



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

VIABILIDADE TÉCNICA DO ASFALTO PERMEÁVEL, COMO ALTERNATIVA NA MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES, EM ÁREAS URBANAS

RODRIGO AZEVEDO GONÇALVES PIRES

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

JANE DA CUNHA CALADO

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

DAYANA BRAINER DA SILVA FURTADO

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

WILSON LEVY BRAGA DA SILVA NETO

UNINOVE



VIABILIDADE TÉCNICA DO ASFALTO PERMEÁVEL, COMO ALTERNATIVA NA MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES, EM ÁREAS URBANAS

Resumo

O processo de urbanização no Brasil ocorreu de forma acelerada e desordenada e associado à falta de planejamento, contribuiu para o desequilíbrio hidrológico das bacias hidrográficas. A impermeabilização do solo é um fator determinante para a ocorrência de enchentes e inundações, causando prejuízos ambientais, sociais e econômicos. Diante disso, surge a necessidade de buscar soluções para a mitigação do problema, por meio da utilização de materiais de recobrimento alternativos, à exemplo do asfalto permeável. Neste estudo, realizou-se levantamento bibliográfico e análise documental, para identificar a viabilidade técnica, benefícios e limitações da utilização do asfalto permeável como alternativa na redução e combate às inundações em áreas urbanas. Foram comparados os asfaltos permeável e convencional quanto a permeabilidade e resistência. Os resultados permitiram constatar vantagens no uso do asfalto permeável em relação à capacidade de infiltração, contudo, tal tipo de recobrimento torna-se desvantajoso, quando comparada sua resistência. O estudo requer continuidade que contemple análise de custos diretos e indiretos na utilização do asfalto permeável em áreas urbanas, bem como medidas que tornem o sistema de drenagem mais eficiente.

Palavras-chave: Asfalto convencional; Asfalto permeável; Drenagem urbana; Inundações Urbanas.

TECHNICAL FEASIBILITY OF PERMEABLE ASPHALT AS IN ALTERNATIVE MITIGATION FLOODS IN URBAN AREAS

Abstract

The process of urbanization in Brazil occurred in an accelerated and disorderly way and associated with the lack of planning, contributed to the hydrological imbalance of the hydrographic basins. Soil waterproofing is a determining factor for the occurrence of floods and floods, causing environmental, social and economic damages. In view of this, the need arises to seek solutions for the mitigation of the problem, through the use of alternative recoating materials, such as permeable asphalt. In this paper, a bibliographical survey and documentary analysis was carried out to identify the technical feasibility, benefits and limitations of the use of permeable asphalt as an alternative in the reduction and combat of floods in urban areas. Permeable and conventional asphalts were compared for permeability and strength. The results allowed to observe advantages in the use of permeable asphalt in relation to the infiltration capacity, however, this type of coating makes it disadvantageous when compared its resistance. The study requires continuity that includes analysis of direct and indirect costs in the use of permeable asphalt in urban areas, as well as measures that make the drainage system more efficient.

Keywords: Conventional asphalt; Permeable asphalt; Urban drainage; Urban floods.



1 Introdução

O processo de urbanização no Brasil ocorreu de forma acelerada e desordenada, fato que resultou em cidades que desconsideram as questões ambientais, afetando o desenvolvimento econômico do país.

O uso do solo sem planejamento racional e a ocupação desordenada das áreas onde naturalmente ocorrem enchentes, tais como: as planícies de inundação de canais fluviais, associados à impermeabilização do solo, têm ampliado o quadro de insustentabilidade, prejudicando a infraestrutura das cidades e colocando em risco a vida de milhões de pessoas, sobretudo as que vivem em regiões de várzeas dos rios (Tucci, 2003).

As enchentes e inundações, especialmente em áreas urbanas, afetam a sustentabilidade das cidades, uma vez que trazem prejuízos sociais, ambientais e econômicos. Somente na cidade de São Paulo, as enchentes e inundações geram prejuízos financeiros significativos ao poder público, à indústria e ao comércio (Haddad, 2014).

