

Vantagens do Concreto Permeável como Método Construtivo Renovável

ADRIANO SILVESTRE FERNANDES

Estudante Bacharel em Engenharia Civil
Laureate International Universities/UNINORTE (Brasil)

GLAUBER DO VALE DE MEDEIROS

Estudante Bacharel em Engenharia Civil
da Laureate International Universities/UNINORTE (Brasil)

JOSÉ CLAUDIO MOURA BENEVIDES

Engenheiro Eletricista da Laureate International
Universities/UNINORTE (Brasil)

Abstract

It is a descriptive work that addresses the advantages and qualities of permeable concrete, especially those of conventional use. In order to present information about the objectives and the methodology, which is to clarify through technical means about the theoretical foundations on the permeable concrete, verifying the contribution of the same to its applicability? There has been a great deal of inefficiency in existing rainwater systems. The problem of rainfall collapse is not associated to a single factor but to a combination of several events, such as soil sealing, caused by population growth; the disorderly urban expansion; the disregard for the environment and an increase in the intensity of atmospheric precipitation. In view of this, it is necessary to develop new constructive techniques capable of contributing to the reduction of surface runoff. Permeable concrete elements are an effective way to contribute positively to important environmental issues and support the growth of cities. For the development of this material, in addition to identifying the main factors to be considered, both in the production of concrete and in the application in construction site. However, complementary studies are still needed to implement this new technology.

Key Words: Permeable Concrete, Waterproofing, Permeable Pavement.

INTRODUÇÃO

Sabemos da importância das raízes das árvores da floresta tropical e toda a vegetação que ajudam a proteger o solo. Quando as árvores são eliminadas, não existe mais nada para proteger o chão, aí começa o processo de lixiviação e os solos são rapidamente lavados com a chuva passando assim a ocorrer o processo de carregar o solo, também conhecido como processo de erosão.

Lixiviação é o processo ou a extração ou solubilização dos constituintes químicos de uma rocha, mineral, solo, ou seja, a lavagem da camada superficial do solo e depósito sedimentar entre outros, pela ação de um fluido percolante. Quando ocorrem ações físicas, a terra fica permeável de modo grosseiro, acontecendo o tal fenômeno, que também é chamado de lavagem.

Na medida em que os solos são carregados para os rios, passam a ocorrer também problemas com a vida marinha, principalmente para os peixes e para as pessoas. Onde os peixes sofrem porque a água torna-se bastante turvada, ao passo que as pessoas têm problemas para navegar devido que os rios tornam-se rasos em função do aumento da quantidade de sedimentos na água. Enquanto isso, os grandes fundiários e agricultores perdem o solo que é importante para o plantio.

Além do ritmo atual de desenvolvimento da sociedade que procede com o surgimento de novas técnicas e metodologias que auxiliam o homem na exploração do meio ambiente. Tais processos trouxeram sérias conseqüências, com impactos profundos para a natureza e, por conseguinte, para a própria sociedade. Um dos principais impactos refere-se à alteração

provocada pelas drenagens urbanas, principalmente em função do desenvolvimento descontrolado das grandes cidades.

Cientistas procuram sempre novas alternativas para que as ações diretas ao meio ambiente sejam menos danosas, principalmente quando se é eliminada por completo os meios naturais por ações antrópicas.

Vemos nos noticiários todos os anos à mesma situação, onde na época das chuvas de verão as áreas metropolitanas das cidades passam por enchentes que desalojam milhares de pessoas. Normalmente os maiores prejudicados são as pessoas pobres da periferia que não possuem condições seguras e ideais de moradia, estando em situação precárias de condições urbanísticas da cidade.

As enchentes são fenômenos naturais ou não que surgem quando uma área natural recebe um volume de água superior ao que pode comportar ou infiltrar, resultando em transbordamentos. Tal fenômeno ocorre em lagos, rios, córregos, mares e oceanos devido ao grande volume das chuvas fortes e contínuas. Tida como entre as catástrofes naturais, a que mais danos causam à saúde da população e a seus patrimônios, com elevada mortalidade, em decorrência do efeito direto das inundações e das doenças infecciosas secundárias aos transtornos nos sistemas de água e saneamento.

