

Centro Paula Souza

ETEC Itaquera II

Maria Darlyanne Rangel de Barros Reis

Murilo Henrique Danziato

Rafael Fortunato de Souza

Veronica Hiroy Nakamura da Silva

Victor Hugo Gelain de Oliveira

Thayná Oliveira do Nascimento

Concreto Drenante

SÃO PAULO

2018

Maria Darlyanne Rangel de Barros Reis

Murilo Henrique Danziato

Rafael Fortunato de Souza

Veronica Hiroy Nakamura da Silva

Victor Hugo Gelain de Oliveira

Thayná Oliveira do Nascimento

Concreto Drenante

Pesquisa apresentada a fundação ETEC
Itaquera II, como requisito integrante
avaliativo a disciplina de Desenvolvimento do
Trabalho e Conclusão de Curso - DTCC.
Orientadora: Prof.º Larissa Dias Costa

SÃO PAULO

2018

RESUMO

Essa pesquisa teve o propósito de estudar o concreto drenante, em uso de camada de pavimentos permeáveis para ser utilizado em lugares onde ocorre um risco maior de enchentes. Ele tem a função de drenar a água do solo, para não ocorrer acúmulo de água. A diferença entre ele e o concreto convencional, é que esse contém um índice de 15 a 25% de espaços de vazios, a permeabilidade dele é alta, porém a sua resistência é menor que a do concreto convencional por conta de seus poros. Sua durabilidade é de 20 a 40 anos, dependendo do local que o mesmo está sendo usado. É necessário a limpeza anual com aspiração dos poros para não ocorrer obstrução. O concreto drenante apresenta vantagens como redução de riscos de enchentes, abastecimento de aquíferos, minimiza ou ainda dispensa obras de micro drenagem no local, possibilita a reutilização de águas da chuva entre outros. As suas desvantagens são mínimas como, por exemplo, menor resistência, risco de entupimento e seu custo inicial é maior.

Palavra-chave: Concreto drenante, permeabilidade, poros.

ABSTRACT

This research had the purpose of studying the permeable concrete to use permeable pavement layer to be used in places where there is a greater risk of flooding. This drainage system has the porous structure and is made through the draining concrete that is made of Portland cement, water, additives and bulk aggregates. It has the function of draining the water from the soil so as not to accumulate water. The difference between it and conventional concrete is that it contains an index of 15 to 25% of void spaces, its permeability is high, but its resistance is smaller than that of conventional concrete because of its pores. Its durability is 20 to 40 years depending on where it is being used. Annual cleaning is required with aspiration of the pores to avoid clogging. The drainage concrete presents advantages such as the reduction of risks of flooding, aquifer supply, minimizes or even dispenses micro drainage works in the place, allows the reutilization of rainwater among others. Their disadvantages are minimal such as lower resistance, risk of clogging and their higher initial cost.

Keyword: Concrete drainage, permeability, pores.

Se queres prever o futuro, estuda o passado.

Kong Qiu

Agradecimentos

Agradecemos a professora Larissa Dias Costa, pela orientação, apoio e confiança que nos impulsionou e incentivou há irmos até o fim.

A instituição ETEC Itaquera II, por nos fornecer ambiente que nos permitiu o estudo e desenvolvimento da pesquisa.

A amigos e familiares, por incentivar e dar apoio incondicional nas horas de desanimo e cansaço.

Lista de Tabela

Tabela 1 Dosagem dos Materiais23

Tabela 2: Rompimento do Corpo de Prova24

Tabela 3 Dosagem dos Materiais Teste 225

Tabela 4 Mistura dos Materiais.....26

Tabela 5: Rompimento de Corpo de Prova, Teste 226

Tabela 6: Absorção de Água26

Lista de Figuras

Figura 1 San Marcos, No Texas, Rodolfo Gonzalez	11
Figura 2: Presidente Getúlio, em Santa Catarina Pauli Cesar Longen	11
Figura 3 : Região do Botafogo, RJ Nicolás Rey/G1	12
Figura 4: Eixos de estruturação da transformação urbana, Gestão de São Paulo	16
Figura 5: Aspecto da massa do concreto de um traço com relação a/c Fonte: Höltz 2011	20
Figura 6: Aspecto visual do corpo de prova moldado Fonte: Höltz 2011	21
Figura 7: Formas com as dimensões 30x45x15cm (Fonte: Höltz 2011).	21
Figura 8: Mesa vibratória (Fonte: Höltz 2011).	22
Figura 9: vibração com vibrador tipo agulha (Fonte: Höltz 2011).	22
Figura 10: Corpos de Prova	23
Figura 11: Corpo de Prova Rompido.....	24
Figura 12: Corpo de Prova Teste 1	24
Figura 13 Formas e Corpo de Prova	25
Figura 14 Absorção de Água.....	27
Figura 15: Pavimento permeável com infiltração total do solo (Fonte: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades)	28
Figura 16: pavimento permeável com infiltração parcial do solo. (Fonte: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades)	28
Figura 17: pavimento permeável sem infiltração no solo (Fonte: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades)	29
Figura 18: limpeza do terreno (Fonte: Acervo Afonso Virgiliis)	36
Figura 19: terraplanagem (Fonte: Acervo ABCP)	37
Figura 20: compactação do subleito (Fonte: Acervo Afonso Virgiliis)	37
Figura 21: instalação da rede de drenagem (Fonte: Acervo Afonso Virgiliis)	40
Figura 22: Espalhamento das camadas de brita (Fonte: Acervo ABCP)	40
Figura 23: compactação das camadas de brita (Fonte: Acervo Afonso Virgiliis).....	41
Figura 24: obra concluída (Fonte: Acervo ABCP)	42
Figura 25: Lavagem sob pressão (Fonte: Lamb (2014)	43

Sumário

1. Introdução	8
2. .Planejamento de drenagem.....	9
2.1. Crescimento desordenado da capital de SP	9
2.2. Os sistemas urbanos.....	10
2.3. Enchente, Inundação e Alagamento	11
2.4 Impactos da Urbanização	12
2.5 LEGISLAÇÕES E NORMAS RELACIONADAS AOS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA.....	12
2.6 Prejuízos econômicos com inundações	14
2.7 Concreto Drenante ou Concreto Convencional	14
2.8 Área permeável estabelecida	15
3 .Concreto Permeável.....	17
3.1 Definição	17
3.2 Matérias Recomendados Para Confeção	18
3.3 Resultados de um ensaio.....	18
3.4 Desenvolvimentos Históricos do Concreto Permeável	18
4. Ensaio Baseados	20
4.1 Ensaio Realizados.....	23
Teste 1.....	23
Teste 2.....	25
5. Tipos de drenagem da pavimentação permeável	28
6. Rumo do projeto e execução do pavimento permeável.....	30
6.1. Etapas do projeto	30
6.1.1. Conceito funcional do empreendimento.....	30
6.1.2. Critérios do pavimento permeável	30
6.1.3. Estudos hidrológicos e hidráulicos no projeto	31
6.1.4. Definição da chuva de projeto.....	31
6.1.5. Serviços em campo Geológicos – Geotécnicos	32
6.1.6. Serviços topográficos.....	32
6.1.7. Estudo do tráfego na localidade	33
6.1.8. Estudo do projeto Terraplanagem.....	33
6.1.9. Estudo do projeto de drenagem.....	33
6.1.10. Estudo do projeto de pavimentação	33
6.1.11. Estudo de projetos complementares.....	34