Além disso, a impermeabilização da superfície em áreas urbanas reduz a permeabilidade do solo, contribuindo para a não recarga do lençol freático, podendo acarretar problemas sérios de secas em períodos de grandes estiagens, tal qual se verifica nos últimos anos (Tucci, 2003).

Entendendo as enchentes e inundações como processos relacionados à construção de ambientes urbanos caracterizados pela insustentabilidade, tornou-se necessário ampliar o estudo de materiais relacionados à construção de um ambiente capaz de minimizar efeitos negativos decorrentes das inundações.

Desta forma, o presente trabalho tem o objetivo de identificar a viabilidade técnica, vantagens e desvantagens da utilização do asfalto permeável, como alternativa à redução ou combate de inundações em áreas urbanas.

2 Referencial Teórico

As enchentes são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido às chuvas intensas (Pompêo, 2000). Apesar de serem naturais, a intervenção humana tende a ser a principal responsável pelas ocorrências registradas nas metrópoles (Tucci, 2003).

Conforme Canholi (2014), as enchentes são o acréscimo de vazão ou descarga d'água, devido ao escoamento superficial das águas provenientes de precipitações, nos canais fluviais. Em períodos de enchentes, as vazões geradas podem atingir magnitude que supere a capacidade de descarga da calha do curso d'água, resultando no extravasamento para áreas marginais ao leito fluvial menor. Embora de ocorrência sazonal e natural, tais processos são intensificados pela ação antrópica, por meio do crescimento das áreas urbanizadas, que invadem o espaço das planícies de inundação ou de áreas costeiras e avançam em direção às partes mais elevadas do relevo (Pompêo, 2000).

A incorporação das várzeas dos rios ao sistema viário das cidades, com o conseqüente processo de retificação de canais fluviais meandantes e obras de canalização, intensificaram a impermeabilização das planícies de inundação, com conseqüente aceleração dos escoamentos superficiais e aumento dos picos de vazão e de ocorrência de inundações (Pompêo, 2000).

Na Figura 1 verifica-se que os picos de cheias depois da urbanização ocorrem mais cedo e com mais severidade do que antes do desenvolvimento, quando as características de uso e ocupação favoreciam a infiltração.

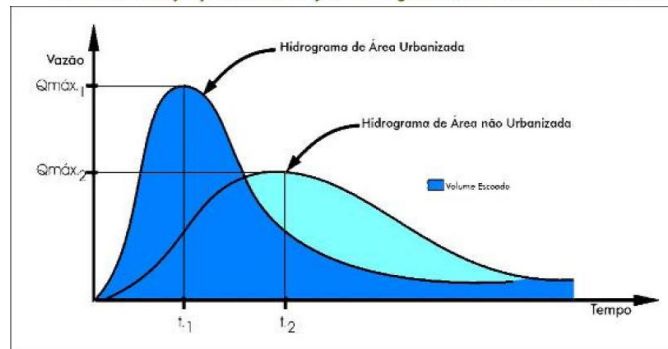


Figura 1. Efeitos da urbanização sobre o hidrograma da bacia
Fonte: de Netto, (1994), recuperado de: Virgillis, (2009).

Santos e Haddad (2014), ressaltam a influência das mudanças climáticas nas inundações da cidade de São Paulo, bem como o acelerado processo de expansão urbana sem infraestrutura adequada, com ocupação ilegal de áreas ambientais protegidas, tais como áreas de várzeas e encostas e com o rápido crescimento do percentual de áreas impermeabilizadas.

Apesar dos avanços técnicos, a adoção de novas medidas esbarra em dificuldades financeiras, de fiscalização e comprometimento dos cidadãos. Tais medidas não dispensam a rede de galerias, que deve possuir capacidade de vazão e estar preparada para atuar independentemente, mesmo que em situações emergenciais, e a incorporação de novas tecnologias no desenvolvimento de materiais de pavimentação (Pompêo, 2000).