As enchentes, atuais, são resultados de um processo de modificação antrópica da natureza, que acompanha o crescimento rápido e não planejado das cidades, onde o homem passou ocupar áreas verdes, concretando e asfaltando áreas que antes possuíam somente terra e vegetação.

A atual realidade dos grandes centros mostra que a alteração dos rios urbanos, com retificação e embora essas ações resolvam inicialmente alguns problemas de drenagem, as mesmas acabam por aprisionar e acelerar o fluxo desses líquidos de contribuição, colaborando para agravar o problema sistêmico. Em muitos casos as administrações municipais

cobrem os canais para esconder a geração de esgoto doméstico e de resíduos sólidos na cidade ou para criar artérias de tráfego.

Conforme avança o processo de impermeabilização do solo, nota-se que os impactos sobre o ciclo hidrológico das regiões afetadas vão se agravando. Uma das conseqüências é a redução do nível do lençol freático, que deixa de ser reabastecido pelas chuvas. Outra é a alteração da movimentação do fluxo de água na bacia. Portanto, passaremos a estudar neste artigo, um método que pode ser usado, através do concreto especial, que é caracterizado pela falta de finos e por gerar uma estrutura permeável e bastante resistente.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

Esclarecer o meio técnico em geral a respeito dos fundamentos teóricos do concreto permeável, suas aplicações e as vantagens da utilização desta tecnologia como elemento de pavimentação, bem como verificar de que forma pode contribuir na melhoria da qualidade da drenagem urbana.

1.3 Metodologia

Para o preparo desta pesquisa classificada como bibliográfica foram utilizados os seguintes instrumentos metodológicos: artigos científicos, revistas eletrônicas, livros, normas técnicas, monografias e Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) digitais, sites, dentre outros métodos.

Esse estudo de proposta metodológica considerada como revisão bibliográfica é classificada quanto aos seus objetivos e metodologia como pesquisa descritiva que busca delinear o concreto enfatizando o concreto permeável em cinco (5) capítulos. Pretende-se, por meio da compreensão e entendimento dos aspectos técnicos e teóricos desenvolver capacidade para a produção de textos descritivos, que

expressem com melhor coerência a sua aplicabilidade, execução e características.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceito concreto

Para Pedroso (2009), o concreto como um material compósito que consiste de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas de diferentes naturezas. Entre essas partículas, há o aglomerante, que é o cimento em presença de água; o agregado, que é qualquer material granular, como areia, pedregulho, seixos, rocha britada, escória de alto-forno e resíduos de construção e de demolição; e os aditivos e adições, que são substâncias químicas adicionadas ao concreto em seu estado fresco que lhe alteram algumas propriedades, adequando-as às necessidades construtivas.

2.2 Concreto Permeável

O concreto permeável possui um índice de vazios de 15 a 25% do seu total, onde é usando pouca ou nenhuma quantidade de agregado fino na sua massa, sendo apenas o necessário para manter uma ligação entre os agregados graúdos e a porosidade. Devido a baixa quantidade de agregado miúdo, em consequência da porosidade, o mesmo possui uma baixa resistência à compressão, ficando em torno a 5 a 15 MPa.

Com o resultado da baixa resistência, o mesmo vem sendo usado para locais de tráfego leve, tais como: Estacionamentos de supermercados, praças de convivência, pátios escolares, entre outros lugares em que não transitam carros pesados constantemente.

O concreto convencional tem uma alta resistência à compressão além de ser impermeável. Já o poroso é utilizado para permitir a passagem de água, e possui pouca resistência.

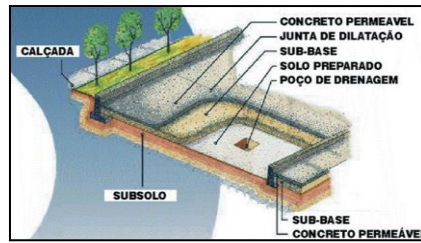


Figura 1 Exemplo no uso do concreto permeável na pavimentação. Fonte: Ibracon.