7. Projeto técnico de composição de obra	34
8.Etapas de execução do projeto técnico.....	35
8.1. Pavimento permeável sem infiltração total do solo com manta impermeável	35
8.1.1. Locação da obra (técnico).....	35
8.1.2. Serviços preliminares (técnico).....	35
8.1.3. Abertura da caixa e preparo do subleito (técnico)	36
8.1.4. Aplicação da manta impermeável (técnico)	37
8.1.5. Aplicação das camadas de base e sub-base drenante (técnico)	39
8.1.6. Aplicação dos dispositivos de drenagem (técnico)	39
8.2. Pavimento permeável com infiltração parcial do solo.....	42
8.2.1. Pavimento permeável com infiltração total do solo	42
9. Manutenção.....	43
Considerações finais.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	45

1. Introdução

Este conteúdo aborda o desenvolvimento de um material, que será aplicado em locais específicos, o principal objetivo deste projeto é executar um concreto, o qual seja capaz de absorver uma grande quantidade de água.

Substituir áreas impermeáveis, utilizando apenas o concreto drenante em locais como tampas de bocas de lobo, aplicando em calçadas, estacionamentos, residências e outros lugares que acumulam águas pluviais. Material para se utilizar em casos mencionados anteriormente, apresentam a eficácia que já foi constatada em outras pesquisas, além de favorecer o meio ambiente, pois a água drenada pelo mesmo, será levada naturalmente por seu próprio sistema, porém não deve ser descartado que o acúmulo de resíduos acarretará o impedimento da drenagem.

Através dos dados de pesquisas e resultados apresentados neste projeto, pretendemos mostrar a viabilidade de um melhor planejamento das metrópoles que cresceram de forma completamente desordenada, portanto apresentamos como uma das possíveis soluções o concreto drenante, em função da sua alta capacidade de drenagem, viabilizando uma maior e melhor infiltração no solo de áreas urbanas.

2. Planejamento de drenagem

2.1. Crescimento desordenado da capital de SP

A ocupação desordenada é um fenômeno geográfico social, que ocorre quando a população ocupa uma determinada área de maneira não planejada não levando em consideração as consequências de sua habitação neste ambiente.

O fenômeno é mais comum do que parece, o site norte-americano de lifestyle “Thrillist”, um dos mais acessados pelo público dos Estados Unidos, aponta uma lista com as nove cidades mais mal planejadas do mundo, em primeiro lugar foi Boston e logo em seguida São Paulo.

A cidade de São Paulo teve um aumento populacional no século XX por causa da industrialização, que incentivou pessoas de todo o Brasil, imigrantes europeus e asiáticos virem para São Paulo, que implica na forma com que a cidade cresceu, contudo na época não se fez um planejamento de drenagem urbana. Em uma cidade que não há um planejamento, resulta em grandes prejuízos para a sociedade, além de causar problemas como poluição doméstica e industrial, fazendo com que ocorra contaminação do solo, das águas subterrâneas e entre outros problemas graves.

São Paulo está sujeito atualmente a problemas relacionados com água, pois o crescimento da população urbana e ocupação desordenada do solo causaram altos índices de impermeabilização.

O problema é obvio, pois as chuvas intensas combinadas com a ocupação densa da cidade, a falta de sistemas de drenagem e ainda a falta de coletas regulares provocam inundações frequentes.

2.2. Os sistemas urbanos

Sistemas urbanos são alternativas preventivas de inundações, quando a drenagem não é considerada desde o início da formação do planejamento urbano, ou seja, as casas são construídas antes que haja um estudo prévio do local e por esse fato é bastante provável que esse sistema, ao ser projetado, revele-se, de alto custo e deficiente.

Os sistemas de drenagem urbana são classificados de acordo com sua dimensão. A micro drenagem inclui a coleta e afastamento das águas superficiais e subterrâneas através de pequenas e médias galerias. A Macrodrenagem ou drenagem principal inclui além da micro drenagem das galerias a drenagem de grande porte e os corpos receptores tais como canais e rios canalizados.

Existem elementos que compõe a drenagem urbana como a sarjeta que é escoadouro para as águas das chuvas, das ruas e praças, beira o meio-fio das calçadas; a boca de lobo é o nome que se dá a tampa ou grade protetora dos bueiros. Geralmente tem a forma retangular ou redonda, podendo ser vazado ou não; e o canal de drenagem que são canais a céu aberto ou canalização de rios.

2.3. Enchente, Inundação e Alagamento

Enchente, inundação e alagamento são palavras completamente diferentes, mas comum o erro no emprego destas nomenclaturas as quais são adaptadas conforme a situação:

Inundações – Fenômeno na qual o rio transborda alcançando a planície de inundação ou área de várzea (Figura 1);



Figura 1 San Marcos, No Texas, Rodolfo Gonzalez

Enchentes - As enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal (Figura 2).



Figura 2: Presidente Getúlio, em Santa Catarina Pauli Cesar Longen

Alagamento – é um acúmulo de água momentânea em locais com problemas de drenagem (Figura 3).



Figura 3 : Região do Botafogo, RJ Nicolás Rey/G1

2.4 Impactos da Urbanização

O lixo ainda é um grande problema, a população não tem consciência da gravidade do ato de jogar lixo na rua, o resíduo obstrui ainda mais as redes de drenagem e cria enchentes. Esse problema somente será minimizado com a adequada frequência de coleta, educação da população e multas pesadas, mas estas medidas nem sempre funcionam.

2.5 LEGISLAÇÕES E NORMAS RELACIONADAS AOS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Lei nº 10.257 (10/07/2001) - Estatuto das cidades Estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

Art. 2º III – planejamento municipal, em especial:

Plano diretor;

IV - Medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres Lei nº 11.445 (05/01/2007) - Saneamento Básico - Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico;

Art. 2º - Os serviços públicos de saneamento básico/ princípios fundamentais:

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;

V - Disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;

Normas relacionadas ao projeto de sistemas de drenagem urbana

NBR-8890 - Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários.

NBR-9793 - Tubo de Concreto Simples de Seção Circular para Águas Pluviais.

NBR-9794 - Tubo de Concreto Armado de Seção Circular para Águas Pluviais

NBR-15645 - Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto;

NBR-12267 - Plano diretor – definições

2.6 Prejuízos econômicos com inundações

As enchentes em SP causam prejuízo anual de R\$ 762 milhões, diz reportagem da G1 sobre a pesquisa, Projeção baseada em dados de 2008 da Faculdade de Economia da USP. A pesquisa analisou os 749 pontos de alagamentos na cidade do mapeamento do Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE) da Prefeitura de São Paulo de 2008.

Cada ponto de alagamento registrado causará no final do ano uma perda de Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 1 milhão.

