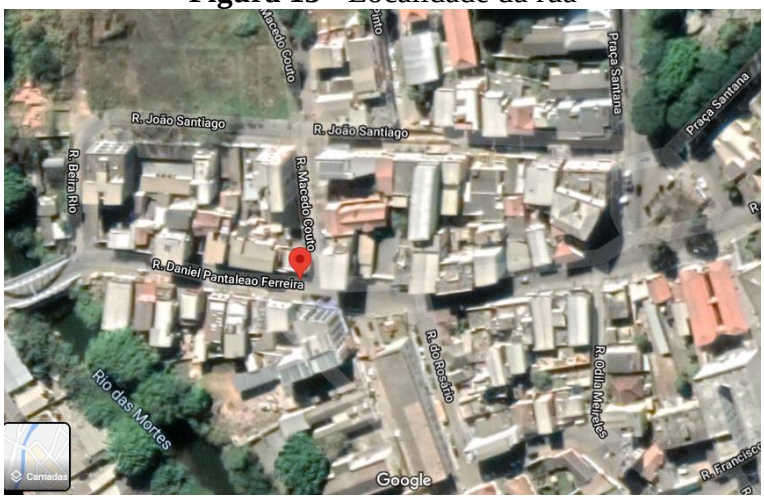
a) **Colmatação:** dependendo da intensidade de tráfego ou região, podem haver depósitos de material pulverulento (partículas com diâmetro inferior a 0,075mm) que podem acabar preenchendo os vazios do asfalto. Neste caso a manutenção começa pelo processo de limpeza com vassouras a seco ou úmida sem pressão, após é feita a secagem da parte superior da estrutura, regulagem e orientação dos jatos d'água e aspiração (PARIANT, 1992).
b) **Defeitos localizados:** quando há alguma degradação ou defeito localizado, como buracos com áreas menores que 0,5m², a correção pode ser feita com o asfalto convencional. Apesar de ser uma estrutura diferente, a mistura não apresentará prejuízo no caráter drenante do revestimento como um todo (CAMPOS, 1998).
c) **Defeitos extensos:** para correção de alguma degradação com área maior, deve-se utilizar a mistura betuminosas com características similares ao revestimento poroso para evitar descontinuidades no interior da camada (FAURE, 1998).
d) **Recuperação do fim da vida útil:** ao final da vida útil**,** a manutenção normalmente se faz pela superposição de uma camada de reforço sobre a superfície existente, mas para isso deve-se avaliar as consequências de sobrepor uma camada aberta, densa ou porosa. O Catálogo de Estruturas Francês, Setra (1993), recomenda duas possibilidades quando o pavimento poroso chega na sua vida útil, são eles:
    - Fresagem: substituição do revestimento por uma camada drenante nova;
    - Tratamento superficial e impermeabilização do revestimento antigo e após é feita a imposição de uma nova camada porosa.

3 ESTUDO DE CASO

Barroso é um município do estado de Minas Gerais, localizado na mesorregião Campo das Vertentes e microrregião de Barbacena. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2021), possui aproximadamente uma população de 20.981 pessoas.

A rua escolhida para estudo sobre a aplicação do asfalto permeável é a rua Daniel Pantaleão Ferreira, que está localizada no centro da cidade (FIG. 13 e FIG. 14). Vale ressaltar que esta rua foi escolhida por apresentar histórico de alagamentos e reincidência no decorrer dos últimos anos, o que vem prejudicando comércios e trânsito, causando o descontentamento da população e trazendo prejuízos em móveis e imóveis de pessoas que ali residem e transitam.

Figura 13 - Localidade da rua



Fonte: Google Maps (2021).

Figura 14 - Local onde ocorrem os alagamentos

Fonte: Google Maps (2021), adaptado pelos autores.