De acordo com Suderhsa (2002), é necessário a adoção de controle de enchentes que considerem as seguintes diretrizes: a) incremento de vazão em determinado local não deve ser transferido para áreas localizadas à jusante; b) avaliação de impactos devidos à instalação de novos empreendimentos deve ser realizada no âmbito da bacia hidrográfica como um todo; c) o horizonte de avaliação não deve se limitar ao estado presente, mas em possíveis formas de ocupações urbanas futuras; d) o controle das enchentes deve se basear, preferencialmente, em medidas não estruturais.

Os problemas de drenagem urbana requerem soluções alternativas estruturais e não estruturais, baseadas em conhecimentos da dinâmica ambiental, climatológica e hidrológica, além de componentes sociais e políticos-institucionais que contemplem planejamento de drenagem, obras de infraestrutura e de planejamento urbano, analisados de forma integrada nos planos diretores de drenagem (Canholi, 2014).

Ainda conforme Suderhsa (2002), os pavimentos permeáveis, de concreto ou asfalto, podem ser utilizados em vias de pequeno tráfego, como passeio, estacionamentos, quadras esportivas e ruas de pouco tráfego. O uso destes dispositivos não é indicado em vias de grande tráfego, pois estes pavimentos podem ser deformados ou entupidos, tornando-se impermeáveis.

2.1 Asfalto convencional

O pavimento é uma estrutura construída sobre o leito, após os serviços de terraplanagem, por meio de camadas de vários materiais de diferentes características de resistência e deformabilidade, cuja função é fornecer segurança e conforto ao usuário (Souza, 1980; Santana 1993).

As larguras das camadas de um pavimento são divididas em regiões plana, ondulada, montanhosa e escarpada, considerando o tráfego, a importância e a função da rodovia; são classificadas da seguinte forma: Classe especial para tráfego acima de 2000 veículos/dia, Classe I de 1000 a 2000 veículo/dia, Classe II de 500 a 1000 veículo/dia e a Classe III até 500 veículo/dia.



Tabela 1. Largura das camadas

Classe	Região												
	Plana			Ondula			Montanhosa			Escarpada			
	Rev.	Base	Sub-base ou reg.	Rev.	Base	Sub-base ou reg.	Rev.	Base	Sub-base ou reg.	Rev.	Base	Sub-base ou reg.	
Especial	7,50	9,00	11,00	7,50	9,00	10,00	7,50	9,00	9,50	7,50	9,00	9,00	
	7,00	9,00	12,00	7,00	9,00	11,00	7,00	9,00	10,00	7,00	9,00	9,40	
	I	6,00	8,00	10,00	6,00	8,00	9,00	6,00	8,00	8,40	6,00	8,00	8,00
	II e III	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	7,00	9,00	11,00	7,00	9,00	10,00	7,00	9,00	9,40	7,00	9,00	9,00	

Fonte: de Senço, (1997).

Todas as camadas sofrem deformação elástica sob um carregamento aplicado e a carga é distribuída em parcelas equivalentes entre suas camadas (Pinto & Preussler, 2002).

Subleito: Terreno de fundação do pavimento. As estradas em tráfego há algum tempo e a qual se pretende pavimentar, que tenha superfície irregular, exige a regularização (Senço, 1997).



Figura 2. Subleito
Fonte: Arquivo de projetos da empresa



Figura 3. Regularização
Fonte: Arquivo de projetos da empresa

Regularização: Camada de espessura irregular, construída sobre o subleito e destinada a conformá-lo, transversalmente e longitudinalmente, com o projeto. Deve ser executada sempre em aterro (Senço, 1997).

Reforço do subleito: Camada estabilizada granulometricamente, executada sobre o subleito compactado e regularizado, utilizada para reduzir a espessura da sub-base originada pela baixa capacidade de suporte do subleito (Senço, 1997).



Figura 4. Reforço do Rachão
Fonte: Arquivo de projetos da empresa



Figura 5. Sub-base
Fonte: Arquivo de projetos da empresa



Sub-base: Camada que complementar a base quando não for aconselhável construir em cima da regularização ou do subleito, conforme orientação de projeto (Senço, 1997).

Base: Camada destinada a receber os esforços do tráfego de veículos (Senço, 1997).