As principais características e diferenças entre o concreto permeável e o convencional estão descritas na tabela abaixo:

Tabela 1 Comparativo entre concreto convencional e permeável.

TIPO	Res. Compressão (Mpa)	Areia	Brita	Aditivos
Convencional	20 a 60 Mpa	De 30 a 50 % do agregado total	Bem graduado, grãos arredondados.	Opcional
Permeável	3 a 30 Mpa	Pouco ou nenhum	Graduação Aberta, grãos angulosos (Brita '0' e pedriscos)	Redutor de água, retardador de pega e incorporador de ar.

Fonte: Adaptado pelo Autor (2018).

2.3 Histórico e utilização do concreto permeável

Segundo FERGUSUM, 2005 O concreto convencional é utilizado para pavimentação de praças, ruas e estradas, desde 1856 quando foi implantado experimentalmente na Escócia. Onde o concreto permeável para pavimentação teve seu início no ano 1970 nos EUA. A utilização vem significativamente tendo sua elevação ao logo dos anos, tendo com primórdio os benefícios ambientais apresentados, entre eles podemos citar: O perfeito

controle do escoamento superficial, a dosagem e desempenho das águas pluviais, o recarga do lençol freático e diminuição da poluição da água e do solo como também reduzem as ilhas de calor, ruídos em ruas e estradas.



Figura 2 Pavimento em Concreto Permeável Fonte: Projeto batente.

Para a elaboração de um pavimento permeável, inicialmente deverá ser realizada uma camada de sub-base para absorver as águas pluviais que percolarem pelo pavimento. Os componentes, o preparo e a colocação do concreto no pavimento devem ser realizados com muito cuidado, a fim de evitar sulcos, fissuras e outras anomalias que possam comprometer o seu funcionamento.

Tendo em vista o rápido tempo de secagem, esta atividade deverá ser realizada em no máximo 15 minutos. Assim que realizada esta etapa do processo, utiliza-se o equipamento mecânico rolo compressor da largura do pavimento, para evitar problemas como a abertura de fissuras. Através do uso de um rolo compressor, garante-se uma melhor compactação do pavimento, sem que ocorra o comprometimento da permeabilidade do pavimento. O concreto permeável tem um elevado índice de porosidade e na etapa de cura torna-se importante, de forma a evitar a perda excessiva de água. Na etapa de cura também se deve iniciar logo no término da pavimentação, aplicando na região concretada um plástico sobre o pavimento durante sete dias. É importante frisar a

necessidade de um rígido controle de qualidade nesta fase a fim de se evitar retrabalhos em curto prazo,

2.4 Concreto no estado endurecido

A catalisação do concreto apresenta na união desenvolvida entre os cristais que se formam na massa de cimento, onde o concreto poroso deve resultar a quantidade de vazios de 15 a 35 % e resistência a compressão, variando entre 2,8 e 28 Mpa.

O concreto elaborado para a execução de pavimentos rígidos tem resistência à tração na flexão de 4,5 Mpa, como também apresentar menor variação volumétrica, menor suscetibilidade a fissura e principalmente um excelente desempenho em comparação aos esforços do tráfego e a ação do meio ambiente.

2.5 Porosidade do concreto permeável

Porosidade é a propriedade que tem a matéria de não ser contínua, havendo espaço entre as massas e é obtida pela relação entre o volume de vazios e o volume de sólidos.

O concreto convencional é um material que, por sua própria constituição, é necessariamente poroso, por que não é possível preencher a totalidade dos vazios do agregado com pasta de cimento.

2.6 Permeabilidade do Concreto permeável

A permeabilidade identifica a possibilidade de percolagem de água através do material. Essa percolagem pode ser por filtração sob pressão, por difusão através dos condutos capilares e por capilares.

A interligação entre os vazios no concreto transforma permeável à água. Essa é principal propriedade atendendo o concreto exposto ao ar, aos ataques de águas agressivas como também outros agentes atmosféricos.

