

Estudo para Escoamento de Águas Pluviais Através de Concreto Permeável na Cidade de Manaus

PEREIRA, RUBENS ALBERTO CHAGAS

Estudante Bacharel em Engenharia Civil

Laureate International Universities/ Uninorte

BRITO, CHARLES RIBEIRO DE

Professor, Arquiteto

Laureate International Universities/Uninorte

Resumo

Em Manaus, as crescentes ocupações urbanas, e principalmente irregulares aliados à falta de infraestrutura e ações de planejamento para manutenção preventiva, são fatores que tem como resultado as diversas ocorrências no município. Erros de projeto e planejamento trazem como consequências os assoreamentos de igarapés, falta de drenagens apropriadas, escoamento adequado das águas pluviais, deslizamentos de terra, enchentes, caos ao trânsito, dentre outros fatores. Os pavimentos permeáveis funcionam como sistemas de infiltração de água, no qual permitem que haja uma grande redução do volume de água durante grandes precipitações, permitindo também o escoamento superficial e com isso favorecendo uma possível recarga do lençol freático. O presente artigo tem por objetivo realizar estudos para analisar a viabilidade técnica no âmbito de implantação do pavimento permeável de baixo custo e tecnologia simples, afim de combater grandes fluxos de águas decorrentes das precipitações em um centro de treinamento para condutores, sob influência do clima e tempo, na cidade de Manaus, onde casos de alagamentos ocorre com muita frequência.

Palavras-chave: Alagamentos; Escoamento; Infraestrutura; Pavimentos Permeáveis; Precipitações.

INTRODUÇÃO

Manaus como toda cidade metropolitana, sofre com o crescimento desordenado da população, a falta de gestão integrada no planejamento urbano, a insuficiência das instalações de sistema de esgotos sanitário e pluvial trazem sérios problemas para a capital que na sua maioria ainda não dispõem de Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano. As áreas urbanas ficam cada vez mais impermeabilizadas, ocorre o aumento dos volumes do escoamento superficial e a aceleração dos escoamentos e, como consequência, alagamentos e inundações.

Em uma pavimentação convencional durante uma chuva torrencial, rapidamente há formação de escoamento superficial, este volume de água vai demandar o sistema de drenagem urbana, que pode saturar e assim ocasionar enchentes.

Os pavimentos permeáveis possuem espaços livres na sua estrutura, possibilitando assim que a água o transpasse com uma certa facilidade. Eles evitam que se forme o escoamento superficial, garantindo que praticamente 100% da água seja infiltrada através de sua estrutura, que por sua vez pode se infiltrar no solo ou ser transportada através de sistemas auxiliares de drenagem.

Toda obra que interpõe estruturas pouco permeáveis entre o solo e as precipitações, faz com que o escoamento seja incrementado e que a infiltração diminua numa mudança de regime de escoamento localmente mais drástica (MAPLU, 2009).

Neste contexto, o artigo tem por objetivo realizar estudos para analisar a viabilidade técnica no âmbito de implantação do pavimento permeável de baixo custo e tecnologia simples, afim de combater grandes fluxos de águas decorrentes das precipitações em um centro de treinamento para condutores, sob influência do clima e tempo, na cidade de Manaus, onde casos de alagamentos ocorre com muita frequência. Neste caso o

pavimento permeável escolhido para a implantação foi o concreto permeável.

Considero essa pesquisa um desafio, mas acredito que poderá trazer contribuições práticas e teóricas de grande relevância, não só para a área delimitada no artigo, mas para grande parte da cidade, pois no período de chuvas em Manaus, é visível o quanto à cidade necessita de um plano de gestão voltado para sanar problemas de alagações e desmoronamentos de terras, decorrentes da saturação do solo, fazendo com que ocorra sérios problemas à sociedade em geral.

DESENVOLVIMENTO

1. Concreto Permeável: sua história, conceito e requisitos para sua utilização

O concreto permeável surgiu na França entre os anos 40, devido ao crescimento populacional das grandes cidades e principalmente, pelas buscas para o uso de técnicas que possibilitassem devolver ao solo a sua capacidade de infiltração, já que em tempos chuvosos o solo não conseguia evitar o escoamento superficial das águas, ocasionando inundações, e assim proliferando doenças.