3.1 Histórico de chuvas e alagamentos na rua Daniel Pantaleão Ferreira

Fez-se uma pesquisa pelo site da ANA (Agência Nacional das Águas), onde foi possível extrair os dados sobre as precipitações que ocorreram na cidade de Barroso. Por meio dos dados é possível calcular a média de precipitação por mês e a média de precipitação máxima que ocorre em um determinado dia do mês.

Ao serem consultados os dados sobre o histórico de chuvas, filtrando apenas os meses mais chuvosos, nos quais já ocorreram inundações na rua em estudo, obteve-se dados de setembro de 2010 a fevereiro de 2020 pela estação pluviométrica 02143006, que está localizada na rua Severino Rodrigues, próximo a Ponte do Arco e ao ponto de alagamento. Por meio dos dados conseguiu-se calcular as médias de precipitações de cada mês durante este período e também a média de precipitação máxima no dia mais chuvoso de cada mês, como mostradas na TAB. 1.

Tabela 1 - Média de precipitação entre 2010 e 2020

Mês	Prec. média em (mm) 2010 a 2020	Média da prec. máxima em um dia (mm)
Setembro	53,83	24,54
Outubro	99,47	34,58
Novembro	208,74	51,2
Dezembro	239,01	55,03
Janeiro	234,05	58,69
Fevereiro	180,78	52,6

Fonte: Os Autores (2021) com base em ANA (2021).

Relatos foram registrados nos principais jornais da cidade e também por comerciantes locais reportando os alagamentos ocorridos, alguns deles prejudicando o tráfego urbano como também os comerciantes e toda a população residente, os impedindo de saírem de suas casas. As FIGURAS 15 a 18 evidenciam alagamentos ocorridos na rua em questão nos anos de 2018, 2020 e 2021.

Figura 15 - Alagamento dia 30 de outubro de 2020

Fonte: TV Barroso Regional (2020)

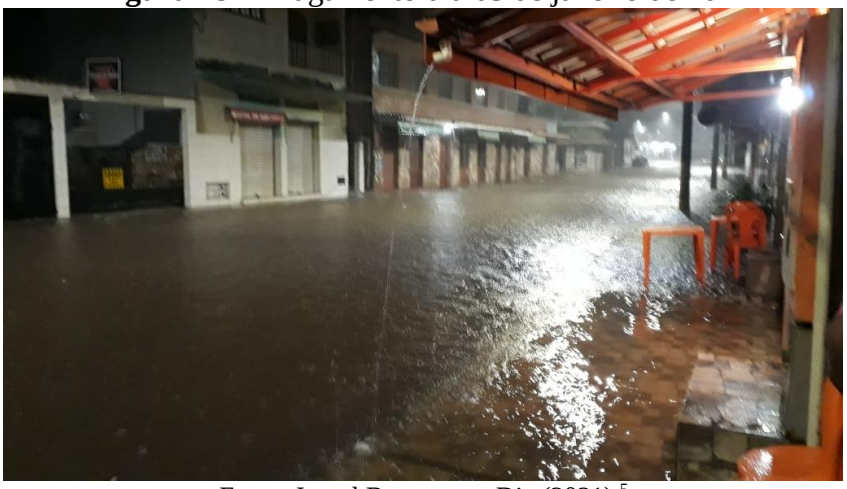
Figura 16 - Alagamento dia 28 de setembro de 2018.

Fonte: Acervo pessoal de Palomah Greicy (2018).

Figura 17 - Alagamento dia 13 de dezembro de 2018

Fonte: Jornal Barroso em Dia (2018).[4]

Figura 18 – Alagamento dia 05 de janeiro de 2021



Fonte: Jornal Barroso em Dia (2021).[5]

Reforçados pelos registros da população que reside ou trabalha em comércios na rua Daniel Pantaleão Ferreira e também em jornais locais, de acordo com a ANA pela estação

[4] Disponível em: <https://barrosoemdia.com.br/destaque/alagamento-no-centro-mesma-rua-mesmos-problemas/>. Acesso em: 19 de out de 2021.

