

**CENTRO PAULA SOUZA**

**ETEC ITAQUERA II**

**EDIFICAÇÕES**

**André Gustavo Katsuo Iwakiri  
Beatriz Cardoso Elesbão  
Jeieli Sousa do Nascimento  
Ian Pereira de Noronha  
José Heber Pires de Vasconcelos  
Luiz Gustavo de Freitas Oishi**

**Asfalto Permeável**

**São Paulo**

**2024**

**André Gustavo Katsuo Iwakiri  
Beatriz Cardoso Elesbão  
Jeieli Sousa do Nascimento  
Ian Pereira de Noronha  
José Heber Pires de Vasconcelos  
Luiz Gustavo de Freitas Oishi**

## **Asfalto Permeável**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao curso de Edificações na Etec Itaquera II, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em edificações.

Orientadores: Professora Aparecida

**São Paulo**

**2024**

**AGRADECIMENTOS**

Agradecemos aos Professores Antônio Carlos e Aparecida por orientar, auxiliar e acreditar em nossas ideias, ajudando-nos a colocar no papel, de modo mais coerente o que estava em nossas mentes.

Aos nossos familiares, pelos conselhos, amor incondicional, incentivo e paciência que nos serviram de apoio nos momentos difíceis dessa jornada.

A todos amigos queridos, um agradecimento especial pela amizade, paciência, conversas sinceras, pelos conselhos e risadas. Obrigada! Por último, mas não menos importante, agradecemos a Deus, por ter nos sustentado até aqui, pela oportunidade de concluir essa etapa tão importante e gratificante em nossas vidas e futuras carreias.

## RESUMO

Esta pesquisa visa identificar e avaliar metodologias do asfalto permeável, conhecido como pavimento permeável, utilizando os parâmetros do asfalto permeável que permite a infiltração de água através de sua superfície de maneira mais eficiente, onde a água pode ser absorvida pelo solo. O projeto visa minimizar o impacto gerado pelos alagamentos em áreas urbanas, porém este método de minimizar os impactos gerados pelos alagamentos, é importante para o desenvolvimento urbano sustentável.

**Palavras-chave:** Asfalto permeável, soluções de alagamento, pavimentação que permite infiltração.



## **ABSTRACT**

This research aims to identify and evaluate permeable asphalt methodologies, known as permeable pavement, using the parameters of permeable asphalt that allows water to infiltrate through its surface more efficiently, where water can be absorbed by the soil. The project aims to minimize the impact generated by flooding in urban areas, however this method of minimizing the impacts generated by flooding is important for sustainable urban development.

Key-words: Permeable asphalt, flooding solutions, paving that allows infiltration.

## SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO .....	13
2.0 Problematização.....	14
3.0 Pavimentação Asfáltica convencional .....	15
4.0 Asfalto Permeável .....	17
4.1 Manutenção do Pavimento Permeável.....	22
4.2 Limpeza do Pavimento Permeável.....	22
4.3 Coeficiente de permeabilidade .....	23
4.4 Resistência mecânica e espessura mínima dos Pavimentos Permeáveis .....	24
4.5 Vantagens do Pavimento permeável.....	24
4.6 Desvantagens do Pavimento Permeável .....	25
4.7 Comparativo do Asfalto convencional para o Permeável.....	26
6.0 Estudo de caso.....	27
6.1 Objetivo.....	27
6.2 Conclusão.....	33
7.0 Considerações finais.....	33

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de pavimentos com estrutura reservatório .....	15
Figura 2 - Pavimentos permeáveis.....	16
Figura 3 - CAP - Cimento Asfáltico de Petróleo.....	17
Figura 4 - Adesividade – Aprovado.....	19
Figura 5 - Adesividade – Reprovado.....	22
Figura 6 – CP Corpo de prova CBUQ .....	23
Figura 7 – Cimento betuminoso usinado a quente .....	24
Figura 8 – Máquina de ensaio de Marshall .....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Determinação do coeficiente de permeabilidade.....	15
Tabela 2- Resistencia mecânica e espessura mínima do revestimento permeável..	16

## **1.0 INTRODUÇÃO**

A urbanização crescente e desordenada, o aumento das áreas impermeáveis em todo o mundo, no final do século XX no Brasil, colaborou com o aumento dos níveis de inundações, com a deficiência no sistema de drenagem urbana, com as falhas na mobilidade urbana e com infraestrutura etc. (ALESSI; KOKOT e GOMES, 2006).

Os sistemas tradicionais de drenagem urbana captam as águas das chuvas e as conduzem a corpos d'água ou sistemas coletores. Os sistemas podem ser ineficientes por diversos fatores, a saber: o custo de instalação e manutenção desse sistema, a falta de estudo das mudanças climáticas, o aumento das áreas impermeáveis que colaboram para a diminuição das áreas de escoamento da água. (MARUYAMA e FRANCO, 2016).

Para um controle sustentável para problemas de drenagem urbana que foi apresentado por Tucci (2003) são as áreas de infiltrações destinadas a receber as águas de áreas que são impermeáveis, conseguindo recuperar assim a capacidade de recargas das bacias pela infiltração por meio do uso de pavimentos permeáveis.

Um pavimento permeável ou estrutura-reservatório é aquele que permite a passagem de fluidos, tal como a água da chuva, e que suporta o tráfego de veículos, animais, pessoas ou objetos, e pode ter função de reter a água de forma provisória devido a porosidade dos materiais e promover a drenagem pela infiltração do solo do subleito, sempre que é possível (SUZUKI et al, 2014).

O asfalto permeável é uma ideia que visa a diminuição de alagamentos, isto só é possível devido a sua alta taxa de permeabilidade de águas pluviais, recarregando o lençol freático, juntamente recarregando as galerias, aonde a água é armazenada.