Em 1978, foi lançado na França um projeto de pesquisa com o objetivo de desenvolver novas soluções para a redução dos problemas de inundações. O pavimento permeável em concreto destacou-se dentre as soluções estudadas, devido à facilidade que apresenta de integração ao ambiente das cidades.

No final dos anos 80, o concreto permeável passou a ser produzido de forma industrial em alguns países. No final dos anos 1990 e início dos anos 2000, o material se firmou como tecnologia construtiva para contribuir para a drenagem nas grandes cidades, reduzindo o escoamento superficial e, portanto, o risco de enchentes.

No Brasil, a utilização do concreto permeável ainda é lenta, mas vem crescendo gradativamente durante os anos, pois

tem contribuído no que diz as legislações municipais relacionadas à infiltração e à permeabilidade do solo. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) desenvolve, desde 2007, pesquisas com concreto permeável para uso em pavimentação, como solução para os problemas relacionados à impermeabilização dos solos nos grandes centros urbanos.

No ano de 2009, foi desenvolvido pela Universidade de São Paulo um projeto de pesquisa no qual um estacionamento de aproximadamente 1600m² foi pavimentado de um lado com asfalto permeável, de outro com blocos intertravados de concreto poroso, demonstrando a capacidade de absorção destes com relação ao primeiro, e contribuindo para o desenvolvimento da tecnologia de concreto poroso.

Em agosto de 2015, o concreto permeável deu mais um passo à frente como sistema construtivo no país com a publicação da NBR 16416 – Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e Procedimentos, que estabelece os requisitos mínimos para projeto, especificação, execução e manutenção dos diferentes tipos de pavimentos permeáveis em concreto. A publicação da norma técnica contribui para que seja assegurada a qualidade deste tipo de pavimentação, incentivando o uso desta tecnologia.

O concreto permeável possui alta porosidade devido aos espaços vazios que fazem com que os poros fiquem interconectados, limita-se o teor de finos nos traços do concreto e a pasta de cimento é responsável por garantir a interconectividade dos vazios. Muito utilizado em estacionamentos e áreas de pouco fluxo de veículos ou veículos de pouca carga.

A estrutura de um pavimento permeável deve ser dimensionada considerando as precipitações da região, as características da permeabilidade e suporte do solo e o nível do lençol freático. A velocidade de infiltração de água vai depender muito do tipo de dimensionamento que o projetista irá adotar

como as características da camada de amassamento, da sub-base, da base, do subleito e do sistema de drenagem.

O escoamento superficial é o segmento do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento da água na superfície da terra.

Tem origem, fundamentalmente, nas precipitações e constitui a mais importante das fases do ciclo hidrológico, uma vez que a maioria dos estudos está ligada ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra fenômenos provocados pelo seu deslocamento, ocasionando à erosão do solo, inundações, enchentes, desmoronamentos de terra, saturação do solo, etc. (VILELA; MATOS, 1975)

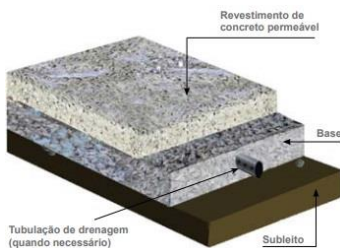


Figura 1 - Seção típica de pavimento de concreto permeável, PR-3 Conceitos e Requisitos para Pavimentos de Concreto Permeável, 2016.

O concreto permeável possui em sua combinação o Cimento Portland, agregado graúdo, pouco ou nenhum agregado miúdo, aditivos e pouca água. Cria-se um concreto cuja quantidade de vazios fique entre 2 e 8 mm, permitindo que a água passe com facilidade. A quantidade de vazios pode variar entre 18 e 35%, com uma resistência à compressão entre 2 e 25 Mpa. A água que passa por esse concreto também pode variar em função do tamanho do agregado graúdo e da massa específica do concreto, mas geralmente está entre 80 e 730 litros de água/minuto/m².