2.7 Concreto Drenante ou Concreto Convencional

Quando se pensa ou pretende utilizar o concreto drenante surgem dúvidas sobre sua aplicação, resistência e custo, porém um dos maiores erros é compará-lo com o concreto convencional que visa resistência, durabilidade, versatilidade entre outros. Por serem bem semelhantes é comum ocorrer dúvidas. O concreto visa em suas características o índice de vazios, não obtendo uma resistência tão alta quanto os convencionais por seu índice de grãos maiores e possibilidade de fluidos transpassarem pelo seu corpo. Sendo assim o concreto permeável não tem a capacidade de substituí-lo, em todos os ambientes, por ter benefícios e utilidades opostas e bem específicas, já a sua aplicação é necessário que seja bem estudada para ser melhor utilizada.

O uso mais comum do concreto drenante é em locais onde há uma grande retenção de água; locais com uma menor resistência exigida, ciclovias; parques e praças; muros de arrimo; estacionamentos; drenagem urbana; controle de enchentes e armazenamento de água. Um material bem usual que dependendo de sua aplicação tem suas vantagens para sociedade e para o meio ambiente como diminuição da possibilidade de enchentes.

2.8 Área permeável estabelecida

Os Parâmetros de ocupação de lote são fornecidos pelos órgãos do município, sendo um deles a taxa de permeabilidade que é utilizada para identificar a área total do terreno que não poderá possuir construções, para não sofrer nenhuma interferência para ser mantidas cem por cento da sua permeabilidade ou sem impermeabilidade, estando em conformidade dos parâmetros que são estipulados no município em questão.

A taxa de permeabilidade tem grande importância, porque o solo do terreno necessita de uma área em que a água flua naturalmente até o lençol freático, são mais vistas como áreas verdes sustentáveis ocorrendo a absorção d'água e dando ao projeto um apelo estético natural.

Em geral para descobrir a taxa indicada para zoneamento é necessário entrar em contato com a prefeitura do município e assim obter informações a respeito do parâmetro de ocupação do lote, em alguns municípios é atestado que a taxa de permeabilidade deve ser de 25%, sendo que em outros lugares o mínimo exigido 15% de área sem construção, vale dizer que os exemplos usados foram simplificados para esclarecer taxa de permeabilidade, o qual é obtido com o seu valor preciso, somente a partir de uma análise das leis de zoneamento do seu município.

O cálculo desta taxa de permeabilidade consiste na multiplicação da taxa de permeabilidade pelo valor da área do terreno presente na planta de parcelamento do solo aprovado.

Utilizando como base a cidade de São Paulo, de acordo com a LEI Nº 16.050, DE 31 DE JULHO DE 2014 que define os eixos da cidade (Figura 4), onde esse sistema de transporte coletivo está implantado, concluindo que a população está localizada nesta área.

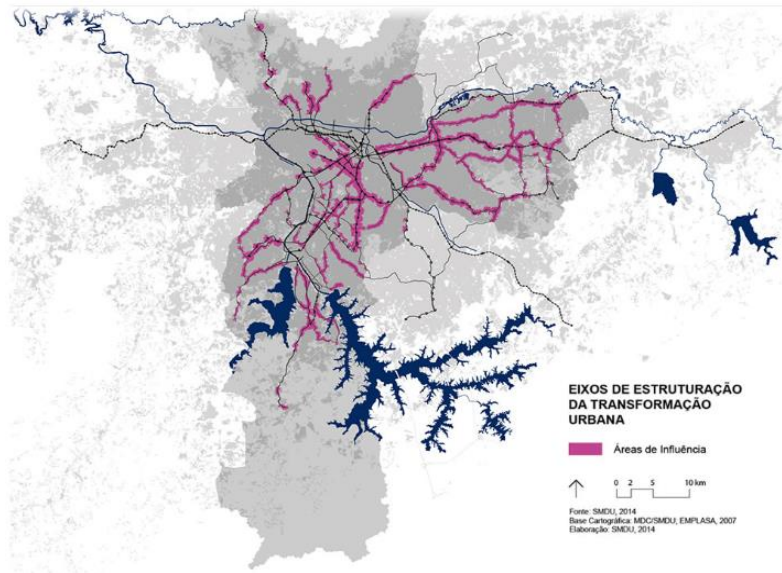


Figura 4: Eixos de estruturação da transformação urbana, Gestão de São Paulo

Na cidade de São Paulo a lei acima citada faz à seguinte referência a questão de zoneamento. “Em casos de área de influência dos eixos superior a 40.000m² (quarenta mil metros quadrados) devem seguir as seguintes condições 25% da área deverá ser doada para área verde sendo que 15% o mínimo aceitável”. (LEI Nº 16.050, DE 31 DE JULHO DE 2014, artigo Nº 79).

“Lotes com sua área superior 5.000m² (cinco mil metros quadrados) ou inferior a 40.000m² (quarenta mil metros quadrados) é obrigatório que sua taxa de permeabilidade deverá ser equivalente 20% da área total do lote”. (LEI Nº 16.050, DE 31 DE JULHO DE 2014, artigo Nº 79,§ 4º.).

3 .Concreto Permeável

3.1 Definição

O concreto drenante ou poroso é um material de massa unitária (com espaço de vazios), tendo como principal objetivo drenar os fluidos. Um concreto com espaços vazios que são intencionalmente provocados para permitir a infiltração de água, ou seja, é completamente o oposto do concreto convencional denominado “pavers” ou “pavimento de concreto”, que tem propriedades que o fazem enrijecer ao longo do tempo, tornando-o mais resistente. Este material é desenvolvido apenas utilizando o cimento e água e agregado graúdo com pouco ou nenhum grão de areia, facilitando a passagem de fluidos. Deste modo faz com que a sua massa unitária seja elevada obtendo uma drenagem de 15 a 25% com capacidade de escoamento na ordem de 200 l/m²/min.

Sua utilização depende do ambiente, ou seja, o local onde deseja aplicar este concreto, poderá ser utilizado em locais estratégicos para drenagem. O concreto drenante é mais indicado para locais onde a carga que o material irá receber é menor e a resistência é menos exigida como ciclovias, quadras poliesportivas, via para pedestres, estacionamentos, parques e praças, ruas de baixo tráfego, muros de arrimo, isolamento térmico de paredes (alta porosidade), barreiras acústicas, bases permeáveis abaixo de pavimentos de alta resistência (camadas-base), drenagem urbana e controle de enchentes.

A permeabilidade é a propriedade de um corpo que se deixar penetrar por uma substância e também pode ser definida como um fluido que pode escoar através de um sólido.

A principal propriedade do concreto drenante é sua composição, na qual forma poros intencionais que são interligados, fazendo acontecer a passagem da água através do seu corpo.

Neste presente trabalho serão utilizados os materiais e métodos definidos por estudantes Hölitz 2011, Lamb 2014, Sales 2008, Batezini 2013, que desenvolveram a pesquisa sobre concreto drenante.