2.7 Resistência a Compressão do Concreto Permeável

O material rochoso de que se gera o agregado graúdo afeta a resistência do concreto poroso independente da graduação do mesmo. Pode ainda ser somada pela diferença na resistência a compressão, na forma das partículas e na textura do próprio agregado.

O agregado bem graduado provoca a diminuição da resistência à compressão simples e tração na flexão do concreto poroso.

O uso de agregado miúdo eleva a resistência, independente de representar uma pequena perda de permeabilidade. O teor de finos na faixa de 9,5 a 4,75 mm é indicado para o concreto permeável, sendo a dosagem e desempenho entre 16 e 20%, garantindo assim pouca interferência no comportamento do concreto, onde o mesmo irá apresentar excelente resistência e permeabilidade.

3 MATERIAIS

3.1 Agregados

Os materiais utilizados no concreto afetam a resistência quanto à permeabilidade do concreto enrijecido. O agregado optado exerce grande influência nas propriedades físicas e mecânicas do concreto, sendo o agente responsável pela massa unitária, pelo módulo de elasticidade, com também pela estabilidade dimensional do concreto. Essas propriedades físicas e mecânicas do concreto dependem principalmente da densidade e resistência dos agregados, ou seja, a composição química e mineralógica das etapas sólidas tem menor importância que suas características físicas.



Figura 3 exemplos de agregados e sua granulometria. Fonte: Construct

Segundo MEHTA e MONTEIRO (2008) a resistência do agregado não tem influência direta na resistência do concreto convencional, exceto se o agregado for muito quebradiço.

Agregados com excessiva quantidade de finos requerem maior quantidade de cimento visto que há necessidade de envolver uma superfície maior.

3.2 Cimento

Comumente é utilizado o cimento Portland comum, porém se pode utilizar cimentos especiais, dependendo das categorias de exposição e seu tipo de cura, onde o concreto poroso tem cura rápida devido a sua estrutura alveolar, que permite a circulação de ar.



Figura 4 Cimento. Fonte Cimento Mizu

Um grande consumo de cimento irá produzir um concreto mais resistente, por outro lado diminui a porcentagem de vazios interconectados entre si, perdendo sua capacidade de infiltração.

3.3 Relação Água/Cimento

A água utilizada na fabricação do concreto possui duas atividades principais que são: Intereagir quimicamente com as partículas de cimento e controlar a trabalhabilidade. Já no concreto poroso a quantidade de água tem grande influência nas propriedades da mistura. No estado in-natura, pouquíssima quantidade de água resultará em uma massa sem consistência e com baixa resistência. Porém uma grande quantidade de água gera uma pasta que sela os vazios e que lava o cimento da superfície do agregado, produzindo uma baixa resistência ao desgaste.

A relação água cimento tem menor efeito nas propriedades do concreto poroso. Lian e Zhuge estudaram relações água/cimento entre 0,30 e 0,38 e concluíram que para relação água/cimento maior que 0,34 a resistência a compressão diminui e a permeabilidade aumenta. Os melhores resultados foram obtidos a 0,32 e não se recomenda relação água-cimento menor que 0,30.

3.4 Aditivos

Aditivos são substâncias que são acrescentadas ao concreto para melhorar suas propriedades como resistência mecânica e durabilidade. Os aditivos químicos são classificados principalmente pela função que possuem, como por exemplo:

Os plastificantes permitem reduzir a água de amassamento com ganho na trabalhabilidade e aumenta o abatimento sem causar perda da pasta de cimento do agregado. Os aditivos retardadores atrasam o tempo de pega do cimento.



Figura 5 aditivo. Fonte adaptado.FONTE WEBER .

Aditivos minerais são utilizados com o intuito de melhorar a consistência e reduzir o tamanho da zona de transição entre o agregado e a argamassa, que é considerada a parte menos resistente do conjunto.

A utilização de sílica ativa demanda mais água para manter a trabalhabilidade da mistura, por isso recomenda-se o uso de outra adição química. A adição de sílica ativa (10%) representa um pequeno aumento da resistência a compressão, e que adicionando além da sílica ativa (7%) o super plastificante (0,8%) gera maior ganho em resistência. Isso se deve ao fato de as partículas de sílica ativa ser distribuídas uniformemente e preencherem os capilares da pasta de cimento sem perda da permeabilidade. A sílica ativa exerce influência positiva na resistência a compressão tanto no concreto poroso quanto no concreto convencional.