Imprimação impermeabilizante: É a aplicação de uma película de material betuminoso sobre a base, com o objetivo de aumentar a coesão da superfície imprimada, impermeabiliza a camada anterior e aumenta a aderência com a camada superior (Senço, 1997).



Figura 6. Imprimação impermeabilizante
Fonte: Arquivo de projetos da empresa



Figura 7. Binder
Fonte: Arquivo de projetos da empresa

Camada de Ligação: A camada de ligação conhecida como “*Binder*” é a mistura utilizada abaixo da camada de rolamento, geralmente apresenta maior porcentagem de vazios e menor consumo de ligante em relação à camada de rolamento (Senço, 1997).

Imprimação ligante: Pintura asfáltica executada sobre a camada de ligação para promover a coesão à superfície da camada pela penetração, dando maior aderência aos vazios promovidos pelos agregados (Senço, 1997).



Figura 8. Imprimação Ligante
Fonte: Arquivo de projetos da empresa



Figura 9. Capa
Fonte: Arquivo de projetos da empresa

2.2 Asfalto permeável

Conforme Baptista e Nascimento (2005), a utilização da técnica de concreto asfáltico poroso é relativamente recente, tendo em vista que a concepção tradicional de pavimentos preconizava sua impermeabilização. Segundo Tomaz (2009), o pavimento poroso consiste de um pavimento de asfalto onde não existem os agregados finos, isto é, partículas menores que 600 μ m (peneira número 30). O asfalto tem agregados com vazios de 40%. Os processos de construção do revestimento poroso não apresentam diferenças expressivas em relação ao concreto betuminoso convencional, à exceção de algumas particularidades. Pode ser aplicado a partir do leito ou ser executado em cima do pavimento existente. Antes da aplicação,



realiza-se a impermeabilização e regularização da superfície, que não pode ter depressões com profundidade maior que 1 cm, para evitar a formação de bacias que propiciam o acúmulo de água entre o revestimento e o pavimento existente. Com a regularização a declividade transversal se adéqua ao escoamento da água. Virgillis (2009) ressalta que deve ser previsto dispositivos que permitam que a saída da água do interior seja rápida, podendo-se usar os acostamentos para implantar drenos. Conforme Acioli (2005), a implantação do pavimento poroso requer análise de viabilidade técnica, conforme Figura 10.