3.2 Matérias Recomendados Para Confeção

O cimento definido para este ensaio é CP V - ARI RS, mas adequado para este ensaio por ser um material com características de fino, puro, alta resistência inicial e final com uma durabilidade a sulfatos em ambientes com presença de água.

O agregado graúdo utilizado para fabricação do concreto permeável, é à brita zero que é a mais utilizada, conforme o a norma NBR NM 248:2003 que define as propriedades granulométricas do agregado.

Sabe se que é necessário que o material contenha um elevado índice de vazios, então será utilizado areia grossa para que se obtenha uma melhor resistência mecânica do material.

Com a alteração dos materiais se utiliza o aditivo superplastificante à base de policarboxilatos para que a consistência se mantenha semelhante ao comum, após concluir que sem esse aditivo o material não apresentava o mesmo brilho metálico de outros materiais, quando a mistura não apresentar aglomeração prevista, utilizarem aditivo de viscosidade.

3.3 Resultados de um ensaio

O resultado do ensaio com o concreto drenante tem o objetivo de ser similar ao concreto comum, atingir dos os requisitos regulamentadores ABNT NBR 12.655:2015. Para o concreto permeável ainda não existe um ensaio padrão então seus resultados podem ser variáveis, dependendo do traço que for utilizado e para o local de aplicação pode ser dessemelhante aos outros traços.

3.4 Desenvolvimentos Históricos do Concreto Permeável

O concreto permeável não é um material tão reconhecido no mercado brasileiro no século XXI, quanto os países europeus que desde o século XIX, já havia construções utilizando apenas cimento brita e água segundos os estudos de Hölitz (2011). Para leigos da construção civil e até mesmo estudantes da área não têm conhecimento sobre este concreto em especial. Que não sejam os comuns buscando resistência e consistência. Mesmo tendo conhecimento deste material em séculos

atrás só foi reconhecido em 2000 com o intuito de drenar fluidos, tornando sua função em uma nova vertente.

Os eventos históricos mundiais têm uma grande parcela no reconhecimento do concreto permeável, a Segunda Guerra Mundial implicou indiretamente no concreto, já que toda destruição trouxe falta de matéria-prima e recursos para a restauração dos países, porém ficou com uma incógnita o que fazer com tanto resto de matéria destruído? O concreto com espaço de vazios foi uma opção aos construtores da época por ter seu custo baixo.

Na América do norte este concreto só teve reconhecimento a partir de 1970, pelos EUA utilizado para absorver os erros de desenvolvimento urbano e mau planejamento na drenagem urbana que causava muitas inundações nas cidades gerando gastos aos cofres públicos.

O concreto permeável, ainda não possui padrões ou “receita” para ser produzido, o estudo feito sobre este tipo de material é bem escasso apenas algumas empresas e estudantes no Brasil, fizeram estudos sobre essa mistura como Ellis e Hvited Jacobsen (1996), Agra (2001), Tucci (2003), Mendonça (2004), Polastre e Santos (2006), Tucci (2007) e Hölitz (2011).

4. Ensaaios Baseados

De acordo com o resultado dos ensaios realizados pelo mestre em engenharia Sr. Fabiano Da Costa Hölztz, o qual utilizou de base para de nossa pesquisa. Ele orientou a dosagem entre a relação água/cimento e o teor de agregados através de análises, que normalizam e certificam-se a propriedade do concreto permeável. Os ensaios foram definidos por em quatro etapas;

A primeira etapa foi a definição das variáveis a serem estudados inicialmente.

A segunda etapa tem o objetivo de classificar a resistência e reologia, ou seja, definir a relação entre água, cimento, brita e areia (Figura 5). A relação a/c mais adequada 0,30 ($m = 5$ e a $a/c = 0,30$) pois é necessário que se observe que a sua mistura seja homogênea.



Figura 5: Aspecto da massa do concreto de um traço com relação a/c Fonte: Hölztz 2011

Os resultados obtidos no ensaio de corpo de prova (Figura 6) comuns foram divergentes em formas com dimensões maiores, pois pode se concluir tende se acomodar melhor dentro de formas (Figura 7) maiores.



Figura 6: Aspecto visual do corpo de prova moldado Fonte: Hölitz 2011



Figura 7: Formas com as dimensões 30x45x15cm (Fonte: Hölitz 2011).

Foram realizados três testes de vibração com diferentes graus de intensidade, vibração muito intensa utilizando a mesa vibratória (figura 8), vibração normal, com o vibrador do tipo agulha com diâmetro de 25 mm (Figura 9) e ausência de vibração.



Figura 8: Mesa vibratória (Fonte: Hölztz 2011).



Figura 9: vibração com vibrador tipo agulha (Fonte: Hölztz 2011).

A terceira etapa relata a confecção do concreto, onde áreas de grande pavimentação irá permitir que a brita tenha um maior espaço para se acomodar resultando em uma melhor permeabilidade e resistência do material. Esta etapa é realizada para que se compreenda a diferença entre os resultados obtidos em cada ensaio de CP moldado e extraído, se conclui que em formas com dimensões maiores a brita tende a se acomodar melhor, determinado por Hölztz (2011) como remoção do “efeito parede”.

Na quarta etapa é realizado o ensaio permeabilidade em que Hölztz (2011) utilizou o método de ensaio de Neithalath (2003) onde se utiliza um tubo transparente para que se possa visualizar o fluxo de água, em uma amostra de 150 mm de altura, que se define o (t) tempo para a lâmina de água irá demorar em filtrar todos os elementos entre os pontos do tubo de 290 mm (h1) e 70 mm (h2), repetindo o ensaio

três vezes, utilizando o valor médio de (t) obtendo o valor para calcular o coeficiente de permeabilidade (k) definido pela lei de Darcy.

4.1 Ensaios Realizados

Teste 1

Após estudos realizados foram iniciados os ensaios dividindo em três etapas. Utilizando como referência o nosso consumo de cimento $454,3\text{kg/m}^3$ definimos o nosso traço 1:4 e 7% de areia referente à quantidade de pedra, e utilizamos 1,44ml de água adicionando-o aos poucos para que sejam realizados três corpos de prova com diâmetro de 10x20 cm.

A primeira etapa se definiu em realizar a dosagem dos materiais sendo:

Tabela 1 Dosagem dos Materiais

Cimento	2,28 kg
Areia grossa	0,70 kg
Água	1,44ml

Na segunda etapa foi colocada à mistura no corpo de prova em três camadas, cada camada foi socada com uma barra de aço tendo seqüência de 25 golpes a cada camada, e finalizando com o concreto até o topo do corpo e o deixando o concreto secar em um prazo de 24h horas.



Figura 10: Corpos de Prova

Na terceira etapa após a secagem o retiramos o concreto do cp (Corpo de prova) e o colocamos em um recipiente com água durante o período de cinco dias realizado a cura, após o prazo o retiramos e o deixamos secar por dois dias para que realizar o rompimento do corpo de prova. Após o rompimento dos três corpos de prova foi obtido os valores:

Tabela 2: Rompimento do Corpo de Prova

Cp 1	4,07 kgf
Cp 2	2,14 kgf
Cp 3	5,36 kgf



Figura 11: Corpo de Prova Rompido

Após testes não identificamos água ultrapassando pelo corpo do concreto, não foi obtido o resultado esperado para o teste sendo ele não apropriado para os devidos fins engajados a ele.