2. AS VANTAGENS, APLICAÇÃO E CUIDADOS DO CONCRETO PERMEÁVEL

O concreto permeável ou poroso, especificamente, pode ser produzido de duas formas: moldado in loco ou em peças pré-moldadas. Virgiliis aconselha cuidado na hora da aplicação em ambos os métodos. Se for a massa jogada em cima da base granular, a regularização pode ser feita com régua. Se forem blocos, eles não devem ser colocados em disposição aleatória, a fim de terem resistência a deformações e não possuírem irregularidades longitudinais.



Figura 2 - Caracterização da drenagem no concreto permeável, Viridiana Spinelli, 2017.

O concreto permeável auxilia na recuperação da capacidade de infiltração do solo perdida com o avanço das áreas urbanas com o solo impermeabilizado, e com isso, dificultando a passagem da água. Diminui riscos de enchentes e recupera áreas degradadas, permitindo recarregar os aquíferos subterrâneos e reduzindo a velocidade do escoamento das águas pluviais, considerando-se assim um sistema de drenagem urbana sustentável. Diferentemente do asfalto, o concreto permeável não exige manutenção periódica, não deforma com o calor, distribui as cargas em formas proporcionais e reduz a temperatura do local de implantação, pois não absorve e nem reflete aos raios UV.

O concreto permeável pode ser aplicado sobre uma sub-base também permeável bem compactada. A água que passa pelo sistema formado pelo concreto permeável mais a sub-base,

mais o solo, agindo como filtro natural removendo materiais indesejados. A aplicação obedece aos mesmos critérios e cuidados que o concreto convencional exige como boa sub-base, compactação adequada, aplicação de juntas dilatadoras e uma boa cura.

3.MANUTENÇÃO E BENEFÍCIOS TANTO AMBIENTAIS QUANTO ECONÔMICOS DO CONCRETO PERMEÁVEL

O concreto permeável pode durar até dez anos com a parte estrutural íntegra, mas é preciso tomar cuidado com a colmatção, o entupimento das camadas superiores por sujeira. Estudos indicam que nos primeiros dois anos, a tendência é o concreto poroso perder 50% da capacidade de permeabilização, e continuar perdendo o resto gradativamente até fechar sete anos, quando os vazios estariam entupidos na superfície. No caso de concreto permeável moldado in loco, a manutenção é feita com a retirada de 3 cm ou 4 cm da camada mais externa, que é substituída por uma nova. Se o sistema for de blocos, as opções são trocar os blocos por novos ou arrancá-los cuidadosamente e trocá-los de lado. A face externa vira para a estrutura interna e é como se fosse criada uma retro lavagem.

Possui vários benefícios dentre eles existem os ambientais e os econômicos. Os ambientais derivam da redução de enxurradas causadas pelas chuvas, protege rios e lagos contra à poluição por restos de resíduos sólidos, restabelece as águas subterrâneas (lençóis freáticos), permitindo também levar água e oxigênio para as raízes das vegetações. Seu custo x benefício é muito baixo comparado a outros tipos de pavimentação, por não precisar de manutenção periódica, fazendo a integração com vários sistemas de drenagens, assim trazendo mais comodidade à população.

4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A localização da área de estudo é na Avenida Noel Nutels no Bairro Cidade Nova, Manaus – AM, com latitude -3.0301453 e longitude -59.9686499 e 2.405,68m², mostrado na figura abaixo.



Figura 3 - Mapa de localização geográfica da área de estudo, Fonte: Adaptado do Google Maps, 2019.



Figura 4 - Vista frontal da área de estudo, Fonte Adaptado do Google Street View, 2019

5. Caracterização e aplicação do concreto permeável

A estrutura do pavimento deve ser dimensionada considerando-se a intensidade da chuva no local e as características do solo, além das condições de tráfego às quais o pavimento estará sujeito. Devem também ser atentados os materiais utilizados na camada de base onde o volume de vazios dos agregados deve ser superior a 30% de acordo com método de ensaio da norma ABNT NBR NM 45. O clima em Manaus é tropical. Na maioria dos meses do ano existe uma pluviosidade significativa. Só existe uma curta época seca e não é muito eficaz. Segundo

Köppen e Geiger, a temperatura média em Manaus é de 27.4 °C, e a média anual de pluviosidade é de 2145 mm, agosto é o mês mais seco com 56 mm e o mês de março possui maior precipitação, apresentando uma média de 295 mm.