[5] Disponível em: < https://barrosoemdia.com.br/destaque/chuva-forte-dos-ultimos-dias-causa-estrago-em-alguns-pontos-de-barroso/>. Acesso em: 19 de out de 2021.

02143006, é apresentado na TAB. 2 a seguir o total precipitado nos dias em que houveram alagamentos.

Tabela 2 - Precipitação nos dias que houve registros de alagamentos

Data	Chuva (mm)
09/11/2015	78,5
22/02/2016	92
03/12/2017	44,3
28/09/2018	63
13/12/2018	55,7
30/11/2019	44,2

Fonte: Os Autores (2021) com base em ANA (2021).

Houveram outros alagamentos durante o período em estudo, porém não se sabe a data exata por não terem sido encontrados registros. Para os alagamentos que ocorreram a partir de setembro de 2020 não é possível determinar a quantidade de chuva, pois os dados não constam no sistema de informações hidrológicas obtido pelo site da ANA.

Para se obter um resultado exato de qual volume de água os sistemas de drenagens suportam, é necessário um estudo para calcular o tempo de chuva, a intensidade pluviométrica, vazão total do perímetro de estudo da bacia, capacidade de infiltração do solo e vazão do sistema de drenagem. Porém por meio dos registros e dos dados fornecidos pelas TABELAS 1 e 2 podemos supor que nos dias em que ocorrem chuvas convectivas (chuvas de curta duração e alta intensidade) com a precipitação acima de 44 mm há possibilidade de ocorrer os alagamentos e que eles teriam mais frequência entre os meses de novembro a fevereiro.

3.2 O que pode causar inundações, enchentes e alagamentos

Em condições normais, a água é retida pela vegetação local, infiltrando no solo ou escoando sobre os terrenos até chegar em rios, córregos e mar. Com o aumento populacional e a realização de construções desordenadas, faz com que a água não possua esses caminhos naturais, causando inundações, enchentes ou alagamentos.

De acordo com Tucci (2001), à medida que a urbanização evoluiu, trouxe grandes impactos para a sociedade, pois com o aumento de áreas impermeáveis, houve o aumento da vazão máxima e do escoamento superficial e isso gera um aumento de pico de vazão de água,

que consequentemente traz uma sobrecarga no sistema de drenagem pluvial. Outras causas são os aumentos de sedimentos devido ao acumulo de resíduos sólidos disposto de maneira inadequada, afetando diretamente os sistemas de microdrenagem e macrodrenagem, os ligamentos clandestinos de esgoto cloacal e pluvial e também a realização de projetos de drenagem inadequadas.

3.3 Viabilidade de utilização do asfalto permeável

Segundo Wanielista e Yousef (1993), para se obter um plano de drenagem urbana completo é necessário compreender o levantamento das características físicas da bacia de drenagem, formular planos alternativos para controle e correção do sistema de drenagem e fazer a análise da viabilidade técnica, econômica, aspectos sociopolíticos e ambientais.

Segundo Pinto (2011), há uma importante contribuição no aspecto sustentável, pois o asfalto permeável tem a capacidade de reter poluentes, amenizar a erosão do solo urbano e reduzir a demanda pelos sistemas de captação de drenagem, possibilitando uma melhor qualidade da água no reabastecimento hídrico.

Quanto a manutenção, acrescentando aos custos de implantação, comparado ao asfalto convencional, o asfalto permeável pode ser mais econômico durante toda sua vida útil, pois não apresenta necessidade de constantes investimentos com sistema de drenagem urbana em obras como bocas de lobo, sarjetas, guias e galerias de drenagem (COOPER, 2013).

Por ser um pavimento que consegue controlar a lâmina d'água sobre a superfície, o asfalto permeável proporciona mais segurança, pois permite que o atrito do pneu com o pavimento seja maior, garantindo a redução de incidências de derrapagens e menor tempo de frenagem (PINTO, 2011).