Figura 12: Corpo de Prova Teste 1

Teste 2

No segundo ensaio foi mantido consumo de cimento $454,3\text{kg/m}^3$ utilizando o traço de 1:4 e 7% de água referente a quantidade de pedra, mas o modo como o concreto foi preparado foi divergente ao anterior, neste segundo ensaio foi realizado 2 cp (corpo de prova) com diâmetro de 10x20 cm e uma placa com diâmetro de 49x29x5 cm.



Figura 13 Formas e Corpo de Prova

Para dar início ao ensaio mantivemos a mesma metodologia do ensaio anterior criando diversas etapas.

Na primeira etapa foi definida a dosagem dos materiais:

Tabela 3 Dosagem dos Materiais Teste 2

Cimento	4 kg
Pedra	18 kg
Areia	1,10 kg
Água	0,72 ml

Na segunda foi dado início a mistura dos materiais visando que a mistura não se torne homogênea, utilizando apenas água para que o cimento e os outros materiais reajam e se torne um corpo só. Logo após foi introduzido a está mistura na forma e no corpo de prova, mas no segundo teste o concreto não foi pilado, pois o concreto drenante visa uma função de que a água ultrapasse pelo seu corpo, não como função estrutural onde é visado o máximo de resistência.

Tabela 4 Mistura dos Materiais

A terceira etapa foi realizada à secagem concreto no cp (Corpo de prova) e da forma e o colocamos em um recipiente com água durante o período de cinco dias realizado a cura, após o prazo o retiramos e o deixamos secar por dois dias para que realizar o rompimento do corpo de prova. Após o rompimento dos dois corpos de prova foram obtidos os valores:

Tabela 5: Rompimento de Corpo de Prova, Teste 2

Cp I	2,20 Kgf
Cp II	1,17 Kgf

Na quarta etapa realizamos o estudo de absorção de água da placa utilizando 1 litro de água e analisando o tempo para com que a água ultrapasse por todo o corpo, foram realizados quatro testes:

Tabela 6: Absorção de Água

Teste	Litro Inicial	Tempo (Minutos)	Mililitro Final
1	1	11,95	800
2	1	08,87	870
3	1	12,34	950
4	1	11,37	930



Figura 14 Absorção de Água

Conclui se que o segundo teste teve os resultados esperados engajados ao concreto drenante, entretanto foi observado que após algumas modificações no modo como é misturado e introduzido na forma, foram cruciais para o sucesso do projeto, identificando um alto índice de absorção no valor de 88,75% de todo fluido que passar pelo corpo.

5. Tipos de drenagem da pavimentação permeável

Figura 10: Pavimento permeável com infiltração total do solo

TIPO 1: PAVIMENTO PERMEÁVEL COM INFILTRAÇÃO TOTAL NO SOLO

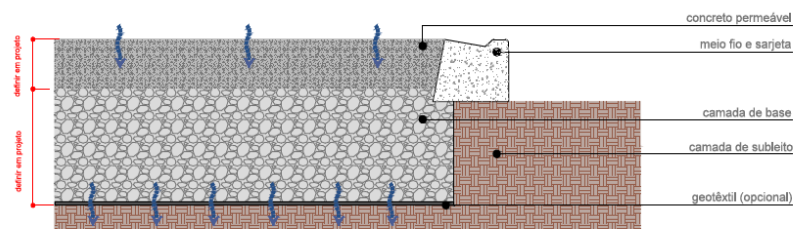


Figura 15: Pavimento permeável com infiltração total do solo (Fonte: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades)

A infiltração total com pavimento permeável ocorre diretamente com o solo, sem a interferência de drenos.

TIPO 2: PAVIMENTO PERMEÁVEL COM INFILTRAÇÃO PARCIAL NO SOLO

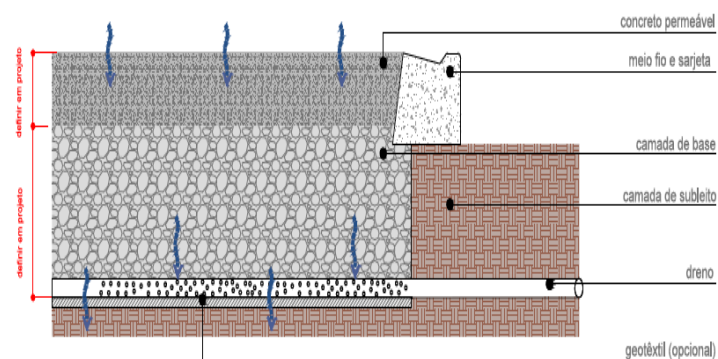


Figura 16: pavimento permeável com infiltração parcial do solo. (Fonte: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades)

A infiltração parcial com pavimento permeável constitui-se em tubos drenante, entretanto ainda há uma ligação direta com o solo.

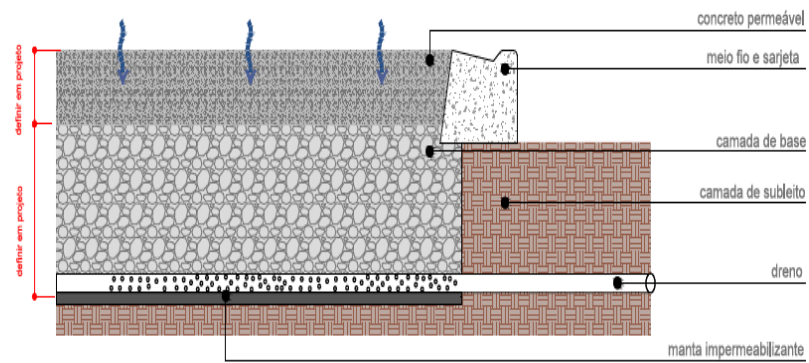
TIPO 3: PAVIMENTO PERMEÁVEL SEM INFILTRAÇÃO NO SOLO

Figura 17: pavimento permeável sem infiltração no solo (Fonte: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades)

A infiltração impermeável do solo com pavimento permeável se dispõe da manta impermeabilizante e sistema de dreno, impossibilitando o contato com o solo.

6. Rumo do projeto e execução do pavimento permeável

Baseado no estudo de Afonso Luís Correa de Virgiliis, sobre o pavimento permeável com o objetivo de assegurar a funcionalidade hidráulica e estrutural do pavimento.

Foram desenvolvidas etapas de execução de obra referente à aplicação do concreto permeável.

6.1. Etapas do projeto

Todos esses estudos são necessários para os três tipos de aplicação (permeável, impermeável e mista)

6.1.1. Conceito funcional do empreendimento

Nesta atividade ocorre o estudo do empreendimento, onde é definido a sua utilização, ou seja, que será em vias de circulação, pátios ou estacionamentos, parques entre outros usos.

É necessário conhecer os aspectos de acessibilidade do local como, a frequência de eventos, os tipos de veículos automotivos com ou sem carga e o dimensionamento estrutural do pavimento.