3.5 Composição do traço

Na composição do traço do concreto permeável, deve-se ter um rigor maior em relação à composição do traço do concreto simples, para assim atingir o propósito necessário. O traço do concreto permeável deve possuir uma quantidade baixa ou nula de agregados miúdos, pois isso aumentará a quantidade de vazios, apresentando assim boa permeabilidade.

Tabela 2 Composição do traço de concreto permeável.

Materiais	Consumo/proporção
Cimento Portland (kg/m³)	270 a 415
Agregado Graúdo (kg/m³)	1.190 a 1.700
Relação água/cimento (a/c) em massa	0,27 a 0,34
Relação cimento/agregado em massa	1:4 a 1:4,5
Relação agregado miúdo/agregado graúdo em massa	0 a 1:1

Fonte: Batezini (2013), Adaptado pelo autor (2018).

O fator água/cimento é de extrema importância quando se tratando de composição seja qual for o tipo de concreto.

No concreto permeável esse fator é de grande relevância, a quantidade de água presente no traço tem que dar um brilho na mistura, sem ficar ao redor do agregado. Outro ponto que devem ser levados em consideração é a relação cimento/agregado e o procedimento de compactação.

4 VIABILIDADE DO CONCRETO PERMEÁVEL

4.1 Aplicações do concreto permeável

O concreto permeável pode ser aplicado em diversos locais, tais como:

- Pavimentos de baixo volume;
- Estradas residenciais, becos e calçadas;
- Estacionamentos;
- Placa de conexão para pavimentos de concreto convencionais;
- Estabilização de taludes;
- Fundações / pisos para estufas, piscicultura, centros de diversões aquáticas e zoológicos;
- Estruturas hidráulicas;

- Decks de piscinas de natação Tendo como sua principal função a absorção da água superficial e a não acumulação da mesma.

4.2 Execução do Concreto Permeável

Devem ser seguidos cinco passos fundamentais quando se fala na concepção de pavimento de concreto permeável, sendo eles:

- **Pré-tratamento:** é parte em que se refere que o próprio pavimento serve como um pré-tratamento da água para o reservatório de pedra.
- **Tratamento:** este deve ser dimensionado para armazenar a água que precipitada infiltra pelo pavimento. A água ficara armazenada nos vazios produzidos pelos agregados graúdos presentes no reservatório.
- **Encaminhamento:** parte em que se refere à condução de água do reservatório, podendo ser para o solo através da infiltração ou para as redes de drenagem. Indica-se o uso de mantas geotêxteis entre o solo e o reservatório para que impeça a exsudação do solo, acarretando a colmatação do reservatório.
- **Redução da manutenção:** é a parte que possui grande influência no funcionamento da drenagem do pavimento. Deve-se ter manutenção periodicamente com a aspiração ou lavagem sob pressão para a limpeza dos poros do concreto e continuidade da infiltração.
- **Paisagismo:** em função do paisagismo é que não se deve ter por perto dos pavimentos de concreto permeável materiais que possam vir a se sedimentar sobre o pavimento, fazendo com que o mesmo perca a sua funcionalidade.

4.3 Cura do concreto permeável

Conforme citado, a confecção do concreto permeável exige um cuidado especial, e o processo de cura não é diferente. Caso ocorra a evaporação isso prejudicará o concreto, pois o cimento é hidráulico e necessita dessa água para a sua reação química.

O concreto permeável deve ser coberto por essa lona por pelo menos sete dias e o solo, caso não se faça o uso de reservatório, onde o concreto será disposto deverá estar úmido para que não ocorra a perda de água para essa base. A cura do concreto permeável inicia 20 (vinte) minutos após o seu lançamento, devendo ser feito todo o processo de acabamento dentre desse período.