## **2.0 PROBLEMATIZAÇÃO**

“Os pavimentos impermeáveis contribuem para o aumento nos volumes do escoamento e vazões, aumentando consideravelmente a frequência de inundações” (Perrone e Souza, p.38, 2019).

Segundo Perrone e Souza (2019), as enchentes são fenômenos naturais ocorrem devido aos cursos d'água devido às chuvas intensas. Apesar de serem um fenômeno natural, a intervenção humana é a principal responsável pelas ocorrências que são registradas nas metrópoles. As enchentes são o acréscimo de vazão e descarga d'água, devido ao escoamento superficial de precipitações, nos canais fluviais. Nos períodos de enchentes, as vazões que são geradas podem atingir a magnitude que pode superar a capacidade de descarga da calha do curso d'água. Os problemas da

drenagem em áreas urbanas requerem soluções alternativas e estruturais e não estruturais, que são baseadas nos conhecimentos da dinâmica ambiental, climatologia e hidrológica, além de alguns componentes sociais e políticos-institucionais que contemplem o planejamento de drenagem, obras e de planejamento em áreas urbanas, que são analisados de forma integradas nos planos diretores de drenagem.

Segundo Perrone e Souza (2019), a maior parte dos pavimentos procuram adquirir teor de impermeabilidade. Conseguindo proporcionar uma maior proteção ao solo, conseguindo evitar a umidade a qual diminui a resistência do solo pavimentado. Os solos quando estão úmidos tendem a ser menos resistentes fazendo o pavimento ceder por este motivo à tendência dos pavimentos é selar a sua superfície para que a água não atinja o solo onde ele está aplicado.

### **3.0 PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA CONVENCIONAL**

Segundo Motta, Soares, Bernucci, Ceratti (2008), o asfalto que é utilizado em pavimentação é um ligante betuminoso que provém da destilação do petróleo que tem uma propriedade de ser um adesivo termoviscoplastico, que é impermeável e pouco reativo a certas substâncias. Essa propriedade de baixa reatividade química a muitos agentes não evita que esse material possa sofrer, no entanto, o processo de envelhecimento por oxidação lenta devido ao contato com o ar e a água.

Segundo Balbo (2015), pavimentar uma via de tráfego de veículos é uma obra civil, que antes de tudo, é uma melhoria para o tráfego, sob a medida em que é criada uma superfície mais regular (a garantia de melhor conforto no deslocamento de veículos), com uma superfície com mais aderência (garante mais segurança em condições de pista úmida ou molhada), uma superfície menos ruidosa diante a ação dinâmica dos pneumáticos (garantia de um melhor conforto ambiental tanto em vias urbanas quanto em vias rurais), seja com qual a melhoria física oferecida. A condição para uma via de melhor qualidade de rolamento, automaticamente é proporcionado aos usuários uma expressiva redução de custos operacionais, haja vista que os custos gerados pela operação dos veículos e de manutenção estão ligados às condições de superfície dos pavimentos. A regularidade do solo também permite um deslocamento com mais velocidade, que, por um lado, representa maior consumo de combustível, e por outro lado, acaba proporcionando economia nos tempos de deslocamento. Com uma superfície mais aderente aos pneumáticos dos veículos acaba refletindo em redução nos custos operacionais das vias e rodovias, pois os acidentes acabam sendo minimizados; alguns custos possuem matizes que os tornam, muitas vezes, de difícil

ponderação, emitindo reflexos para sociedade como um todo. Com a diminuição dos níveis de ruídos em rodovias e nas vias urbanas não é algo que se tenha investido em pesquisa de campo em nosso país até o presente. Revestimentos com agregados expostos ou com grande porosidade, tanto de concreto ou asfálticos de comento Portland, têm sido desenvolvidos a anos em países da Europa, como uma exigência da sociedade.

“Há de se lembrar que as estruturas de pavimento têm como função precípua suportar esforços oriundos de cargas e ações climáticas” (Balbo, p.8, 2015).

Segundo Balbo (2015), a pavimentação tem a meta de proporcionar um tráfego confortável e seguro, com estruturas e materiais com capacidade de suportar esforços gerados ao tráfego de veículos combinados as condições climáticas, gera um custo mínimo, ou seja, buscando sempre que possível, o aproveitamento de materiais locais para as obras, conseguindo garantir um bom desempenho em termos de custos operacionais e de manutenção ao longo dos anos de serviço desta infraestrutura social.

Segundo a Petrobras, os asfaltos devem apresentar certos requisitos de qualidade para conseguir suprir as necessidades para utilização em pavimentações, que são:

- **Consistência e dureza:** característica do tipo de asfalto, que permite a avaliação de sua manipulação e método aplicado em determinada pavimentação. Isso é determinado pelo ensaio de penetração que consegue medir a penetração vertical de uma agulha padrão em uma amostra do material em condições de temperatura, carga e tempo. Este ensaio, em conjunto com o método de ensaio de ponto de amolecimento, é utilizado para a determinação da suscetibilidade térmica dos asfaltos betuminosos às mudanças de consistência decorrente a temperatura;
- **Ductibilidade:** a capacidade o material asfáltico alongar-se sem a sua ruptura, quando é tracionado. Nos casos em que o leito rodoviário é sujeito a vibrações e grandes mudanças de temperaturas, é importante que se utilize asfaltos com uma ductibilidade elevada na faixa de temperatura ambiente da região em que é feito a aplicação. A ductibilidade de um material de um material asfáltico é medida pela distância, feita em centímetros, isso pode fazer com que o material tenha suas extremidades alongadas devido a velocidade e temperatura definidas, sem sofrer ruptura;