6.1.2. Critérios do pavimento permeável

Nesta parte do estudo do projeto pensamos se é viável o investimento naquela área. Com simples perguntas:

O solo suporte é impermeável?

O lençol freático está a baixa profundidade em relação ao pavimento?

Há risco de poluição (por finos ou poluentes) é importante?

Este local está em zona de recarga regulamentada?

O solo suporte é pouco propício a infiltração?

Se a resposta for sim a pelo menos uma dessas questões deve-se pensar:

Existe ou pode ser criado um exutório (Ponto menor de uma bacia hidrográfica) no local?

Se a resposta ainda for não a técnica não é apropriada para o caso, porém se sim entram outras perguntas:

A entrada de finos proveniente das superfícies drenante é significativa?

A superfície será submetida a fortes cisalhamentos?

O tráfego pesado é significativo?

Se para todas as repostas foram não o uso do pavimento com reservatório e superfície permeável é adequada se foi sim a resposta em apenas uma pergunta a superfície será impermeável.

6.1.3. Estudos hidrológicos e hidráulicos no projeto

Nesta etapa será pressuposto a água da chuva, levando em relevância as curvas do IDF Intensidade/Duração/Frequência no local da obra.

Com o estudo hidrológico e hidráulico que tem o objetivo a definição da altura do reservatório que irá armazenar o volume de água que escoará pelo pavimento. E com o resultado obtido se faz a análise de comparação em relação ao dimensionamento estrutural do pavimento, onde se sugeri a optar pela maior espessura.

6.1.4. Definição da chuva de projeto

Em cada região brasileira (ou em qualquer outra região do mundo) possui características típicas, desde o tipo de vegetação a frequência da chuva, sendo assim deverá ser adotado o IDF (Intensidade/Duração/Frequência). Esta informação pode ser obtida por meio de agências de monitoramento pluviográfico.

Na presente pesquisa, foram adotados os dados de precipitação (fenômenos relacionados à queda d'água do céu) para a cidade de São Paulo.

6.1.5. Serviços em campo Geológicos – Geotécnicos

Nesta atividade a o estudo geológico local, executasse a sondagem para a determinação do subleito e retirada de amostra para os ensaios geotécnicos. Deve ter uma análise do nível do lençol freático ou ocorrência de solo mole. Também deverão ser analisadas as propriedades de permeabilidade do subleito em função do reservatório.

Ambas as atividades são de suma importância para a introdução do pavimento permeável e conseqüentemente os projetos de terraplanagem e de drenagem. Seguindo as diretrizes das normas:

DNER ME 041/94 – Preparação de amostras para Ensaios de Caracterização

DNER ME 080/94 – Analise granulométrica por peneiramento e sedimentação

DNER ME 082/94 – Determinação de limite de plasticidade

DNER ME 122/94 – Determinação do limite de liquidez

DNER ME 129/94 – compactação utilizando amostras não trabalhadas

DNER ME 049/94 – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando Amostras não Trabalhadas

ABNT NBR 09603/86 – “execução de sondagem a trado

ABNT NBR 6502/95 – “Rochas e solos - terminologia

ABNT NBR 13441/95 – “Rochas e solos – simbologia

6.1.6. Serviços topográficos

O levantamento planialtimétrico cadastral (é a representação das três dimensões do terreno) terá que ter plantas com curvas de nível ou plano cotado, preso ao sistema de drenagem da região.

Além desses levantamentos também deverão ser catalogadas as espécies de vegetação típica significativas no local pretendido para o desmatamento.

6.1.7. Estudo do tráfego na localidade

Neta atividade deverá prognosticar a estimativa da composição dos volumes de tráfegos esperado para o tempo do projeto e identificado os principais fluxos e tipos de acessibilidade dos veículos sendo internamente ou em qualquer outro acesso.

6.1.8. Estudo do projeto Terraplanagem

A terraplanagem, ou seja, um terreno que tem uma depressão e precisa ser aplanada ou um terreno com excesso de terra que precisa ser planificada.

Deverá ser previsto à limpeza do terreno onde ocorre, a capina, roçada e o destocamento a juízo de fiscalização, conforme estabelecido no projeto e também o transporte dos materiais de empréstimo e o bota-fora.

6.1.9. Estudo do projeto de drenagem

Nesta atividade é definida a drenagem superficial e profunda (impermeável e mista), na qual é elaborada uma planta de perfil mostrando o local e suas propriedades hidráulicas, ou seja, seu dimensionamento (extensão, declividade...).

6.1.10. Estudo do projeto de pavimentação

Nesta etapa é determinada a espessura correspondente das camadas de sub-base e base da estrutura, de acordo com as normas da prefeitura do município de São Paulo.

IP-04/2004 – Dimensionamento de pavimentos flexíveis para tráfego leve e médio.

ABNT-NBR 9780 – Peças de concreto para pavimentação – determinação da resistência à compressão.

ABNT-NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação.

DER/SP ET-DE-P00/028 (2006) – Concreto asfáltico poroso com ligante modificado por polímero – camada porosa de atrito.

6.1.11. Estudo de projetos complementares

Dependendo da localização o projeto também deverá atender dispositivos de segurança, sinalização ou ir atrás de obtenção de licenças, para transferências arbóreas.

7. Projeto técnico de composição de obra

Licenças:

- Licença Ambiental;

Execução

- Mão de obra;
- Escavação

Equipamentos

- Régua vibratória
- Rolo compactador
- Retroescavadeiras

Transporte de material

- Caminhão basculante

Material

- Concreto permeável

Manutenção

- Limpeza anual, ou quando necessário, utilizando aspiração.
- Lavagem sob pressão

8.Etapas de execução do projeto técnico

8.1. Pavimento permeável sem infiltração total do solo com manta impermeável

8.1.1. Locação da obra (técnico)

Com os devidos projetos em mãos, topográfico e levantamento planialtimétrico cadastral, se tem o ponto de partida para a iniciação da locação.

Pós implantação do polígono de apoio, é feito a firmação dos principais pontos planejados indicando qual a cota e numeração nas estacas.

O procedimento deve ser feito, em uma área de 10 em 10 metros, com a marcação dos pontos importantes (limites da obra, eixos...), com uma atenção as cotas de inclinação.

8.1.2. Serviços preliminares (técnico)

Esta etapa implica na limpeza e remoção de toda a camada vegetal com equipamentos manuais ou retroescavadeiras (Figura 18), com o objetivo de corte da camada entre 10 a 30 cm conforme o estado do local. Entre tanto se no lugar já existe concreto em sua superfície, também haverá a demolição do mesmo e deverá ser transportado para o bota-fora ou outro lugar de descarte.

Todo o dejetos deve ser pré-calculado e estimado para os descartes apropriados, é obrigação da construtora fazer o descarte em locais legalizados, onde tenham documentação (licença) e autorização para o funcionamento. Levando em consideração o horário permitido para a circulação de caminhões basculantes trucados ou não em área urbana.