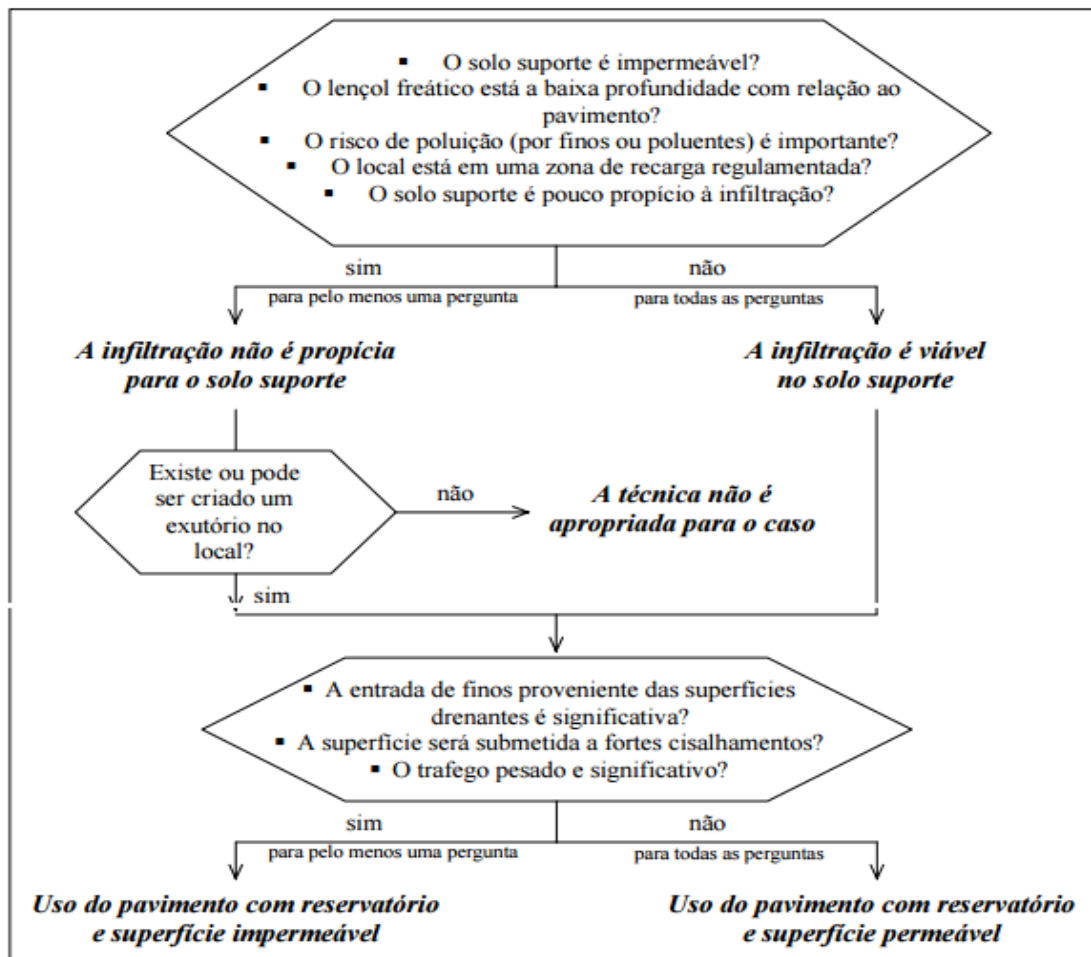


Figura 10. Fluxograma para análise de viabilidade técnica
Fonte: de Acioli, (2005).

Segundo Acioli (2005), antes da aplicação do pavimento poroso é necessário observar:

- ✓ **Características do local de implantação:** áreas a serem drenadas, existência de vegetação, topografia, existência de redes de água e esgoto, o tráfego ao qual será submetido, dentre outros.
- ✓ **Características do solo subjacente:** capacidade/ comportamento de carga, taxa de infiltração.
- ✓ **Estudos hidro geológicos:** Identificará as características do lençol freático, como flutuações sazonais, cota do lençol, vulnerabilidade e propriedades qualitativas.
- ✓ **Estudos hidrológicos:** vazão máxima permitida, características pluviométricas, áreas de armazenamento d'água, localização do exutório, coeficiente de escoamento.

Virgillis (2009), apresenta os procedimentos de implementação e camadas constituintes do pavimento asfalto permeável, conforme Tabela 2.



Tabela 2. Componentes utilizados em pavimentos porosos.

Terminologia	Definição
Camada de Base	Camada colocada abaixo da superfície de revestimento para aumenta a espessura do pavimento. Pode ser simplesmente 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.
Geotextil	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 o 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: de Virgillis, (2009).

Virgillis (2009) ressalta que poucos pavimentos possuem todos os componentes listados, pois cada pavimento tem uma combinação específica que atenda suas necessidades técnicas.

Figura 11. Abertura e preparo de caixa
Fonte: de Virgillis, (2009).



Abertura da caixa e subleito: Deve ser feita uma escavação até a cota determinada em projeto.

Terraplanagem: Tem como objetivo a conformação do relevo terrestre, podendo ser necessário a utilização de solo de jazida (Castro, 2013).



Figura 12. Terraplanagem - preparação para o aterro
Fonte: de Virgillis, (2009).

Reforço do subleito: Camada estabilizada granulometricamente, executada sobre o subleito compactado e regularizado, para reduzir espessuras elevadas da camada sub-base, originadas pela baixa capacidade de suporte do subleito. (DNER-ES 300/97).



Figura 13. Espalhamento e nivelamento de solo para reforço
Fonte: de Virgillis, (2009).

Manta impermeável: A aplicação da manta somente é feita se o projeto for para fins de infiltração ou armazenamento e detenção. A manta feita de Polietileno de Alta Densidade [PEAD] é conhecida como geomembrana. Para não danificar a geomembrana é necessário aplicar uma camada de areia fina que servirá de filtro e depois uma camada pó de pedra compacta para isentar de qualquer material cortante ou pontiagudo (Virgillis, 2009).