Visando a aplicação do asfalto permeável em Barroso – MG surgem alguns problemas que acabam por ter relação com algumas de suas desvantagens, como a falta de engenheiros peritos, falta de usinas que tenham um profissional que conheça o traço do asfalto e falta de mão de obra qualificada, isso pode ser justificado por este método construtivo não ser usual na região, visto que a região da cidade é uma região montanhosa e em terrenos acidentados sua aplicação não apresenta um resultado satisfatório.

Contudo, o pavimento de asfalto permeável apresenta-se como uma alternativa de drenagem sustentável por ter boa correlação com o espaço urbano e controlar o escoamento

superficial, reduzindo diversos impactos socioambientais e econômicos, tornando-o como uma prática viável (BEUX *et al*., 2015).

3.4 Análise estimada de custos

Para um levantamento de custos é necessário obter a área da rua e custos com o material, mão de obra, operação e manutenção. Para obter a área da rua utilizou-se de uma ferramenta da plataforma Google Earth e foi traçada uma polilinha na rua em estudo, conforme possível a visualização na FIG. 19.

Figura 19 - Área da rua onde ocorrem os alagamentos

Fonte: Google Earth (2021), adaptado pelos autores.

Com a área aproximada definida, é possível definir um custo estimado com base nos valores apresentados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices - SINAPI, referência em agosto de 2021. Por se tratar de uma estimativa, os custos com manutenção não serão levados em conta, visto que estão interligados com a vida útil do asfalto.

Os custos unitários apresentados na TAB. 3 podem sofrer variações dependendo do momento de execução. Não estão sendo considerados os custos com terraplanagem, escavação e mão de obra, visto que estão diretamente associados a quantidade de horas trabalhadas e também seriam os mesmos para os dois tipos de asfaltos, não afetando na diferença de custos entre eles.

As espessuras das camadas de brita, pó de pedra, areia fina, são respectivamente 30 cm, 5 cm e 5 cm, estas são baseadas no estudo de Virgillis (2009), onde são apresentadas as

operações para implementação do asfalto permeável. Já a espessura do asfalto permeável foi considerada pela tabela SINAPI pois a mesma apresenta o valor unitário do asfalto em metros quadrado considerando a espessura de 6cm.

Na TAB. 3 a seguir são apresentados os custos aproximados para a aplicação do pavimento poroso destinado a reservatório.

Tabela 3 - Custo para aplicação do pavimento poroso destinado a reservatório

Pavimento poroso destinado a reservatório				
Camada	**Unidade**	**Quantidade**	**Valor unitário**	**Valor total**
asfalto permeável (6 cm)	m²	2027	R$ 80,54	R$ 163.254,58
Manta geotêxtil	m²	2027	R$ 19,18	R$ 38.877,86
Brita n. 3 (30 cm)	m³	608,1	R$ 81,88	R$ 49.791,23
Pó de pedra (5 cm)	m³	101,35	R$ 81,83	R$ 8.293,47
Areia fina (5 cm)	m³	101,35	R$ 76,67	R$ 7.770,50
Geomembrana (PEAD)	m²	2027	R$ 35,23	R$ 71.411,21
Total				R$ 339.398,85

Fonte: Os autores com base em SINAPI com referência a agosto de 2021.

Na TAB. 4 são apresentados os custos aproximados para a aplicação do pavimento poroso destinado a infiltração considerando a mesma espessura das camadas da tabela anterior.

Tabela 4 - Custo para aplicação do pavimento poroso destinado a infiltração

Pavimento poroso destinado a infiltração				
Camada	**Unidade**	**Quantidade**	**Valor unitário**	**Valor total**
Asfalto permeável (6 cm)	m²	2027	R$ 80,54	R$ 163.254,58
Manta geotêxtil	m²	2027	R$ 19,18	R$ 38.877,86
Brita n. 3 (30 cm)	m³	608,1	R$ 81,88	R$ 49.791,23
Pó de pedra (5 cm)	m³	101,35	R$ 81,83	R$ 8.293,47
Manta geotêxtil	m²	2027	R$ 19,18	R$ 38.877,86
Total				R$ 299.095,00

Fonte: Os autores com base em SINAPI com referência a agosto de 2021.