Figura 18: limpeza do terreno (Fonte: Acervo Afonso Virgiliis)

8.1.3. Abertura da caixa e preparo do subleito (técnico)

Nesta fase de abertura de caixas e preparo do subleito exige uma série de atividades complementares, seguindo o seguinte cronograma:

Com o auxílio de escavadeira, ocorre à escavação da caixa de pavimentação seguindo o comando do projeto.

Caso haja necessidade a terraplanagem (Figura 19), indicara a necessidade de compensação de corte e aterro. Também deve ser revivificado se á falta de terra, na qual teria como solução a procura da jazida.

Tomar medidas de reforço do subleito (Figura 20) se necessário, abrindo a caixa até a profundidade do mesmo e efetuando a troca do material.

Devem ocorrer ensaios, para o controle tecnológico do solo, ou seja, ensaios de compactação e de CBR no local ou laboratório.

Por fim, de acordo com o projeto é feito com um rolo liso ou de pneus, a cotação obedecendo às declividades no projeto de terraplanagem.



Figura 19: terraplanagem (Fonte: Acervo ABCP)



Figura 20: compactação do subleito (Fonte: Acervo Afonso Virgiliis)

8.1.4. Aplicação da manta impermeável (técnico)

Nesta etapa do projeto, é necessário o assentamento da manta (Figura 16) PEAD (polietileno de alta densidade), mais popularmente conhecida como geomembrana impermeável.

Após todo o processo de terraplanagem, é necessário se certificar que o local não contenha materiais cortantes ou pontiagudos que possa causar um dano a geomembrana no momento de sua instalação.

Aconselhasse que a instalação da geomembrana ocorra após o termino da preparação do subleito, para que evite patologias, como a deterioração da superfície já compactada, causada por qualquer fator que abale o local.

Depois deve ser feito a preparação da ancoragem para fixação da manta por meio de canaletas em volta do reservatório. As canaletas de ancoragem devem ser feitas antecipadamente, com o mínimo de deterioração no momento da instalação da manta, para evitar problemas com a redução do tamanho por motivo de desbarrancamento.

No mínimo as canaletas devem ser escavadas e apresentar uma distância de 60 cm da borda da latitude, 30 cm de profundidade e mais 30 cm de largura, esse valor varia de acordo com a dimensão do projeto.

As geomembranas são aplicadas por firmas especializadas, pois são comercializadas em bobinas de 5,90m por 100,0m.

Figura 16: colocação da manta



(Fonte: Acervo Afonso Virgiliis)

8.1.5. Aplicação das camadas de base e sub-base drenante (técnico)

Para assegurar que não tenha problemas na geomembrana, aconselha-se a aplicação de uma camada de areia fina de 5 cm e sobre esta camada a aplicação manta geotêxtil e mais 5 cm de camada de pó-de-pedra. Essas camadas são aplicadas de forma manualmente, pois as máquinas podem danificar a manta impermeável.

Após a camada de pó-de-pedra, vem em sequência o espalhamento (Figura 18) do macadame hidráulico (material de enchimento) em camadas de 10 cm. A primeira camada de brita 3 deve ser sobreposta com todo o cuidado para não ocasionar rompimento do PEAD. A compactação acontece com um rolo liso vibratório de até 1,5 toneladas de peso com uma vibração intermediária.

8.1.6. Aplicação dos dispositivos de drenagem (técnico)

O dispositivo de drenagem mais comum é a boca de lobo (BL), e deve ser localizada no ponto mais baixo da superfície, pois para a melhor captação de água, já que a água seria direcionada do ponto mais alto ao mais baixo onde vai estar localizada a guia chapéu da boca de lobo.

Existe um padrão para o dimensionamento da boca de lobo, devem ser executados em alvenaria e receber o acabamento em massa de reboque. A altura da tampa das tampas e as cotas dependem do projeto hidráulico de drenagem.

As conexões da tubulação (Figura 17), com a boca de lobo e com o sistema de drenagem devem ser executadas como determina o projeto. Ter uma cautela especial quando for feito a junção entre a galeria da BL e as tubulações para que não ocorra vazamento.

Abrir valas com largura suficiente para a execução de assentamento e vedação das bolsas com argamassas. As tubulações devem ser colocadas sobre areia e pedrisco, sendo compactada manualmente.

Se o projeto consistir um sistema de armazenamento tem que ser providenciadas saídas para a água que conseqüentemente se infiltrara até a camada de reservatório, ou seja, todo o fluido captado pelos tubos de PEAD furados, envolvidos pela manta geotêxtil. Não podemos esquecer a precaução da saída da tubulação que deve ser envolvida pela geomembrana, impedindo vazamento.

Especial cuidado para as cotas de fundo das caixas e da tubulação de captação para que não fique mais profundo do que o sistema de drenagem existente, pois isso causaria refluxo.



Figura 21: instalação da rede de drenagem (Fonte: Acervo Afonso Virgiliis)



Figura 22: Espalhamento das camadas de brita (Fonte: Acervo ABCP)

8.1.7. Aplicação do revestimento permeável (técnico)

Por fim a parte mais importante, na última etapa a importância fica por conta da verificação da sua produção, transporte e aplicação em que devem estar conforme as normas do DER:

DER/SP ET-DE-P00/028(2006) – Concreto asfáltico poroso com ligante modificado por polímero – camada porosa de atrito.

Conforme as medições da prefeitura do município de São Paulo (PMSP ES-07/1992 – Camadas de Macadame Betuminoso) a aplicação ocorre sobre a camada de macadame.

Esparramar o concreto permeável com cuidado porem rápido e continuo sobre a brita úmida compactada na base/subleito, para que não ocorra perda de umidade do concreto.

Pós a adição do concreto se utiliza uma régua vibratória ou manual de alumínio para que fique plano. Em seguida é utilizado o rolo compactador (Figura 19) para atingir a consolidação do concreto.



Figura 23: compactação das camadas de brita (Fonte: Acervo Afonso Virgiliis)



Figura 24: obra concluída (Fonte: Acervo ABCP)

8.2. Pavimento permeável com infiltração parcial do solo.

- O pavimento permeável mista é composto de praticamente as mesmas atividades apenas não contendo geomembrana, já que além de ter o sistema de drenagem por tubos ele permite a chegada das águas no solo.
- Locação da obra (técnico)
- Serviços preliminares (técnico)
- Abertura da caixa e preparo do subleito (técnico)
- Aplicação das camadas de base e sub-base drenante (técnico) – na função de permitir que o fluido (água) seja drenada com mais facilidade.
- Aplicação dos dispositivos de drenagem (técnico)
- Aplicação do revestimento permeável (técnico)

8.2.1. Pavimento permeável com infiltração total do solo

- O pavimento permeável com infiltração no solo é composto de praticamente as mesmas atividades, mas com o detalhe que não possui nenhum tipo de impermeabilidade sob o material.
- Locação da obra (técnico)
- Serviços preliminares (técnico)
- Abertura da caixa e preparo do subleito (técnico)
- Aplicação das camadas de base e sub-base drenante (técnico) – na função de permitir que o fluido (água) seja drenada com mais facilidade.