Figura 14. Assentamento de geomembrana

Fonte: de Virgillis, (2009).

Sub-base: O conceito da sub-base para pavimentos porosos é o mesmo do convencional, porém com granulometria maior (Virgillis, 2009). Na camada do reservatório utiliza-se pedras com diâmetros entre 40 mm a 75 mm (pedra brita n. 3 e n. 4), para congelamento do solo a profundidades que pode variar de 0,61m a 1,22m e o reservatório deverá drenar em 24h a 72h o volume d'água. Se o pavimento for voltado para armazenamento, deverá ser executada uma camada macadame hidráulico para servir como reservatório e camada de Brita Graduada Simples [BGS], porém antes da camada de BGS executa-se o salgamento com pó de pedra (Virgillis, 2009).



Figura 15. Espalhamento de macadame hidráulico (pedra 3)

Fonte: de Virgillis, (2009).

Base: Camada de macadame betuminoso ou outros materiais, que servirá de suporte para o revestimento com macadame betuminoso travado estruturalmente com britas de graduação inferior (pedra n. 1) e pedrisco compactados com rolo liso vibratório (Virgillis, 2009).



Figura 16. Execução da camada de macadame betuminoso
Fonte: de Virgillis, (2009).

Imprimação ligante: Mesmo conceito do pavimento convencional, porém diluído em maior proporção sendo de tipo CM-30 na proporção de 0,8 litros/m². A aplicação é feita à quente de maneira rápida, para dar aderência aos grãos para que se unam sem diminuir significativamente o teor de vazios, e mantendo a porosidade. Deve ter gradação aberta, e resistência suficiente aos esforços impostos pelo tráfego, além de conferir boa resistência ao cisalhamento, para dar suporte a camada de CPA (Virgillis, 2009).



Figura 17. Aplicação de imprimação
Fonte: de Virgillis, (2009).

Revestimento: Camada final que no revestimento poroso é denominada de Concreto Asfáltico Poroso [CPA] é a parte mais importante do pavimento. Deve-se ter cuidados com produção, transporte e aplicação. Requer mão de obra qualificada para obter máximo desempenho de permeabilidade (Virgillis, 2009).



Figura 18. Execução do revestimento
Fonte: de Virgillis, (2009).



3 Metodologia

Adotou-se na pesquisa, como estratégias de investigação, a análise bibliográfica e documental de uma empresa atuante no setor, cuja identificação não foi autorizada. De acordo com Martins e Theóphilo (2009), a pesquisa bibliográfica é realizada a partir da anotação impressa e pesquisa anterior, tais como teses, artigos, revistas, etc., baseando-se em categorias (teóricos ou dados) que foram trabalhados por outros pesquisadores e devidamente registrado.

Para o levantamento bibliográfico, foram consultadas as bases de dados *SciELO*, *Web of Science* e *Scopus*, utilizando a combinação dos seguintes termos: “asfalto permeável”; “*permeable asphalt*”; “*conventional asphalt*”; “drenagem urbana” e “*urban drainage*”.

A comparação das variáveis resistência e permeabilidade, foi realizada por meio de análise documental, com base nos resultados de ensaios realizados por equipe do Centro Tecnológico de Hidráulica da Universidade de São Paulo.

De acordo com Cooper e Schindler (2008), estudos exploratórios produzem estruturas soltas com o objetivo de descobrir trabalhos de futuras investigações. O principal objetivo da exploração é tornar claros os conceitos e delinear o problema de pesquisa, para desenvolver hipóteses para pesquisas futuras.

Para Gil (2015) a pesquisa exploratória pode ser desenvolvida, a fim de fornecer uma visão geral sobre determinado fato. A informação é geralmente originada por estudos bibliográficos e de coleta de dados.