Por meio das pesquisas de custos podemos concluir que o pavimento poroso destinado a infiltração na questão financeira torna-se mais viável se comparado ao destinado a reservatório apresentando um custo de aproximadamente 12% a menos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a falta de planejamento urbano durante a crescente urbanização e aumento da impermeabilização do solo, vieram algumas consequências negativas como danos ao meio ambiente e à sociedade. Com isso há uma necessidade de incentivar e implantar a inovação pois nos dias atuais é importante a implementação de materiais que visam trazer melhorias no aspecto da sustentabilidade.

O asfalto permeável torna uma opção viável para combater futuros alagamentos na rua Daniel Pantaleão Ferreira, visto que apresenta uma contribuição sustentável ao conseguir reter lixos e poluentes a fim de evitar a erosão. Também economiza com gastos em manutenção no sistema de bocas de lobo, pois consegue exercer a drenagem de maneira satisfatória, tem a capacidade de recarregar o lençol freático com melhora na qualidade da água, aumenta a área permeável, garante a segurança na via e evita o descontentamento dos moradores e comerciantes locais.

Vale ressaltar que uma das desvantagens do asfalto permeável está no critério de resistência, pois é um material para tráfego de veículos leves e, se submetido a veículos pesados, pode sofrer danos irreversíveis, porém na rua em estudo, que está localizada no centro da cidade, atualmente não é permitido tráfego de veículos de carga pesada, o que faz com que a implementação de asfalto permeável não cause alterações no trânsito. Diante da atual situação da rua, para solucionar o problema dos alagamentos, em relação ao custo, fica mais viável a utilização do asfalto permeável destinado a infiltração, pois seu custo fica aproximadamente 12% a menor do que o asfalto permeável destinado a reservatório, porém vale ressaltar que é necessário fazer estudos complementares da bacia local, lençol freático e do solo para que seja possível fazer uma análise sobre o tipo de solo e a taxa de infiltração, e profundidade do lençol freático, pois em terrenos argilosos onde a permeabilidade é baixa, ou em terrenos que o lençol freático não apresente boa profundidade, o asfalto permeável destinado a infiltração se torna ineficaz.

O estudo de caso apresentou algumas limitações importantes, quanto ao critério de se obter a real quantidade precipitada que causaria as inundações, pois é necessário um estudo de longo prazo e utilização de equipamentos para se obter o escoamento superficial total da rua e o quanto de água os sistemas de drenagem suportam antes de começar a alagar. Para entender

os motivos dos alagamentos, iniciou-se um estudo sobre o tema em maio de 2021[6], realizado pela prefeitura municipal junto ao tenente Fernando Cardoso, responsável pela defesa civil, porém quando procurados optaram por não fornecer os laudos e as fotos que mostrariam os problemas do sistema de drenagem, apenas relataram as causas.

Diante das informações e dos problemas mencionados neste estudo, sugere-se futuros estudos mais abrangentes para se obter todos os problemas que causam alagamentos na rua Daniel Pantaleão Ferreira, incluindo a capacidade máxima de escoamento dos sistemas de drenagens e comparar a viabilidade de uma manutenção completa do sistema de drenagem da rua e seus arredores com a implementação do asfalto permeável ou outro sistema de drenagem que seja sustentável e que possa reduzir ou acabar com os futuros alagamentos.

[6] Disponível em: <https://barrosoemdia.com.br/gerais/prefeitura-inicia-estudo-sobre-alagamentos-no-centro/>. Acesso em: 20 de out de 2021.

REFERÊNCIAS

ACIOLI, Laura Albuquerque**. Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. 2005.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH. 2005.

BEUX, Fernanda Christine; OTTONI, Adacto Benedicto. **Métodos alternativos de drenagem a partir da retenção e infiltração das águas de chuva no solo, visando a redução das enchentes urbanas. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 17, 2015.