- Termoplasticidade viscoelasticidade: possibilita o manuseio do material em temperaturas elevadas, na aplicação em pavimentos, e o retorno, por resfriamento, às propriedades viscoelásticas necessárias para sua utilização. O asfalto deve fazer a combinação de duas características que são distintas: elasticidade conferida pelas resinas e hidrocarbonetos aromáticos que permite a aplicação de cargas rápidas (tráfego rápido) e a característica de viscosidade, que é conferida pelos asfaltenos, que acaba permitindo a aplicação de cargas durante longos períodos;
- Suscetibilidade térmica: a capacidade de conseguir suportar as variações térmicas sem perder sua consistência e a capacidade da ductibilidade. Na pavimentação de estradas é importante o conhecimento sobre as condições de temperaturas em que o cimento asfáltico irá amolecer e fluir, com a finalidade de evitar o surgimento de fissuras devido a alta consistência em temperaturas mais baixas, durante o inverno, e a deformação permanente, devido à baixa consistência em uma temperatura elevada, durante o verão. Utiliza-se para esse requisito de qualidade, um índice fornecido por uma equação que contempla os ensaios de penetração e de ponto de amolecimento;
- Durabilidade: ela é avaliada pelo método de ensaio de efeito do calor e do ar, no qual é feita a determinação da perda de penetração, da ductibilidade, da massa e do aumento no ponto de amolecimento que ocorrem no asfalto, quando um filme fino e rotativo é submetido a condições oxidantes, que representadas por elevadas temperaturas sob uma corrente de ar.

#### **4.0 ASFALTO PERMEÁVEL**

Segundo Perrone e Souza (2019), o sistema de drenagem utilizado vem gerando grande problemas, principalmente nas cidades de grande porte, os pavimentos que são impermeáveis contribuem para o aumento nos volumes da vazão e escoamento, gerando consideravelmente as ocorrências de inundações. Os principais impactos gerados pela urbanização descontrolada no processo hidrológico, são:

- O aumento das cargas de materiais poluentes decorrentes das redes pluviais ou até mesmo do escoamento superficial;
- Uma redução da humidade presente no solo, conseqüentemente gerando uma redução do lençol freático;

- Redução do armazenamento potencial, e da capacidade de transporte dos vales e rios;
- Um aumento no volume do escoamento superficial;
- O aumento nas ocorrências sobre inundações, assim como de sua intensidade.

Segundo o ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), devido a ausência de uma estrutura urbana adequada para coleta e direcionamento da água da chuva, em tempo de alta pluviosidade, pode gerar diversos malefícios para as áreas atingidas que vão além de um simples alagamento, como erosões em áreas desprotegidas e terrenos íngremes, assoreamento de corpos hídricos e também problemas de estruturas nos pavimentos, além que pode ocasionar em deslizamentos de terra e graves inundações.

Segundo Odum (1988) acaba considerando a acelerada urbanização e crescimento das cidades, principalmente a partir do século XX, que promoveram certas mudanças fisionômicas no Planeta com superioridade à de qualquer outra atividade humana.

Alguns dados que foram coletados pelo IPEA (instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), o ano de 2000, divulgaram que o Brasil apresentava uma taxa de população urbana de aproximadamente 82%, ficando próxima à saturação, sendo que 13 cidades já possuíam mais de um milhão de habitantes. Diante ao fato, o inchaço urbano gera consequências que são diretamente proporcionais ao crescimento urbano, como a desproteção ao meio ambiente, conseqüentemente, gerando com maior frequência os casos de enchentes, gerando prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

Segundo Haddad (2014), em áreas urbanas, enchentes e inundações, afetam a sustentabilidade das cidades, já que uma vez que trazem prejuízos sociais, ambientais e econômicos. A cidade de São Paulo, as enchentes e inundações geram prejuízos bem significativos ao financeiro do poder público, à indústria e até mesmo ao comércio.

Segundo o ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), nas áreas urbanas que estão densamente ocupadas, as superfícies destinadas ao sistema viário e áreas industriais e residenciais acabam ocupando espaços consideráveis, podendo chegar em 30% da área da bacia de drenagem. De acordo com o engenheiro Claudio oliveira silva (Gerente de Inovação e Sustentabilidade da ABCP), ressalta que a utilização dos

pavimentos permeáveis acaba contribuindo para a diminuição do escoamento superficial e de problemas gerados pelas inundações urbanas, sendo uma excelente alternativa para combater as enchentes.

Segundo Perrone e Souza, a utilização do concreto asfalto poroso, ou camada porosa de atrito (CPA) é consideravelmente recente, considerando a concepção tradicional de pavimentos indicava sua impermeabilização. Destaca-se ainda que, o asfalto permeável consiste em um pavimento onde não se faz a utilização de agregados finos, como areia, sendo composto basicamente por agregados com vazios entre 18% a 30%. Os processos para produção do asfalto permeável não apresentam mudanças expressivas comparado com o concreto betuminoso convencional, há exceções sobre algumas particularidades. Salienta-se que, a execução para implementá-lo exige uma análise prévia de viabilidade técnica. Para execução do projeto, é necessário observar:

- Características do local para sua execução: áreas a serem drenadas, topografia, exigências de vegetação, redes de água e esgoto, das quais serão as circunstâncias de tráfego, dentre outros;
- Características do solo cujo irá ser realizado sua aplicação: capacidade/comportamento de carga, taxa de infiltração;
- Estudos hidro geológicos: identificar as características do lençol freático, como flutuações sazonais, cota do lençol, vulnerabilidade e propriedades qualitativas;
- Estudos hidrológicos: vazão máxima que é permitida, características pluviométricas, áreas para armazenamento d'água, localização do exutório, coeficiente de escoamento.