4 Análise dos resultados

4.1 Comparação de permeabilidade entre asfalto convencional e asfalto permeável

O asfalto permeável como medida mitigadora no combate a enchentes e inundações abrange benefícios ao meio ambiente com a recarga de lençol freático, aumento da umidade nas áreas verdes urbanas e melhora da qualidade da água infiltrada, retendo impurezas (Tucci, 2003).

As principais diferenças entre o asfalto convencional e o asfalto permeável é o elevado índice de vazios do asfalto permeável devido ao aumento de tamanho granulométrico, constituído para drenar de modo eficiente a água superficial. O asfalto convencional é impermeabilizado em suas camadas mais superficiais afim de conferir maior resistência mecânica.

O traço do asfalto varia de acordo com a resistência que se busca, quanto maior a resistência, menor a capacidade de permeabilidade. Segundo Virgillis (2009), o asfalto permeável possui índices de vazios na ordem de no máximo 25% enquanto o asfalto convencional possui apenas 4% de vazios.

Uma das principais alegações contra o uso do asfalto permeável está na aplicação onerosa e retorno financeiro abaixo do esperado. Novas tecnologias tendem a ser onerosas e o asfalto permeável tende a pagar-se com o tempo, sobretudo pela redução de obras de drenagem.

Polastre e Santos (2006), mencionam que, para permitir a percolação de grande quantidade 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 como pavimento para tráfego, o asfalto permeável, para seu maior desempenho possui algumas restrições, como a declividade. Conforme Virgillis (2009), quanto maior a declividade da pista de asfalto permeável, menor a taxa de infiltração da água.



4.2 Comparativo de resistência entre o asfalto permeável e asfalto convencional

A vida útil nos pavimentos asfálticos pode se reduzida por erros na execução, sobrecarga, mesmo quando as misturas asfálticas atendem as especificações vigentes. Os principais problemas estão relacionados com a resistência, fadiga e acúmulo de deformação permanente nas trilhas das rodas, sendo que a fadiga é importante característica para perda de desempenho das camadas asfálticas no Brasil (Virgillis, 2009).

A resistência do asfalto poroso depende da escolha do material ligante, identificado por ensaios realizados com ligantes convencionais e ligantes modificados por polímeros (Gonçalves, 2000). Os ligantes especiais conferem maior resistência à oxidação (misturas porosas, pelo alto índice de vazios, estão sujeitas a oxidação) e proporcionam pontos de ligação mais fortes entre as partículas do agregado (Gonçalves, 2000).

Em locais onde há esforços tangenciais o pavimento é mais vulnerável a trincas e desagregações quando utilizado ligantes convencionais. No caso dos ligantes modificados por polímeros (que envolve agregados) o resultado é um asfalto mais flexível e dúctil devido a coesão das partículas, quando comparado ao asfalto convencional.

4.3 Desvantagens do asfalto permeável

O alto teor de vazios pode favorecer o dano por ação da água, com desprendimento de agregado, no caso de má adesão entre o agregado e o ligante. Esse efeito pode ser combatido com o aumento da espessura da película de ligante, recobrando os agregados do asfalto modificado por polímeros (Castro, 2013).

Para obter maior permeabilidade é preciso maior volume de vazios e haverá menos resistência. Por isso, há limitações na aplicação do sistema de drenagem com concreto permeável, mais indicado para locais com menor solicitação de carga, onde a resistência é menos exigida, locais de tráfego leve (Febestral, 2005).

Entupimentos provocados por terras adjacentes, óleos ou areia podem obstruir as interligações do asfalto, contudo, é possível minimizar esse problema com a manutenção periódica para o desentupimento dos vazios. Em regiões de clima frio pode ocorrer entupimento e trincas, causados pela neve; em regiões áridas a amplitude térmica e a possibilidade de contaminação de aquíferos podem impor restrições ao uso (Acioli, 2005).

Considerações finais

O acelerado processo de urbanização e a consequente impermeabilização dos solos em áreas urbanas, associados à falta de planejamento, geraram consequências negativas ao meio ambiente e à sociedade. Dentre as novas proposições pode-se destacar a utilização de materiais alternativos, que contribuem para a redução do escoamento superficial e para o aumento da capacidade de infiltração da superfície.