Nas obras em geral, quando colocado algum material plástico sobre uma concretagem para auxílio na cura, esse material plástico é preso com a colocação de areia sobre ele para que não ocorra o deslocamento.

4.4 Vantagens do concreto permeável

O concreto permeável está entre as melhores técnicas na redução do escoamento superficial de águas pluviais, tendo como vantagens:

- a) Proteção do sistema de drenagem;
- b) Ajuda a diminuir enxurradas e enchentes;
- c) Possibilita a reutilização da água da chuva;
- d) Reduz ou elimina a necessidade de tanques de retenção;
- e) Recupera a capacidade de filtração do solo;
- f) Reduz o escoamento superficial das águas;
- g) Permite melhor aproveitamento dos terrenos;
- h) Custo menor que outros concretos.

4.5 Viabilidade econômica

Tendo a meta de se analisar economicamente, foi realizada uma pesquisa de preço de mercado para os materiais utilizados na

fabricação do concreto permeável. Alguns materiais foram pesquisados nos mesmos fornecedores que as empresas já utilizam na compra de seus insumos normais.

Outros materiais foram apurados em lojas de materiais de construção. Conseqüentemente, os valores encontrados nessa análise são superiores em comparação com valores orçados diretamente com fornecedores ou indústrias.

Tabela 3 orçamento detalhado

Material	%No traço	Quantidade (l)	Quantidade (kg)	Preço Unitário (R\$/l)	Preço Unitário (R\$/t)
Granito	60%	180	277,21	0,03	-
Areia Natural	15%	55	73,35	0,06	-
Areia Artificial	10%	35	47,1	-	275,00
Pedrisco	15%	45	67,5	0,03	-
Aditivo Plastificante	-	0,6	-	2,70	-
Cimento CII	-	-	100	-	498,00

Fonte: Adaptado pelo autor (2018)

Ressalto que, além dos materiais, seria necessário incluir no preço de venda o valor associado a industrialização tais como: mão de obra, energia elétrica, depreciação de máquinas, impostos etc. e também o lucro pretendido.

5 CONCLUSÃO

O crescente processo de urbanização e expansão dos grandes centros urbanos faz-se necessário observar a questão da gestão das águas pluviais nestes locais. Deve-se levar em conta o impacto causado no meio ambiente pela poluição carreada nos centros urbanos para os corpos hídricos, a modificação do ambiente pela construção de tubulações de drenagem e os custos necessários para estes empreendimentos. Nesse cenário se insere o concreto permeável, como uma alternativa ecologicamente correta e viável, aproximando o ambiente urbano das condições de urbanização. O concreto permeável é

um dos principais aliados para o gerenciamento de águas pluviais com o intuito de amenizar os impactos da urbanização.

Pode-se concluir que é de fundamental importância que se utilize materiais de boa qualidade e métodos de apoio tecnológico como adições minerais, químicas e fibras para que se possam obter melhores propriedades deste material que tem apresentado bom desempenho do ponto de vista técnico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. _____. *NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e*
2. _____. *NBR 5733: Cimento Portland com Alta Resistencia Inicial*. 1991.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15953:*
4. BATEZINI, Rafael. **Estudo preliminar de concretos permeáveis** como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves. 2013. 133 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
5. CARVALHO, J. D. *Sobre as ASTM C1701: Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete*. 2009. *origens e desenvolvimento do concreto*. 17 ed. Revista Tecnológica, 2008.
6. FERGUSON, B. K., **Porous pavements**. Boca Raton: CRC Press, c2005
ACI COMMITTEE 522. 522R-10 Report on Pervious. 2010, 38p
7. KIM, H.K., LEE, H.K. **Influence of cement flow and aggregate type on the mechanical and acoustic characteristics of porous concrete**. Elsevier Journal. Applied Acoustics, 2010.

8. PRADO, L.A., **Módulo de deformação estático do concreto de Baixa e alta relação a/c pelo método ultra-sônico**, 2006, 226p. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil- Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.
9. SILVA, M. B. **Materiais de Construção**. São Paulo. 2^a Ed. Rev. PINI, 1991
10. TUCCI, C. 2007. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, Vol.11.