Segundo Perrone e Souza, o asfalto permeável tem a característica de ter uma alta porosidade e uma boa eficiência na drenagem da água, variando da sua granulometria. Essas características de deixar a água infiltrar através de suas camadas, tem sido uma grande ajuda nas vazões que ocorrem durante os meses mais chuvosos nos países que optaram por esta tecnologia. Em estudos que foram realizados por Acioli, tem-se a divisão da técnica de drenagem, por porosidade, em dois grupos, que seguem dois princípios básicos:

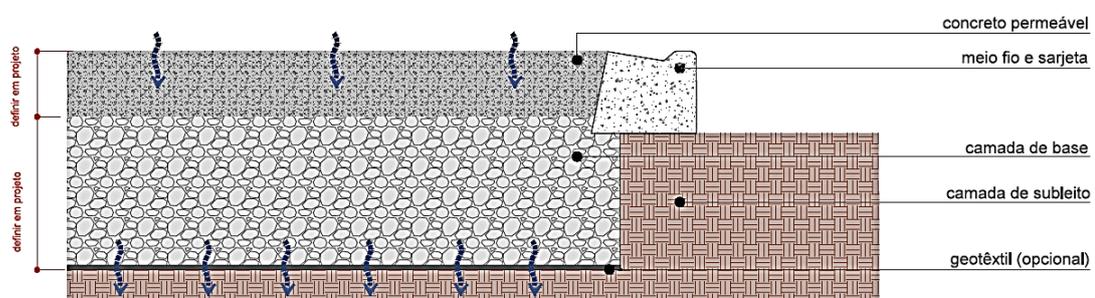
- Infiltração da água sobre o solo, quando possível, para redução do escoamento superficial à jusante (dispositivos de infiltração);

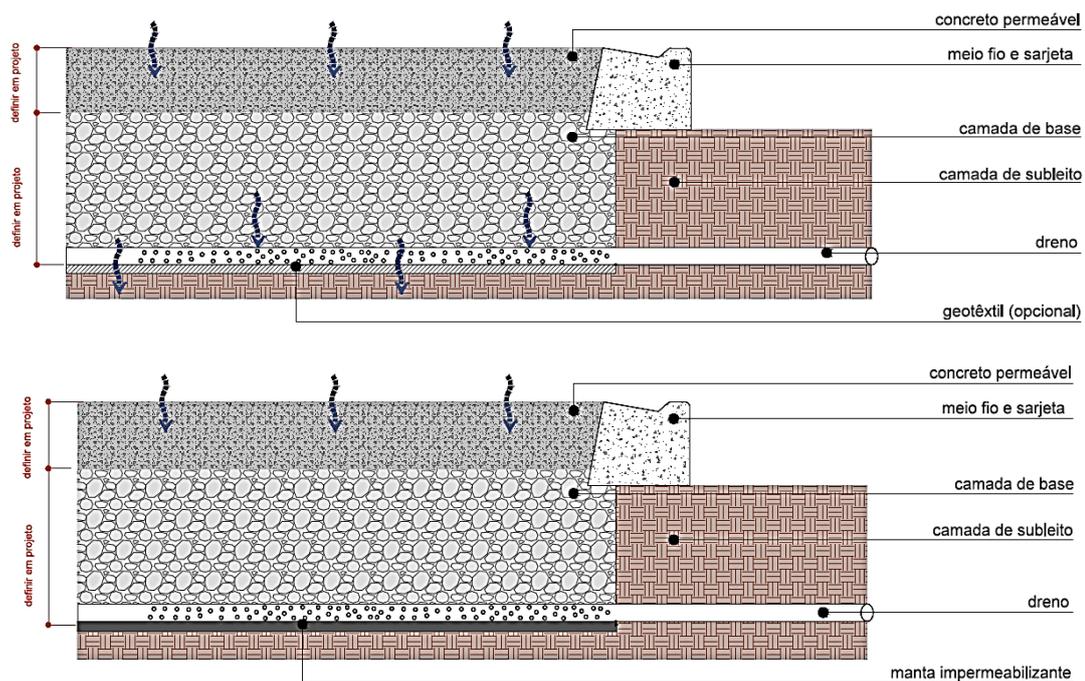
- Armazenamento provisório das águas pluviais, para redução do escoamento superficial, e limitar a poluição a jusante (dispositivos de retenção e detenção).

A pavimentação asfáltica é composta por “uma mistura de agregados minerais, de vários tamanhos”, podendo variar quando à fonte, com ligantes asfálticos que, de forma adequadamente proporciona e processada, garantindo ao serviço de execução de requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade [...] (BERNUCCI et al., 2008). Comparação do asfalto permeável e o convencional é o índice de vazios elevados na pavimentação asfáltica, que no seu processo construtivo para possuí uma melhor drenagem.

Segundo Virgilis (2009), o asfalto permeável possui índices de vazios na ordem no máximo 25% enquanto o asfalto convencional possui apenas 4% de vazios. O asfalto convencional tem maior compactação, pois o tamanho da sua granulometria é menor, já que seu propósito é na sustentação de carga. O traço do asfalto por variar de acordo com o que seu projeto busca naquela região e a resistência que se busca. Um das principais alegações contra o uso do asfalto permeável é a aplicação onerosa e seu retorno financeiro é baixo esperado. Algumas novas tecnologias tendem a ter onerosas mais altas e o asfalto permeável se paga com o tempo, sobretudo pela diminuição da necessidade de construção de obras de drenagem. Polastre e Santos (2006), falam que, para permitir filtração de grandes quantidades de águas pluviais é preciso que o asfalto possua alto índice de vazios interligados, com presença de areia, quase nula, em sua composição. Enquanto o asfalto convencional é empregado para o tráfego. Conforme o estudo de Virgilis (2009), quanto maior a declividade da estrada de asfalto permeável menor a taxa de infiltração da água.