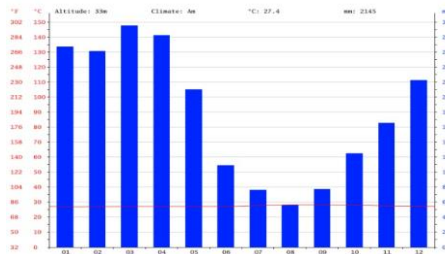


Figura 5 - Gráfico de temperaturas e precipitações médias em Manaus, ano 2018, Fonte: Clima-Data.org, 2019.

DADOS CLIMATOLÓGICOS PARA MANAUS												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	26,9	27	27,1	27,1	27,1	27,1	27,7	28,2	28,2	28	27,9	27,4
Temperatura mínima (°C)	23,2	23,3	23,4	23,4	23,1	22,8	23	23,4	23,8	23,7	23,8	23,3
Temperatura máxima (°C)	30,6	30,7	30,8	30,9	31,1	31,4	32,5	33	32,9	32,3	31,9	31,6
Temperatura média (°F)	80,4	80,6	80,8	80,8	80,8	80,9	81,9	82,8	82,8	82,4	81,9	81,3
Temperatura mínima (°F)	73,8	73,9	74,1	74,1	73,6	73,0	73,4	74,1	74,8	74,7	74,8	73,9
Temperatura máxima (°F)	87,1	87,3	87,4	87,6	88,0	88,5	90,5	91,4	91,2	90,1	89,7	88,9
Chuva (mm)	287	281	298	292	210	104	70	56	77	128	166	222

Figura 6 - Dados climatológicos de Manaus, ano 2018, Fonte: Clima-Data.org, 2019

Coefficiente de escoamento

O escoamento superficial consiste no segmento do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento da água na superfície da terra. Tem origem, fundamentalmente, nas precipitações e constitui a mais importante das fases do ciclo hidrológico, uma vez que a maioria dos estudos está ligada ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento, erosão do solo, inundação etc. (VILELA; MATOS, 1975).

Coefficiente de Escoamento ou Deflúvio Superficial: Parte da água da chuva penetra no terreno, parte é retida pela

vegetação, parte se acumula em lagos e barragens, e parte escoo pela superfície.

Esta parcela que escoo pela superfície é chamada deflúvio superficial. Para o dimensionamento de drenagem, o coeficiente de escoamento é utilizado no cálculo da vazão máxima de contribuição de uma bacia através do método racional, de acordo com a equação:

$$Q = ciA$$

onde:

Q = vazão;

c = coeficiente de escoamento;

i = intensidade da precipitação local;

A = área do local.

$$Q = ciA$$

$$Q = 0,05 * 0,295m * 2405,68m^2$$

$$Q = 35,50m^3/h$$

Zonas	Coefficiente de escoamento
1 de edificação muito densa	0,70 a 0,95
2 de edificação não muito densa	0,60 a 0,70
3 de edificações com poucas superfícies livres	0,50 a 0,60
4 de edificações com muitas superfícies livres	0,25 a 0,50
5 de subúrbios com alguma edificação	0,10 a 0,25
6 de matas, parques e campos de esportes	0,05 a 0,20

Tabela 1 – Coeficientes de escoamento de acordo com zonas, Fonte: Wilken, 1978

Portanto, áreas pouco edificadas e arborizadas podem apresentar coeficientes de escoamento de 0,05, isto significa que apenas 5% da água vai gerar escoamento superficial, o restante vai ser infiltrado pelo solo ou ficar retido em depressões e na própria vegetação. O objetivo de utilizar pavimentos permeáveis é justamente reduzir o coeficiente de escoamento, resultando assim em uma área útil com um valor de “c” abaixo da faixa de regiões de matas, parques e campos de esporte. Na prática, uma área com pavimentação permeável bem dimensionada acaba

apresentando desempenho até mesmo superior a uma área com vegetação, caso esta já tenha parte do solo compactado.

7. COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE

A forma correta de avaliar o desempenho de um pavimento permeável e garantir que ele irá contribuir com a diminuição do escoamento superficial de água, problema típico de áreas impermeáveis, é medindo a velocidade de infiltração de um volume conhecido de água, ou seja, determinando-se o seu coeficiente de permeabilidade. O coeficiente de permeabilidade indica a velocidade de infiltração de água no solo, referida em m/s (PINTO, 2002).

A área de estudo que servirá de proposta para a implantação do concreto permeável consiste de dois tipos de solos, ela possui uma área ao fundo do terreno com um talude natural com inclinação de aproximadamente 45° e com uma extensa área de mata com todos os tipos de vegetação. A área que será aplicado o pavimento permeável consiste em um solo de silte e silte argiloso, portanto considerada uma área de muito baixa permeabilidade, sendo necessário fazer uma nova base para que a água da chuva seja drenada com mais facilidade ao passar pelo pavimento permeável, assim garantindo 100% de eficiência.

Esta informação é importante para o dimensionamento do sistema na fase de projeto e também após a execução, como forma de acompanhar o desempenho do pavimento ao longo da sua vida útil.

Tipo de solo	Coefficiente de permeabilidade k (m/s)	Grau de permeabilidade
Brita	$> 10^3$	Alta
Areia de brita, areia limpa, areia fina	10^2 a 10^5	Alta
Areia, areia suja e silte arenoso	10^4 a 10^{-7}	Baixa
Silte, silte argiloso	10^{-7} a 10^{-9}	Muito baixa
Argila	$< 10^9$	Praticamente impermeável

Tabela 2 - Coeficiente de permeabilidade dos solos, Fonte: Adaptado de Araújo et. al., 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pavimentos permeáveis além de promoverem diretamente o amortecimento da água de escoamento superficial, melhoram a qualidade das águas pluviais urbanas e atuam como reservatório para aproveitamento da água de escoamento superficial para fins não potáveis (Gomes et al. 2010).

A utilização de pavimentos permeáveis ainda é carente de informações referentes ao seu desempenho mecânico. Além disso, para popularização dessa alternativa no meio técnico informações referentes a aspectos de durabilidade do dispositivo devem ser contempladas nas pesquisas as quais devem conciliar os fatores mecânicos da camada de revestimento e geotécnicos da camada de base além dos critérios hidráulicos- hidrológicos já difundidos.

O sistema de pavimentação permeável ainda é pouco utilizado no Brasil, mesmo sendo uma solução simples e de ótimo custo benefício, além de diminuir ou eliminar o escoamento superficial, permitindo um aproveitamento mais eficiente da área construída, reduzindo as enchentes causadas pelas chuvas, protegendo rios e igarapés contra a contaminação das águas pluviais, restabelecendo os lençóis freáticos levando oxigênio as raízes da vegetação, promovendo ganho ambiental e econômico em áreas urbanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, P. R., TUCCI, C. E. M., GOLDEFUM J. A.(2000). **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial.**
2. PINTO, C. **Curso básico de mecânica dos solos. Oficina de textos.** 2ª edição. São Paulo, 2008
3. BAPTISTA, M.B; NASCIMENTO, N.O; SOUZA, V.C.B; COSTA, L.S.G.(1998). **Utilização de Tecnologias**

compensatórias no projeto de um sistema de drenagem urbana.

4. FERGUSON, B. K. Porous Pavements. **Integrative Studies in Water Management and Land Development. Florida, 2005.**
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Peças de concreto para pavimentação Especificação. NBR 9781. Rio de Janeiro, 1987.**
6. ABESC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. **Sistemas Construtivos Pavimentos Permeáveis, 2019.**
7. ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, **Conceitos e Requisitos para Pavimento de Concreto Permeável, 2019.**