Aplicação do revestimento permeável (técnico)

9. Manutenção

Compreende-se que o concreto drenante é uma estrutura na qual há espaços vazios, permitindo que fluídos passem entre sua estrutura e, será utilizado para fins de drenagem urbana, concluímos que resíduos como gramas, folhas, lixo entre outros que podem obstruir os seus espaços, comprometendo sua eficiência no processo de drenagem. Portanto para evitar que isto ocorra é recomendado que a sua volta seja projetada para que não haja fluxo de matérias.

"Considerando que este material funciona com pouca ou nenhuma manutenção", Lamb (2014) aconselha que sua manutenção seja realizada de seis em seis meses. Os desenvolvimentos de sistemas que realizam a limpeza ainda estão sendo estudados, mas até o momento foram feitos testes que obtiveram resultados satisfatórios, utilizando lavagem sob pressão (Figura 25) e aspiração. Segundo Balades et al. (1995) até os primeiros centímetros estes sistemas podem recuperar 100% de seu desempenho inicial.



Figura 25: Lavagem sob pressão (Fonte: Lamb (2014))

Considerações finais

Após os estudos realizados pelo nosso grupo com bases em teses, dissertações entre outros materiais, concluímos que o concreto drenante poderá ser uma solução para sociedade e meio ambiente, simplesmente por ser um material que ameniza a ocorrência de enchentes e inundações, permitindo que águas pluviais se direcionem para o solo de modo natural, utilizando o seu “sistema” vazado, no caso os seus espaços vazios permitem aos fluidos ultrapassarem seu corpo.

O concreto drenante pode ser a solução e inovação para permeabilidade do solo que é obrigatória e definida pelo governo do estado, para preservação do meio ambiente, beneficiando o retorno de água ao solo (lençol freático, aquíferos entre outros), e possibilitando o uso de um pavimento sólido.

O nosso objetivo é apresentar soluções para impermeabilidade do solo, pois o efeito do mal planejamento das metrópoles que cresceram de forma desordenada sem preocupação com o meio ambiente.

Compreendemos que este concreto tem função divergente ao concreto convencional, concluímos que este concreto tem suas próprias propriedades, confecção e traços específicos em sua utilização. Por este material ter características únicas, espaços de vazios, os quais determinam uma resistência inferior ao concreto convencional, não podendo ser utilizado nos mesmos locais, pois ele não contém funções estruturais entre outras, mas sim para residência, calçadas, armazenamento de água, drenagem urbana e ainda qualquer local voltado à construção que necessite de permeabilidade para o solo, utilizando a força da gravidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HOLTZ, Fabiano da Costa. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental.** 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SALES, Tarso Luís de. **Pavimento permeável com superfície em blocos de concreto de alta porosidade.** 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

BATEZINI, Rafael. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves.** 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Passo Fundo, São Paulo, 2013.

GOMES, Carlos Alberto Barbosa de M.; COSTA, Júlio César E. da; SAVÓIA, Mônica J. M. Abdon; FERREIRA, Vinícius Verna M. **Impacto das técnicas alternativas de drenagem urbana na qualidade das águas pluviais.** 2002. 18 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de Minas Gerais, Minas Gerais, 2002.

OLIVEIRA, Tarcisio Dorn de; SALA, Lia Geovana; KRUG, Lucas Fernando; BRESSAM, Gabriela da Silva da Costa; DESSUY, Thainá Yasmin; PIRES, Diego Menegusso. **Uso de pavimento de concreto permeável para prevenção de enchentes.** 2016. 4 f. Curso de Engenharia civil, UNICRUZ, Rio Grande do Sul. 2016

LAMB, Gisele Sartoro. **Desenvolvimento e Análise do Desempenho de Elementos de Drenagem fabricados em Concreto Permeável.** Dissertação de mestrado em engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

HOLTZ, Fabiano; LORENZI, Alexandre; PASSUELLO, Alexandra; FILHO, Luiz Carlos P. da Silva; SHIMOMUKAY, Roseane; CHIES, Josué A. **Aplicação de concreto permeável na drenagem de zonas urbanas.** 2011. 14 f. 53º congresso do concreto brasileiro. Florianópolis, SC. 2011

CRUZ, Marcus Aurélio Soares; ARAÚJO, Paulo Roberto; AGRA, Sidnei Gusmão; SOUZA, Vladimir Caramori Borges de; COLLISCHONN, Walter. **Valorização da água no meio urbano: um desafio possível**. 15 f. Porto alegre, RS.

FIORIO, Peterson R.; DUARTE, Sergio N.; RODRIGUES, Guilherme de O.; MIRANDA, Jarbas H. de; COOKE, Richard A. **Comparação de equações de chuvas intensas para localidades do estado de São Paulo**. 2012. Eng. Agríc., v.32, n.6, p.1080-1088. Universidade de São Paulo. 2012.

RAMÍSIO, Paulo; FLORES, Mariana; DUARTE, António. **Avaliação da eficácia de um sistema de retenção de escoamentos urbanos com base num caso de estudo**. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Portugal.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários. 2008. 30 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 15645: Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto. 2008. 33 p.

NORMAS

NBR 12267 – PLANO DIRETOR - DEFINIÇÃO:

DNER. ME 082/94. Solo - Determinação do Limite de Plasticidade. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro.

_____. ME 122/94. Solo - Determinação do Limite de Liquidez. Método de referência e método expedito. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro.

_____. ME. Solo - Compactação utilizando amostras não trabalhadas. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro.

_____. ME. Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro.

NBR 9603: Sondagem a trado. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13441: Rochas e solos – Simbologia. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9780: Peças de concreto para pavimentação - Determinação da resistência à compressão - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação - especificação. Rio de Janeiro, 1987.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. ET – DE P00/028: Concreto asfáltico poroso com ligante modificado por polímetro - camada porosa de atrito. São Paulo, 2006.

SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA URBANA. IP-04 – Dimensionamento de pavimentos flexíveis para tráfego leve e médio. São Paulo, 2004.

BRITO, Fausto. O deslocamento da população brasileira para as metrópoles. 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/ea/v20n57/a17v2057.pdf>>

CS, Émillin. Drenagem urbana. 2016. <<http://2engenheiros.com/2016/09/17/drenagem-urbana/>> acesso em: 17/setembro/2016.

FILHO, Ronaldo Cunha. Boca de lobo. 2018. <<http://www.ebanataw.com.br/drenagem/bocadelobo.htm>> acesso em: 17/02/18

CARDOSO, Fernando Henrique; RIBEIRO, Paulo de Tarso Ramos; QUINTÃO, Geraldo Magela da Cruz; MALAN, Pedro; SICSÚ, Benjamin Benzaquen; TAVARES, Martus; FILHO, José Sarney; CARDOSO, Alberto Mendes. Leinº 10.257

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm> acesso em: 10/07/2001.

PINHO, Márcio. Enchentes em SP causam prejuízo anual de R\$ 762 milhões. 2013. <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2013/03/enchentes-em-sp-causam-prejuizo-anual-de-r-762-milhoes-diz-pesquisa.html>> acesso em: 15/03/2013