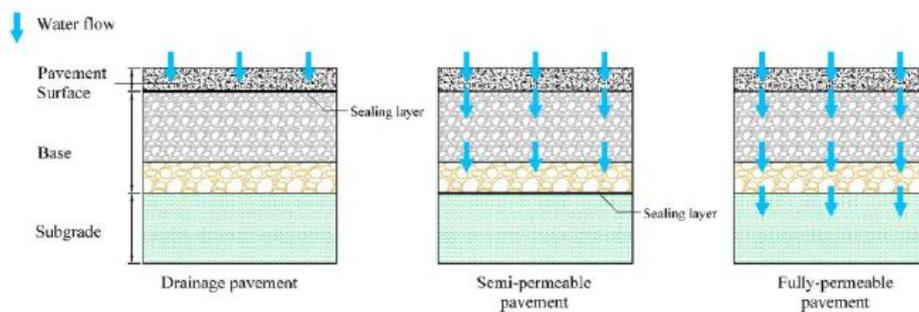
Figura 1 – Tipos de pavimentos com estrutura reservatório





Fonte: ABCP (2013)

Figura 2 – Pavimentos permeáveis



Fonte: ZHU, Yuxin *et al.*(2021)

Para a realização do processo, é necessário seguir os procedimentos pré-determinados pela NBR 16416 (2015). Por isso, essas 5 etapas do asfalto permeável:

1. Planejamento da pavimentação asfáltica: Uma das principais coisas que se coloca em prática nas etapas do asfalto é na escavação, terra-planagem, compactação, entre outros. Mas antes de iniciar o procedimento, é necessário pensar as etapas, definir o projeto executivo e traçar os planos de ataque. Para esse plano, devem ser levados em

conta os itens como: propriedades do solo, topografia, volume de tráfego, localização, linhas de serviço público, esgoto, drenagem e custos de manutenção rodoviária.

2. Preparação: Para a preparação das camadas temos que deixar regularizadas, que pode ou não existir, e revestimento para separar as camadas. A espessura das camadas vai depender com o estudo, cada camada tem que ser compactar em ambas as camadas.
3. Lançamento da mistura asfáltica: Após terminamos cada camada iremos lançar a mistura asfáltica. Ela serve para proporcionar uma trafegabilidade mais segura e confortável.
4. Compactação do asfalto: Após a aplicação do asfalto com uso da vibracabadora os rolos de compactação são acionados para aplicarem a energia suficiente para acomodação e compactação do asfalto.

Segundo o ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), os pavimentos permeáveis podem ser utilizados em praticamente todos os tipos de obras. Pode ser tanto em uma edificação residencial, comercial, áreas públicas (ruas, calçadas e praças) ou até mesmo para o uso industrial. A aplicação pode ser em calçadas, vagas de estacionamentos ou grandes pátios. Em cada caso deverá realizar o tipo de carga a que o pavimento será submetido e ter juntamente o conhecimento das condições pluviométricas do local.

#### **4.1 Manutenção do Pavimento Permeável**

Segundo a NBR 16.416 (2015), o asfalto permeável deve sofrer certas intervenções para sua manutenção, sempre que existirem condições que comprometam o seu desempenho mecânico ou hidráulico. As manutenções que são realizadas no pavimento devem utilizar os mesmos materiais do pavimento existente, sendo vedada a utilização de revestimentos impermeáveis ou qualquer outro material que evidenciem o reparo ou acabem prejudicando o seu desempenho.

#### **4.2 Limpeza do Pavimento Permeável**

“A verificação do desempenho do pavimento permeável quanto à sua permeabilidade deve ser realizada periodicamente conforme a indicação do projeto” (NBR 16.416, 2015).

A NBR 16.416 (2015) ressalta que o pavimento permeável, após determinar o período de utilização, fazer a apresentação do coeficiente de permeabilidade menor ou igual a  $10^{-5}$  m/s. Além disso, deve-se executar uma série de ações para efetuar sua limpeza com o objetivo de recuperar sua capacidade de permeabilidade. As etapas para efetuar a limpeza recomendada do pavimento permeável são:

1. Efetuar a remoção de sujeiras e detritos em geral da superfície do pavimento por meio de varrição mecânica ou manual;
2. Realizar a aplicação de jato de água sob pressão;
3. Aplicação de equipamento de sucção para retirar os finos;
4. Fazer a recomposição do material de rejuntamento (quando for o caso), devendo-se cumprir as especificações de 6.5.

A NBR 16.416 (2015) também fala que a utilização de produtos químicos ou água contaminada para limpeza do pavimento é proibida. Logo após efetuar as etapas da limpeza, deve-se medir o coeficiente de permeabilidade (no mínimo 80% do coeficiente de permeabilidade nas áreas que foram realizadas a limpeza).

### **4.3 Coeficiente de permeabilidade**

Segundo a NBR 16.416 (2015), independente do tipo de revestimento que foi adotado, deve ser apresentado, quando recém-construído, o coeficiente de permeabilidade maior que  $10^{-3}$  m/s.

A NBR 16.416 (2015), diz que o coeficiente de permeabilidade pode ser previamente avaliado em laboratório, podendo-se fazer o ensaio apenas na camada de revestimento ou podendo também, realizar o ensaio com toda a estrutura do pavimento. A tabela a seguir resume as considerações para determinar o coeficiente de permeabilidade em campo e em laboratório.

Tabela 1- Determinação do coeficiente de permeabilidade

Tipo de revestimento	Método de Ensaio		Coeficiente de permeabilidade do pavimento recém construído m/s
	Local de avaliação		
	Em laboratório	Em campo	
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Anexo A	Anexo A	> 10 <sup>-3</sup>
Peça de concreto permeável	ABNT NBR 13292 ou Anexo A		
Placa de concreto permeável			
Concreto permeável moldado no local			

Fonte: NBR 16.416 (2015)

#### 4.4 Resistência mecânica e espessura mínima dos Pavimentos Permeáveis

Segundo a NBR 16.416 (2015), o revestimento permeável deve atender certas especificações, conforme mostra na tabela a seguir:

Tabela 2- Resistência mecânica e espessura mínima do revestimento permeável

Tipo de revestimento	Tipo de solicitação	Espessura mínima (mm)	Resistência mecânica característica (MPa)	Método de ensaio
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Tráfego de pedestres	60,0	≥ 35,0 <sup>a</sup>	ABNT NBR 9781
	Tráfego leve	80,0		
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60,0	≥ 20,0 <sup>a</sup>	
	Tráfego leve	80,0		
Placa de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60,0	≥ 2,0 <sup>b</sup>	ABNT NBR 15805
	Tráfego leve	80,0		
Concreto permeável moldado no local	Tráfego de pedestres	60,0	≥ 1,0 <sup>c</sup>	ABNT NBR 12142
	Tráfego leve	100,0	≥ 2,0 <sup>c</sup>	

<sup>a</sup> determinação da resistência à compressão, conforme na ABNT NBR 9781.  
<sup>b</sup> determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.  
<sup>c</sup> determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142.

Fonte: NBR 16.416 (2015)

Segundo a NBR 16.416 (2015), os lotes de peças ou placas de concreto, quando forem entregues no local da obra com idade inferior a 28 dias, elas devem apresentar

no mínimo 80% da sua resistência que é especificada no momento de sua instalação, sendo que, aos 28 dias ou até mais da idade de cura, a resistência característica do concreto deve ser igual ou superior ao especificado no projeto, devendo cumprir os seguintes valores da tabela 2. O concreto permeável moldado no local, a empresa responsável pelos serviços de concretagem devem atender os requisitos da NBR 7212 e juntamente com as especificações do projeto quanto as propriedades do concreto, sempre de acordo com os valores da tabela 2.

#### **4.5 Vantagens do Pavimento permeável**

Segundo Perrone e Souza, as principais vantagens dos pavimentos permeáveis são: melhorias na segurança e conforto, pois à uma redução na formação de acúmulos de água, conseqüentemente gera uma melhoria na aderência dos veículos; recargas os aquíferos; melhora na qualidade das águas por ação de filtração no corpo do pavimento; e destaca-se os benefícios financeiros, que são associados à dimensões do sistema de drenagem de jusante; também pode se fazer uma captação e reserva para o tratamento e reutilização posterior; ocorre uma diminuição nas enxurradas e nas enchentes; junto com uma redução do escoamento superficial das águas pluviais.

Segundo Marcon, Borba e Roblowski, a utilização dos pavimentos permeáveis, pode acarretar uma redução nos volumes de água escoados, conseguindo amenizar ou até mesmo evitar inundações, que, geralmente, causam grande impacto sobre as cidades, gerando malefícios tanto socialmente como economicamente a toda população. A eficácia desse método está principalmente relacionada à boa manutenção do pavimento, gerando uma boa permeabilidade, e a manutenção pode ser efetuada com equipamentos que aspiram a sujeira existente entre os poros do asfalto, podendo evitar seu entupimento.

“A busca por novas tecnologias e o aperfeiçoamento das já existentes é de suma importância para que tenhamos uma melhor qualidade de vida e possamos contribuir para preservação do meio ambiente em que vivemos” (Marcon, Borba e Roblowski, p.3, 2014).

#### **4.6 Desvantagens do Pavimento Permeável**

Segundo Perrone e Souza, devido ao alto teor de vazios pode provocar o desprendimento de agregado, devido a ação da água, no caso a ocorrência de uma má aderência entre o agregado e o ligante. A causa pode ser evitada com o aumento da espessura do ligante, recobrando os agregados do asfalto modificado por polímeros.

Para obter maior permeabilidade é preciso aumentar o volume de vazios, consequentemente diminuindo a sua resistência. Devido a este fator, há limitações na aplicação do sistema de drenagem, sendo mais indicado para locais com menor exigências de cargas, onde a resistência não é tão exigida, ou seja, locais com tráfego leve. Além disso, pode ocasionar o entupimento dos vazios, que são provocados por terras adjacentes, óleos ou areia, entretanto, é possível reduzir esse problema com a manutenção periódica para o desentupimento dos vazios. No asfalto permeável, conhecido pelo seu nome técnico CPA (camada porosa de atrito), um dos componentes do pavimento é a interface entre superfície e as camadas interiores. É realizado através da mistura usinada a quente entre os agregados, cimento asfáltico, fibras e polímeros. Dentre os posicionamentos contra o uso da pavimentação permeável está na aplicação custosa e retorno financeiro abaixo do que é esperado.

“De modo geral, o preço do asfalto permeável é mais caro que o convencional, chegando a uma ordem de 30%” (Perrone e Souza, p39, 2019).

#### **4.7 Comparativo do Asfalto convencional para o Permeável**

Segundo Perrone e Souza, o asfalto permeável tem como medida mitigadora no combate de enchentes e inundações, em áreas urbanas, o pavimento permeável acaba proporcionando alguns benefícios ao meio ambiente, como a recarga do lençol freático, aumento na umidade em áreas verdes urbanas e na melhora da qualidade da água infiltrada, conseguindo reter impurezas. A diferença mais notável entre o asfalto convencional para o permeável é o elevado índice de vazios, decorrente ao aumento de tamanho granulométrico, que é constituído para melhor eficiência na drenagem da água superficial. O traço do asfalto varia de acordo com a resistência que se busca, quanto maior a resistência do asfalto, consequentemente menor sua capacidade de permeabilidade.

“O asfalto permeável possui índices de vazios na ordem de no máximo 25% enquanto o convencional possui apenas 4% de vazios” (Perrone e Souza, p.39, 2019).

Segundo Perrone e Souza, o asfalto convencional é utilizado como pavimento de tráfego, o permeável possui algumas restrições para cumprir seu propósito com maior eficiência, como a declividade, quanto maior for a declividade da pista, menor será a sua taxa de permeabilidade da água.

Segundo Virgillis (2009), a vida útil do pavimento convencional pode acabar sendo reduzida por erros na execução, ser submetido a uma sobrecarga, mesmo quando as misturas asfálticas atendem as especificações vigentes. Um dos principais problemas é com a resistência, fadiga e acúmulo de deformação permanente nas trilhas das rodas, a fadiga é uma característica importante para perda de desempenho das camadas asfálticas no Brasil.

De acordo com Gonçalves (2000), a resistência do asfalto poroso depende da escolha do material que irá fazer a liga entre os materiais, foi identificado por ensaios realizados com ligantes convencionais e ligantes que foram modificados por polímeros. Os ligantes que foram modificados conferem maior resistência a oxidação (misturas porosas, devido ao alto índice de vazios, estão sujeitas a oxidação) e acabam proporcionando pontos de ligação mais fortes entre as partículas do agregado.

Podemos identificar, uma grande viabilidade econômica nesses produtos, segundo Araújo, Tucci e Goldenfum (2000), o custo unitário para execução do concreto convencional impermeável é de R\$ 13,14 por m<sup>2</sup>, enquanto os blocos de concreto são de R\$ 10,10 por m<sup>2</sup>, podendo ter uma economia de R\$ 3,14 por m<sup>2</sup>. Vale comparar ainda que o concreto poroso tem um valor estimado de R\$ 19,06 por m<sup>2</sup>, apesar de estar acima do valor comparado ao concreto convencional, vale frisar que o aumento do custo específico pode ser compensado pela redução da drenagem resultante da área, pois a maior parte do volume da água se infiltrara.

## **6.0 ESTUDO DE CASO**

### **Objetivo**

No estudo de caso, abordaremos técnicas para redução de enchentes e alagamentos nas cidades usando o asfalto permeável. Fizemos uma pesquisa que entrevistamos dois dos membros do Grupo Falcão Bauer para termos um embasamento com avaliações críticas de um especialista.

A empresa Alfa é uma empresa que presta serviços na área da engenharia construtiva que presta assessorias, avaliações, inspeções, certificados (produtos de sistemas de gestão), estudo de viabilidade, projeto, monitoramento, entre outros serviços. Eles possuem laboratórios tecnológicos que realizam ensaios e

desenvolvem pesquisas especiais para ter o controle de qualidade dos materiais, produtos e serviços, atuando com credibilidade nos mais variados segmentos.

#### Etapas do estudo de caso

Entrevista realizada com Empresa Alfa:

\* Laboratorista:

- Formado no curso técnico de edificações - Etec Carlos do Campo (Brás).
- 13 anos atuando no mercado de trabalho.
- Atua na área de laboratório, sendo laboratorista. Ele faz o controle da parte de pavimentação e do asfalto, trabalhando nas amostras (CAP), comparando os resultados referentes à norma para saber se aquele ensaio está adequado para o projeto em específico.

\* Supervisor:

- Formado no curso técnico de edificações – Etec Carlos do Campo (Brás).
- 20 anos no mercado de trabalho.
- Atua como supervisor de laboratório. Ele supervisiona a equipe, coordenar na dinâmica dos laboratórios e verificar nos resultados por ser signatário.

1. Como é feito o controle de qualidade durante a produção e aplicação do pavimento?

Resposta: Segundo o Supervisor, a primeira coisa que faz na obra assim que o caminhão com o asfalto é tirar a temperatura (125°C o mínimo que tem que chegar à obra, referente à norma), ver se ele vai atender na aplicação.

Segundo o Laboratorista, como funciona, toda vez que você vai ter um acompanhamento sendo ele interno ou externo precisa do acompanhamento de controle tecnológico funcionando do seguinte jeito: você vai ter sua execução, onde uma usina vai fornecer o material e provavelmente o nosso contratante vai fiscalizar essa usina, durante a preparação de usina vai ter seus traços para o preparo do asfalto, tudo referente aos estudos que fazem no laboratório e saber se está dentro dos padrões normativos (DR, DND, Normas Prefeitura...). Durante a execução eles enviam um colaborador para verificar temperatura, de como asfalto saindo da usina e como ele vai chegar à obra, vendo se a temperatura está adequada; limpeza do caminhão; se a untagem da forma está correta; a usinagem, o teor de CAP. Na usina eles vão fazer o teor de betume, granulometria, adesividade, ensaio de Marshall para

ter estabilidade, fluência, calcular vazios, entre outros. No laboratório com as amostras eles vão verificar a imagem visual e a técnica do material de semana a semana para saber se vai ter alguma alteração; se CAP aderiu a adesividade no material ou foi reprovado, não conseguindo envolver direito ou que o próprio material não foi bem usinado, ou pode ser que em um ensaio de adesividade foi reprovado.

Na obra assim que caminhão chega vai ter identificação do caminhão (placa, nota fiscal, material), comparação de temperatura, limpeza do local, aplicação da massa fazendo a pavimentação das camadas, coletar amostra.

Segundo o Supervisor, no laboratório quando chega a amostra ele vai fazer o ensaio de betume, Marshall completa, aparência, estabilidade, fluência, densidade teórica, densidade aparente.

Figura 3 CAP - Cimento Asfáltico de Petróleo



Fonte: Imagem fornecida pela Empresa Alfa

Figura 4 - Adesividade – Aprovado



Fonte: Imagem fornecida pela Empresa Alfa

Figura 5 - Adesividade - Reprovado



Fonte: Imagem fornecida pela Empresa Alfa

Figura 6 – CP Corpo de prova CBUQ



Fonte: Imagem fornecida pela Empresa Alfa

Figura 7 – Cimento betuminoso usinado a quente



Fonte: Imagem fornecida pela Empresa Alfa

Figura 8 – Máquina de ensaio de Marshall



Fonte: Contenco

2. Quanto tempo demora os ensaios em média?

Resposta: Ensaio interno em laboratório em média 3 dias.

3. Vocês já participaram de algum projeto no campo?

Resposta: Supervisor disse que não participou de nenhum projeto de campo. Laboratorista já participou de projetos de campo por 11 anos.

4. Quantas pessoas são necessárias para um projeto de um estacionamento de 80m<sup>2</sup>?

Resposta: Na execução, segundo Laboratorista, por ser uma área pequena não precisam de muitas ferramentas, então em média 10 pessoas conseguem fazer o serviço.

5. Quais são os maiores desafios na execução da pavimentação?

Resposta: Na execução, segundo o Laboratorista, os principais desafios são: ter os cuidados adequados para ter uma boa pavimentação, limpeza do local, não aplicar em dias de chuva, garantir que seu material tenha boa qualidade e ferramenta apropriada para execução.

6. Quais os maiores desafios no laboratório?

Resposta: Segundo o Supervisor no laboratório é a qualidade do que vem, pois quando vêm eles precisam da informação, analisar se usaram o equipamento e material correto.

Segundo o Laboratorista um dos desafios do laboratório é falta de identificação da amostra, coleta de amostra imprópria na obra.

7. Você já ouviu falar sobre asfalto permeável?

Resposta: Laboratorista já ouviu falar sobre o asfalto permeável e sabe de uma pista de kart em Santos – SP (Embark Kart Racing), mas não possui muito conhecimento sobre ele. Supervisor não ouviu falar sobre ele.

8. Qual é sua opinião sobre o asfalto permeável?

Resposta: Segundo o Laboratorista, sobre o caso ele acha a proposta positiva, pois ele possui a função de não ter aquaplanagem na superfície. Ele acha que em pequenos condomínios, estacionamento de supermercado, galpões logísticos, calçadas é uma boa ideia para implementar, mas já em avenidas ou lugares que tem tráfego pesado não é recomendado, já que a manutenção e preço são mais elevado do que o comum.

É uma boa prática sustentável, confirma Laboratorista e Supervisor.

9. O asfalto permeável é um assunto que vem em pauta dentro da empresa?

Resposta: No momento trabalham com isso.

10. Quais são os riscos no asfalto?

Resposta: Segundo o Supervisor, um dos riscos é a temperatura elevada.

11. Qual o futuro do asfalto permeável em sua visão?

Resposta: Segundo o Laboratorista, ele ver que o asfalto permeável para o futuro um ótimo lugar para se aplicar são em calçadas, passeios, condomínios.

Segundo o Supervisor também concorda que o asfalto permeável vai ser uma boa prática sustentável.

## **Conclusão do estudo de caso**

Os processos do asfalto têm diversas atividades, tanto na área interna e externa na empresa: a checagem das amostras, que recebem das usinas e vão para os laboratórios e depois são levadas para o campo; no campo vai ter a checagem do caminhão, temperatura, fiscalização do material, ferramentas apropriadas para a obra e um dos conselhos que dão não é ser aplicar em dias chuvosos, pois danifica o material.

No asfalto permeável, eles falam que o material bastante vantajoso e sustentável para as cidades e, em um futuro próximo esse asfalto vai ser uma boa prática, mas ele sendo usado para passeios, calçadas e estacionamentos. Dessa forma, em avenidas que contêm um grande tráfego, a aplicação desse asfalto não é nada favorável nesses locais, ou seja, vão precisar de manutenções regulares.

## **7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com o nosso estudo sobre o asfalto permeável notamos que ele é uma solução sustentável para combater enchentes. Esse tipo de pavimento tem benefícios como redução do escoamento superficial e a recarga de aquíferos e a mitigação de enchentes contribuindo para um planejamento urbano melhor. Contudo a falta de investimentos para o desenvolvimento do material, diminui seu alcance de uso, não podendo ser usado em locais de muito movimento.

## Referências

- ALESSI, F.; KOKOT, P. J.; GOMES, J. Comparação do escoamento superficial gerado por pavimentos permeáveis em blocos de concreto e asfalto poroso. *Da Vinci*, v. 3, n. 1, p. 139-156, 2006. ALLINSON, G
- Araújo, Tucci, Goldenfum (2000). Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial.
- Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Projeto Técnico: Pavimento Permeável. Soluções para cidades. 2013.
- Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Pavimentos Permeáveis (2021).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416: Pavimentos Permeáveis de Concreto Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.
- BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: Materiais, projeto e restauração. São Paulo, Oficina de Textos, 2015.
- BERNUCCI et al., L. B. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás, Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto, 2008.
- Gonçalves, F. P., Ceratti, J. A., & Somacal, L. (2000). Investigação do desempenho de misturas asfálticas convencionais e modificadas com polímeros: proposição de um estudo envolvendo ensaios acelerados de pavimentos com um simulador linear de tráfego. Anais do Simpósio Internacional de Manutenção e Restauração de Pavimentos e Controle Tecnológico, São Paulo.
- Haddad, E. A., & Teixeira, E. (2015). Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in São Paulo, Brazil. *Habitat International*, 45, 106-113.
- Maruyama, C. M., & Franco, M. A. R. (2016). Pavimentos permeáveis e infraestrutura verde. *Cidades Verdes*, 04(09), 73-86.
- Marcon, Borba, Roblowski (2014). Pavimentação permeável, uma solução para drenagem urbana.

ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1988. OKE, T. R. Boundary Layer Climates. 2 ed. Routledge. New York, p. 435. 1987

Petrobras (2021). Asfalto informações técnicas.

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.

Pires, Calado, Furtado e Neto (2018). Viabilidade Técnica do asfalto permeável, como alternativa na mitigação de inundações, em áreas urbanas.

POLASTRE, B e SANTOS L.D. 2006. Concreto permeável.

SUZUKI, Carlos Yukio; AZEVEDO, Angela Martins; KABBACH, Felipe Issa Kabbach Júnior. Drenagem subsuperficial de pavimentos: conceitos e dimensionamento. Oficina de 68 Textos. São Paulo, 2014. 1º edição.

Tucci, C. E., & Bertoni, J. C. (2003). Inundações urbanas na América do Sul. Ed. dos Autores.

Virgiliis, A. L. C. D. (2009). Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).