O asfalto permeável se caracteriza pela multifuncionalidade. É capaz de promover a infiltração da água precipitada; recarregar o lençol freático, com melhora na qualidade da água percolada; possibilidade de armazenagem da água infiltrada, em reservatórios, para diversos fins; garantir a segurança rodoviária, devido a capacidade elevada de drenagem e dispersão de água da superfície.

Com relação ao aspecto mecânico, em especial o critério de resistência, o pavimento de asfalto permeável possui desvantagens em relação ao asfalto convencional, uma vez que oferece menor resistência à tração exigida pelo tráfego pesado de veículos comerciais e à fadiga dos seus componentes ligantes, provocando a desagregação. Porém, observa-se que



novas formulações estão sendo estudadas e aplicadas, melhorando seu desempenho em ensaios, como cântabro e outros.

Diante de tais informações, destaca-se a necessidade de futuros estudos mais abrangentes que incluam, na análise de custos, os gastos públicos e privados, diretos e indiretos, relacionados ao problema das enchentes ocasionado pela impermeabilização do solo, devida a utilização do asfalto convencional. Tendo em vista as limitações em relação à variável resistência, destaca-se também a necessidade de novos estudos que permitam identificar vias e locais que favoreçam o uso e desempenho do asfalto permeável, como aquelas apontadas pelas bibliografias consultadas, a exemplo de áreas privadas de estacionamentos, pátios, grandes empreendimentos imobiliários e vias de tráfego local.

Referências

- Acioli, L. A. (2005). Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte. Doctoral dissertation, *Programa de Pós graduação em Recursos hídricos e saneamento ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul*.
- Baptista, M. B., de Oliveira Nascimento, N., & Barraud, S. (2005). *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. ABRH.
- Canholi, A. (2015). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. Oficina de textos.
- Castro, L. R. (2013). Mezclas Drenantes. In *13º Congreso Ibero-Americano Del Asfalto*.
- Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2008). *Métodos de Pesquisa em Administração-12ª Edição*. McGraw Hill Brasil.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - DNER. (1997). Divisão de Capacitação Tecnológica, IPR. Pavimentação – reforço do subleito - ES300/97, Rio de Janeiro.
- EPA. (1999). September. Stormwater Technology Fact Sheet: Porous Pavement. EPA, Washington, DC.
- Febestral. (2005). Les Revêtements Drainants en paves de beton. Recuperado em: 27, outubro de 2017, de: <http://www.febestral.be>
- Gil, A. C. (2015). Como elaborar projetos de pesquisa. *São Paulo*, 5(61), 16-17.
- 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.
- Höltz, F. D. C. (2011). Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental.



- Martins, G. D. A., & Theóphilo, C. R. (2009). Metodologia da investigação científica. *São Paulo: Atlas*.
- Pinto, S., & Preussler, E. (2002). Pavimentação rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis. *Rio de Janeiro: Editora Copiarte, ISBN, 85-902537*.
- Polastre, B., & Santos, L. D. (2006). Concreto permeável. *Faculdade de Arquitetura e Urbanismo-USP. São Paulo, 2*.
- Pompêo, C. A. (2000). Drenagem urbana sustentável. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 5(1), 15-23*.
- Prefeitura do Município de São Paulo. PMSP. (1992). Camada de reforço do Subleito de solo-brita de granulometria descontínua PMSP ES-03- *Secretaria de Vias Publicas*.
- Santana, H. (1993). Mecânica dos pavimentos de baixo custo. 27a Reunião Anual de Pavimentação. *ABPv, Teresina, PI, 1, 489-521*.
- Senço, W. (1997). Manual de Técnicas de Pavimentação. 1ª edição, editora PINI. *São Paulo*.
- Souza, M. L. D. (1980). Pavimentação rodoviária. *Livros técnicos e científicos, 2ª edição. Rio de Janeiro*.
- Suderhsa, C. H. D. B. (2002). Manual de drenagem urbana–Região metropolitana de Curitiba/PR-versão 1.0. *Suderhsa–Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Não publicado*.
- Tomaz, P. (2009). Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. *Oceania, 65(4), 5*.
- 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).