BRAGA, Benedito D.F. **Gerenciamento Urbano Integrado em ambiente tropical**. URBANO. In: Seminário de Hidráulica computacional aplicada a problemas de drenagem urbana. São Paulo, ABRH, 1994.

BATEZINI, Rafael. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves.** 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAMPOS, O. S**., Análise do Comportamento de Trecho Piloto de Revestimento Poroso com Asfalto Modificado por Polímero**. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, (1998).

CASTRO, Andréa Souza. **Uso de pavimentos permeáveis e coberturas verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano.** 2011.

COOPER, Alisson Meira. **Estudo de viabilidade técnica da implantação de pavimentos permeáveis do tipo infiltração total para redução do escoamento superficial, na cidade de Alegrete/RS**. 2013.

COOPER, D. R., & SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em Administração** – 12º Edição. McGraw Hill Brasil, 2008.

GAL, J. C., **Evolution de La Perméabilité dês Enrobés Drainants**. Revue Générale dês Routes et Aerodromes, (1992).

GIL, Antonio Carlos. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, p. 44-45, 2002.

LUQUE, Jessika Thays Antunes et al. Asfalto permeável a fim de amenizar enchentes devido à urbanização**. Revista Estudos & Pesquisas Unilins**, v. 1, n. 1, p. 165-177, 2017.

NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B. & KAUARKLEITE, L. A. (1999). Typical storm water management problems in a tropical city – the Belo Horizonte case study. In: Ellis, B. **Impacts of Urban Growth on Surface Water and Groundwater**. Proceedings of the IAHS at IUGC XXII General Assembly of the International Quality, Birmingham: IAHS, p.299-306.

PARIAT, J. C., **Permeametre.** Bulletin de Liaison de Laboratoire de Ponts et Chauseés, (1992).

PERRONE, Weberter K.; DE SOUZA, Willace Lima. Estudo de viabilidade técnica da implantação de sistema de drenagem com utilização de asfalto permeável, como alternativa de mitigação de inundações, em áreas urbanas de manaus. **ITEGAM-JETIA**, v. 5, n. 19, p. 36-40, 2019.

PINTO, Liliane Lopes Costa Alves. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PINTO, Salomão; PINTO, Isaac Eduardo. **Pavimentação Asfáltica - Conceitos Fundamentais sobre Materiais e Revestimentos Asfálticos.** LTC, 2015.

PIRES, Rodrigo Azevedo Gonçalves; CALADO, Jane da Cunha; FURTADO, Dayana Brainer da Silva; NETO, Wilson Levy Braga da Silva. **Viabilidade técnica do asfalto permeável, como alternativa na mitigação de inundações, em áreas urbanas.** Simposio internacional de gestão de projetos, inovação e sustentabilidade, SÃO PAULO, v. VII, p. 1-15. 2018.

SANSALONE, J.; KUANG, X.; YING, G.; RANIERI, V**. Filtration and clogging of permeable pavement loaded by urban drainage.** Water Res., v. 46, n. 20, p. 673-674, Dec. 2012.

SETRA, **Service D'études Techiniques Des Routes Etautoroutes**. Coldrain e-Avis Technique, Comission Générale dês Avis Techniques Routes, Bagneaux, (1990).

SHEAFFER, J. R.; WRIGHT, K. R. **Urban storm drainage management**. New York: Marcel Dekker, Inc, 1982.

SILVEIRA, A. L. L. Hidrologia urbana no Brasil. In: Braga, B.; Tucci, C. e Tozzi, M. **Drenagem Urbana – Gerenciamento, Simulação, Controle**. Porto Alegre: ABRH, 1998.

TUCCI, C. E., & BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. Dos Autores, 2003.

TUCCI, Carlos EM; SILVEIRA, André. **Gerenciamento da drenagem urbana**. Porto Alegre, 2001.

URBONAS, B.; STAHRE, P. **Stormwater Best Management Practicies and Detetion**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.

VIRGILLIS, A. L. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. 2009. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo.