



**RONALDO MIOTTO MARTINS**

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DO PAVIMENTO  
INTERTRAVADO DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná,  
Campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Msc. José Valter  
Monteiro Larcher

Co-orientador: Prof. Dra. Andrea  
Sartori Jabur

**PATO BRANCO**

**2014**

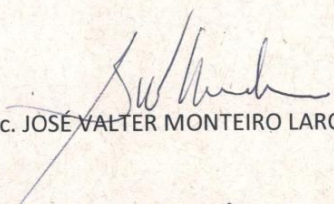


## TERMO DE APROVAÇÃO

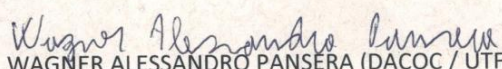
### ANÁLISE DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DO PAVIMENTO INTERTRAVADO DE CONCRETO

**RONALDO MIOTTO MARTINS**

Aos 14 dias do mês de fevereiro do ano de 2014, às 13h30min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº 18-TCC/2014.

  
Orientador: Prof. Msc. JOSÉ VALTER MONTEIRO LARCHER (DACOC / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. LUIZ ANTÔNIO MIOTTI (DACOC / UTFPR-PB)

  
Membro 2 da Banca: Prof. Dr. WAGNER ALESSANDRO PANSERA (DACOC / UTFPR-PB)

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais pelo amor e dedicação, pelo incentivo e apoio que me deram até agora, a vocês, minha eterna gratidão.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Renato e Aurora, pela vida, pelos cuidados, pelo amor. Desde meu primeiro dia na escola até a conclusão de um curso superior, estão me incentivando e me apoiando para que eu consiga vencer.

Agradeço a meus avós, que em suas sinceras orações e no orgulho que sentiam em ver seu neto na Universidade, me faziam mais forte a cada dia.

A minha querida namorada Edinara, sempre compreensiva e apoiadora.

Meu agradecimento especial ao meu orientador Prof. Msc. José Valter Monteiro Larcher, pela dedicação e contribuição neste trabalho, onde por vários meses debatemos sobre permeabilidade de pavimentos. Agradeço também, minha co-orientadora Prof. Dra. Andrea Sartori Jabur pela colaboração, para que este trabalho fosse possível.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco, principalmente aos do Departamento de Engenharia Civil, que contribuíram para minha formação.

A Deus, por tudo.

## EPÍGRAFE

“Assumir com coragem os desafios na certeza de que Deus é o grande parceiro e que seremos sempre vitoriosos.”

## RESUMO

O processo de urbanização é contínuo, tanto nas metrópoles quanto nas cidades menores. Deste modo, o planejamento urbano deve ser concebido levando-se em consideração fatores como, mobilidade e permeabilidade das vias, pelas quais trafegam centenas de pessoas todos os dias. A impermeabilização das áreas urbanas é consequência desta urbanização. São necessários novos elementos que contribuam para drenagem urbana. A existência de calçadas que possibilitam a infiltração da água da chuva, pode colaborar para minimizar o escoamento superficial. O pavimento intertravado de concreto, apresenta características peculiares, dentre as quais, àquelas que o configuram como piso drenante. O trabalho analisa através de um ensaio de infiltração, a capacidade que o pavimento intertravado de concreto oferece em relação à permeabilidade. Os resultados dos ensaios apresentaram valores pouco satisfatórios para a infiltração da água. O método regional de execução pode ser uma das principais causas da baixa eficiência.

**Palavras-chave:** Drenagem Urbana. Infiltração. Pavimento Intertravado de Concreto.

## **ABSTRACT**

The urbanization process is continuous, both in metropolis and in the smaller towns. Thus, the urban planning should be designed taking into consideration factors such as mobility and permeability of the routes by which travels over hundreds of people every day. The waterproofing of urban areas is a consequence of this urbanization. Are necessary new elements that contribute to urban drainage. The existence of sidewalks that allow infiltration of rainwater, can collaborate to minimize runoff. The interlocking concrete pavement, presents peculiar characteristics, among which those that constitute as draining floor. The study analyzes through an infiltration test, the capacity of the interlocking concrete pavement offers in relation the permeability. The test results showed unsatisfactory values for water infiltration. The regional method of execution can be one of the main causes of low efficiency.

**Keywords:** Urban Drainage. Infiltration. Interlocking Concrete Pavement.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Largura mínima do passeio.....	16
Figura 2:Declividade transversal em vias para pedestres .....	17
Figura 3: Inundação de áreas ribeirinhas .....	18
Figura 4:Estrada do império romano .....	19
Figura 5:Movimento de deslocamento das peças .....	20
Figura 6:Estrutura do pavimento .....	21
Figura 7:Transferência dos esforços .....	21
Figura 8:Transferência do carregamento vertical .....	22
Figura 9: Dimensões do <i>paver</i> conforme quadro 1. ....	25
Figura 10:Nivelamento e compactação do subleito.....	27
Figura 11: Execução das camadas inferiores.....	27
Figura 12: Contenção lateral .....	28
Figura 13: Características dos agregados para assentamento e rejuntamento	29
Figura 14: Espalhamento da areia de assentamento .....	30
Figura 15: (a) Fileira;(b) Trama .....	30
Figura 16: Figura (a), espinha de peixe 45°, Figura (b), Espinha de Peixe 90°	31
Figura 17: Etapas finas de execução do pavimento.....	31
Figura 18: Fluxograma .....	34
Figura 19: Cilindro instalado para o teste de infiltração.....	35
Figura 20 : Calçada do Bloco J1 .....	38
Figura 21: Calçada Parque , a) espinha de peixe b) trama .....	39
Figura 22: Praça Getúlio Vargas .....	39
Figura 23: Calçada na Rua Itabira, a)Trama b) Espinha de Peixe .....	40
Figura 24: Área livre para infiltração ,a)Trama b) Espinha de peixe.....	41
Figura 25: Camadas inferiores .....	42
Quadro 1:Especificação das peças de concreto conforme NBR 9780 .....	25
Quadro 2:Valores típicos de permeabilidade de solos .....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados obtidos nos ensaios de infiltração.....	41
Tabela 2: Área de Infiltração .....	42

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	12
1.1.1 Objetivos específicos.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2 AS CALÇADAS E A URBANIZAÇÃO NO BRASIL .....</b>	<b>15</b>
2.1 INFRAESTRUTURA DAS CIDADES.....	15
2.2 O PASSEIO COMO ELEMENTO DE MOBILIDADE .....	15
2.3 O PASSEIO COMO ELEMENTO AUXILIAR NA DRENAGEM URBANA .....	17
<b>3 O PAVIMENTO INTERTRAVADO .....</b>	<b>19</b>
3.1 ORIGEM.....	19
3.1.1 O sistema de intertravamento .....	20
3.2 ASPECTOS DO PAVIMENTO INTERTRAVADO .....	22
3.2.1 Pavimento Flexível .....	23
3.2.2 Fabricação das Peças .....	23
3.3 EXECUÇÃO DO PAVIMENTO.....	25
3.3.1 Etapa de nivelamento e compactação do subleito: .....	26
3.3.2 Execução das camadas de base e sub-base : .....	27
3.3.3 Execução de contenções laterais:.....	28
3.3.4 Camada de assentamento e rejuntamento:.....	28
3.3.5 Colocação das peças .....	30
3.4 PERMEABILIDADE .....	32
<b>4 MÉTODO DE TRABALHO.....</b>	<b>33</b>
4.1 MÉTODOS .....	33
4.2 MÉTODO DE ENSAIO .....	34
4.2 CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DOS LOCAIS DE APLICAÇÃO DO ENSAIO.....	37
<b>5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é um desafio a ser vencido não só nos grandes centros, mas também em cidades menores. As vias devem permitir a fluidez do trânsito e meios de transporte público eficientes. Além disto, há a necessidade de calçadas niveladas, livres de obstáculos e que tenham capacidade de permeabilidade e de escoamento mínimo para que, em dias chuvosos, permitam que pedestres circulem de forma segura e confortável.

Para Canholi (2005), as áreas urbanas cresceram rapidamente e no tocante a drenagem urbana, pouco se pensou e se fez a respeito. O autor diz que é preciso adotar medidas não convencionais de drenagem, que diferem do conceito tradicional de canalização, pois elas promovem uma otimização do sistema. Dentre as medidas não convencionais, cita àquelas que visam incrementar o processo da infiltração da água.

Deste modo, depreende-se que praças, estacionamentos e calçadas com pavimento permeável, contribuem para aumentar a taxa de infiltração em regiões urbanas altamente impermeabilizadas com edificações e pistas pavimentadas de concreto asfáltico não poroso. Por consequência, podem contribuir de forma significativa para a drenagem pluvial urbana.

Utilizado com sucesso nos Estados Unidos e em alguns países da Europa como Inglaterra e Alemanha, o uso de pisos permeáveis vem sendo cada vez mais utilizado no Brasil. (REVISTA PRISMA, 2011) . Em âmbito nacional, há exemplo da prefeitura de São Paulo que recomenda o uso de blocos de concreto do tipo intertravado para auxiliar na infiltração da água da chuva. (SÃO PAULO, 2010).

O pavimento intertravado de concreto é apresentado atualmente, como uma solução que abrange duas questões essenciais, que são a drenagem e a mobilidade de áreas urbanas. Várias vantagens de aplicação do *paver* são conhecidas, como a capacidade de gerar economia de iluminação pública, pois é capaz de aumentar a reflexão em até 30% se comparado a outros pavimentos (Marchioni, Silva 2011). A facilidade de manutenção também é notória, visto que o pavimento pode ser instalado e removido a qualquer tempo, há um ganho de produtividade e de recursos quando se pensa no grande

número de subsistemas existentes sob o pavimento. Cria espaços pavimentados com um belo efeito estético, pois são várias as formas, texturas e cores destas peças.

Entretanto, o presente trabalho busca conhecer de fato a eficiência drenante de um piso com *paver*. A análise será feita através de ensaios de infiltração de acordo com a norma americana ASTM (*American Society for Testing and Materials*) C1701- *Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete* (ANSI - *American National Standards Institute*, 2009). Que descreve que o bloco por si só não é permeável, mas sim o sistema no qual está inserido, oferecendo juntas para infiltração. Serão analisados pisos com paginações mais usuais nas calçadas de Pato Branco-PR, para conhecer a que apresenta o melhor desempenho.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência do pavimento intertravado como elemento permeável em pavimentos, como parte da solução de redução do escoamento superficial.

### 1.1.1 Objetivos específicos

- Realizar Revisão bibliográfica sobre o uso e aplicação do *paver* em pavimentos urbanos
- Efetuar Levantamento de campo - situações mais comuns do *paver* aplicado em pavimentos de calçadas.
- Definir instrumento de avaliação de desempenho dos sistemas de pavimento intertravado de concreto quanto à permeabilidade, sob a Norma ASTM C1701.
- Apresentar resultados e recomendações para o caso e para casos semelhantes.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

As políticas públicas brasileiras, que estão sob a responsabilidade do Ministério das Cidades, englobam setores de Infraestrutura, Planejamento Urbano e Ordenamento Territorial, entre outros. Neste cenário, a drenagem e a mobilidade urbana são temas atuais no planejamento e desenvolvimento das cidades. O ministério, promove no ano de 2013, a 5<sup>a</sup> conferência nacional das cidades, que debate estes assuntos. (BRASIL, 2013).

A Associação Nacional dos Transportes Públicos (ANTP) mostra que um terço das viagens realizadas nas cidades brasileiras é feita a pé, concomitantemente, isso remete a necessidade de que exista um pavimento adequado para o pedestre se locomover com agilidade, segurança e conforto. (MOBILIZE, 2013)

Segundo Moretti (1997), o passeio público em vários municípios brasileiros, é de responsabilidade do proprietário do lote e muitas vezes, é mal executado e sem nenhum padrão. Observa também que os passeios não são integralmente pavimentados, possuem rampas e degraus e acabam perdendo sua função primordial que é a trafegabilidade e os usuários são obrigados a circularem na pista de rolamento de veículos. O mesmo autor, diz ainda que o correto seria o município ser o responsável pelo passeio, visto que ele é público. Assim, haveria uma preocupação mais apurada com a qualidade do pavimento, com a arborização e a infraestrutura do local.

O pavimento intertravado de concreto, como solução para pavimentos externos e passeios, oferece vantagens técnico-econômicas propiciadas pelo sistema construtivo, pode ser utilizado como via para pedestres e para tráfego de veículos, possui também peças diferenciadas, com geometria definida, baseada em ressaltos, à semelhança da linguagem braile, logo, admite a execução de pisos táteis, que permitem a acessibilidade de deficientes visuais.

Acrescentado ao aspecto construtivo e de mobilidade urbana, soma-se ainda, o fato de que o *paver* é recomendado como pavimento, por prefeituras e profissionais da área da construção civil, pois permite fácil instalação e manutenção, além de ser indicado pela Associação Brasileira de Cimento

Portland (ABCP), para ser utilizado para auxiliar na drenagem pluvial urbana devido à permeabilidade que oferece (Marchioni, Silva 2011).

Nos grandes centros, devido ao elevado índice de ocupação do solo, as áreas urbanas, cada vez mais tem suas superfícies impermeabilizadas. A proposta da utilização dos passeios serem executados com revestimentos com capacidade de drenagem eficiente consolida a importância do objetivo deste estudo, buscando minimizar os efeitos desta impermeabilização.

Em relação a aspectos de permeabilidade, de importância para o desempenho do pavimento e da drenagem, não existe norma brasileira que regulamente e que norteie os valores da infiltração que o sistema deve ter para ser considerado como área permeável. Neste sentido, se justifica a obtenção de dados específicos para responder as questões já apresentadas.

## 2 AS CALÇADAS E A URBANIZAÇÃO NO BRASIL

### 2.1 INFRAESTRUTURA DAS CIDADES

Segundo Ross (1996), a existência das cidades remonta ao início da civilização. A intensificação da vida urbana se deu na revolução técnico-científica, nos séculos XIX e XX. Com o desenvolvimento industrial houve o avanço tecnológico e centros especializados foram criados, aliados à formação de uma sociedade de consumo. Os problemas de infraestrutura urbana são mais severos em países como o Brasil, numa interrelação com os aspectos sociais,

“...nas regiões que, em curto espaço de tempo, se transformaram em áreas industrializadas através da importação de tecnologia, capital e a instalação maciça de empresas transnacionais, como ocorreu na América Latina, na Ásia e na África, os problemas ambientais urbanos são mais sérios e agravados pelos problemas sociais”(ROSS,1996, p.215).

Em decorrência desse problema, segundo Canholi (2005), durante muitos anos, tanto no Brasil como em outros países, a drenagem pluvial urbana tanto em grandes metrópoles como em cidades pequenas, foi deixada de lado dentro do contexto do parcelamento do solo para usos urbanos. O aumento das áreas urbanizadas, e conseqüentemente impermeabilizadas, aconteceram a partir das zonas mais baixas, próximas as várzeas dos rios ou a beira mar, em direção as colinas e morros, em razão da necessária interação da população com os corpos hídricos, utilizados como fonte de alimento e via de transporte.

### 2.2 O PASSEIO COMO ELEMENTO DE MOBILIDADE

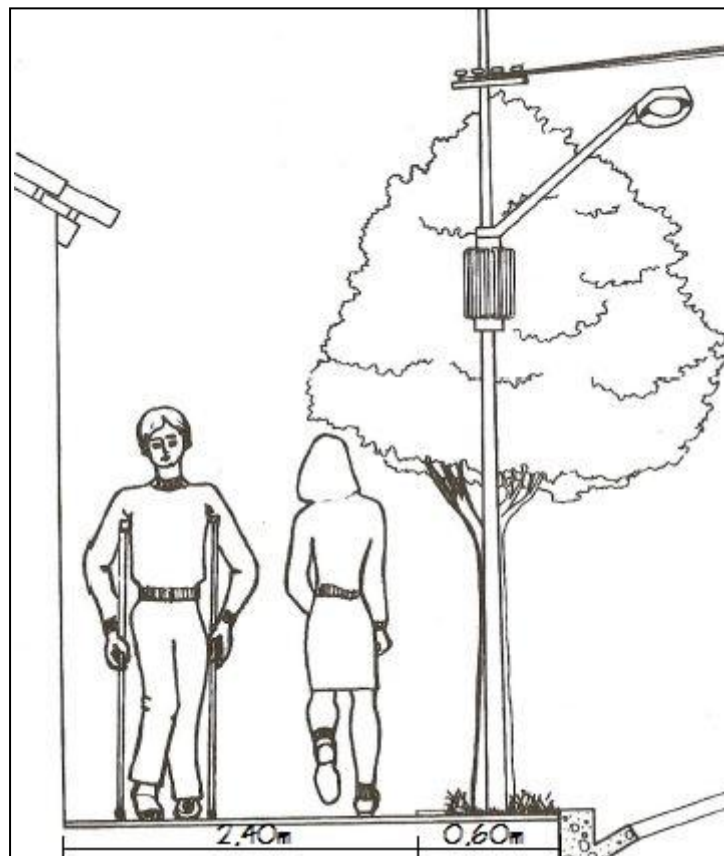
A Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana destaca a importância da implantação da lei de mobilidade urbana (Lei nº 12.587/2012) no âmbito dos municípios e regiões metropolitanas, pois a definição de políticas municipais, é fundamental para que os planos de mobilidade aconteçam. (BRASIL, 2012)

As calçadas fazem parte do sistema de infraestrutura urbana, que por sua vez, deve proporcionar mobilidade aos usuários. A título de exemplo,a



prefeitura de Goiânia define como calçada sustentável a calçada que tem o objetivo de melhorar a utilização do espaço público, garantindo acessibilidade, permeabilidade, arborização e a implantação de mobiliários urbanos. (GOIÂNIA, 2012)

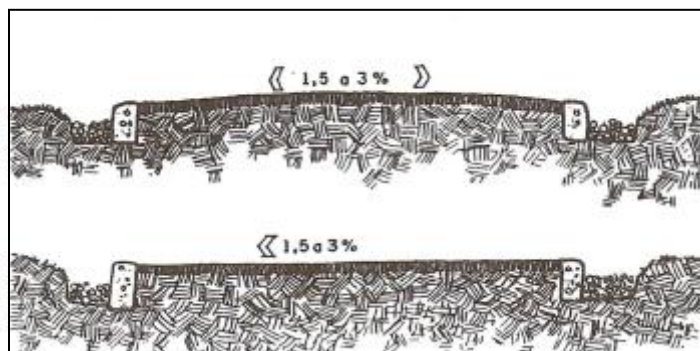
Mascaró (2003) diz que as calçadas devem ser projetadas para um trânsito seguro e confortável, tendo dimensões determinadas em função do fluxo esperado, das declividades a serem vencidas, da presença de mobiliário urbano, das tubulações, da arborização e do comércio de rua. O mesmo autor define como largura mínima recomendável para os passeios, o valor de 2,40m, considerando o espaço mínimo de 1,20m para o trânsito de pedestres em duas direções, uma faixa de 0,60m para mobiliário urbano de pequeno porte, como mostra a Figura 1.



**Figura 1: Largura mínima do passeio**  
**Fonte: Adaptado de Mascaró (2003)**

Mascaró (2003) fala ainda da importância da declividade transversal da calçada, ela contribui para o escoamento das águas. Os valores ideais para

que a água possa ser conduzida para sarjetas ou condutores laterais são mostradas na Figura 2.

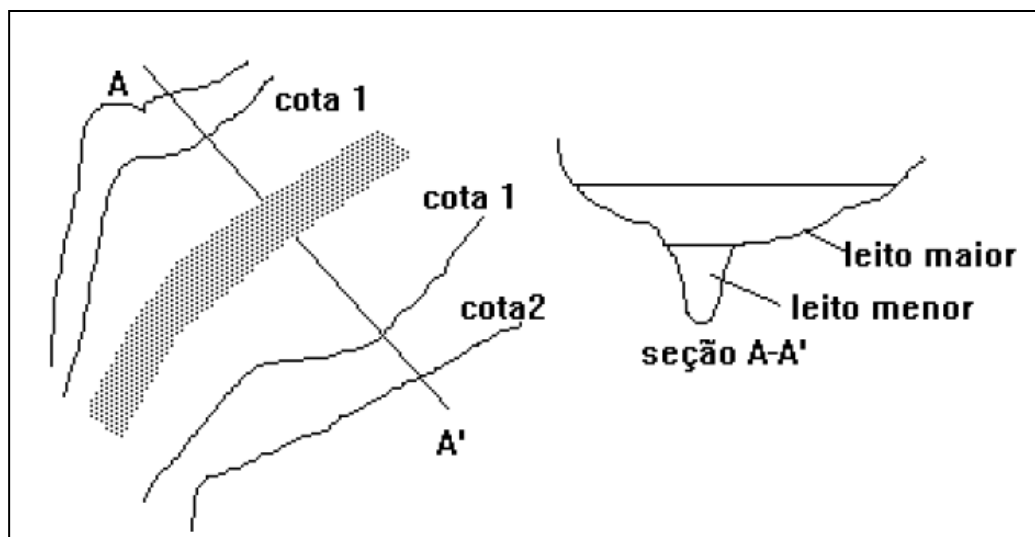


**Figura 2: Declividade transversal em vias para pedestres**  
Fonte: Mascaró (2003)

### 2.3 O PASSEIO COMO ELEMENTO AUXILIAR NA DRENAGEM URBANA

Tucci (2009), define drenagem urbana como um conjunto de medidas capazes de diminuir os danos causados às populações por enchentes. Estas medidas vão desde o planejamento do uso e ocupação do solo, à construção de obras específicas para a drenagem. Cita ainda que a urbanização é a que mais interfere na drenagem urbana, pois altera diretamente o escoamento superficial da água. Deste modo, é evidente que o escoamento tem níveis maiores devido à impermeabilização do meio urbano, o que mostra a importância de áreas de infiltração que tenham parcela significativa na dissipação da água da chuva.

As enchentes em áreas urbanas são de dois tipos, uma delas é a enchente em áreas ribeirinhas, ou seja, são enchentes naturais e já previsíveis em eventos chuvosos extremos. A média de tempo de retorno é de 2 anos e o rio ocupará seu leito maior, afetando a população que o cerca. A Figura 3 esboça o fato.



**Figura 3: Inundação de áreas ribeirinhas**  
**Fonte: Tucci (2003)**

Outro tipo de enchente, é aquela causada pela urbanização, que impermeabiliza o solo de tal forma que uma parcela de água que iria infiltrar, agora escoar pelos condutos, aumentando o volume e exigindo maior capacidade de escoamento e condução da água. Logo, o principal efeito da urbanização neste contexto, é o aumento da vazão máxima, a antecipação do pico e o aumento de volume do escoamento superficial.

Para que não ocorram tais enchentes, além da canalização, existem dispositivos que auxiliam no controle, dentre eles, o uso de um pavimento que possibilite infiltração, o armazenamento da água da chuva em telhados e a existência de pequenos tanques residenciais. (TUCCI, 2003)

Portanto, a existência de passeios públicos executados com pavimento permeável, pode ter parcela significativa no tocante à contribuição que oferecem ao deixar que a água infiltre, diminuindo assim o escoamento superficial e o possível acúmulo de água que resultará em inundação.

### 3 O PAVIMENTO INTERTRAVADO

#### 3.1 ORIGEM

O conceito de intertravamento de pavimentos de concreto remonta para as estradas do antigo Império Romano como pode ser visto na Figura 4. Eles foram construídos com pedras cortadas de dimensões semelhantes e assentadas próximas umas das outras, no solo onde se desejava pavimentar. (ICPI - *INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE*, 2011)

Surgindo para substituir os tijolos de barro, o *paver* foi desenvolvido nos países baixos, no fim da década de 40. Após a 2ª Guerra Mundial, a reconstrução da Europa estimulou a substituição dos blocos de argila por peças de concreto. No Brasil, essa técnica surgiu nos anos 70, mas para sua aplicação, não havia critérios técnicos mínimos bem definidos, prejudicando a execução e por consequência a imagem dos blocos de concreto para a pavimentação no país. (HALLACK, 2001).

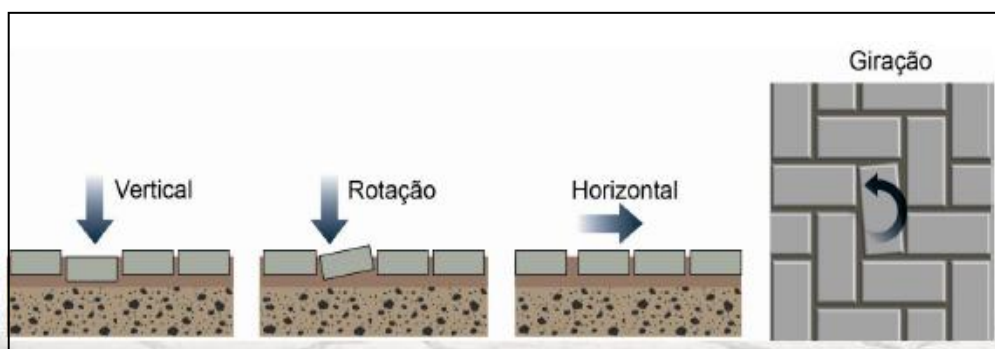


**Figura 4: Estrada do império romano**  
**Fonte: (ICPI, 2011)**

### 3.1.1 O sistema de intertravamento

Intertravamento é a incapacidade de uma peça do pavimento se mover independentemente de seus vizinhos. O desempenho estrutural está ligado ao intertravamento das peças. (ICPI,2011). É definido também, como a capacidade das peças resistirem a movimentos de deslocamento individual, seja vertical, horizontal, de rotação ou de giração em relação às peças vizinhas conforme Figura 5.

Segundo a ABCP, o pavimento intertravado de concreto é um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e subbase), seguida por camada de revestimento constituída de peças de concreto sobrepostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento. O intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção nas laterais. A Figura 6 mostra a composição da estrutura.



**Figura 5: Movimento de deslocamento das peças**  
Fonte: ABCP (2013)

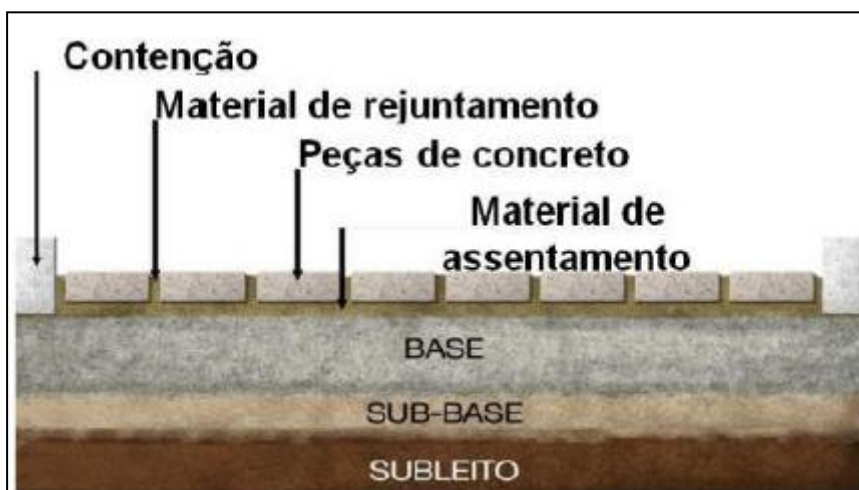


Figura 6: Estrutura do pavimento  
Fonte: ABCP (2013)

A ilustração de como cada peça de concreto transfere os esforços verticais, horizontais e de torção às peças vizinhas, proporcionando uma camada de rolamento homogênea e flexível pode ser visualizada da Figura 7. Já na distribuição das cargas verticais, as mais presentes no pavimento, o carregamento é transferido do revestimento superior para as camadas de base conforme Figura 8.

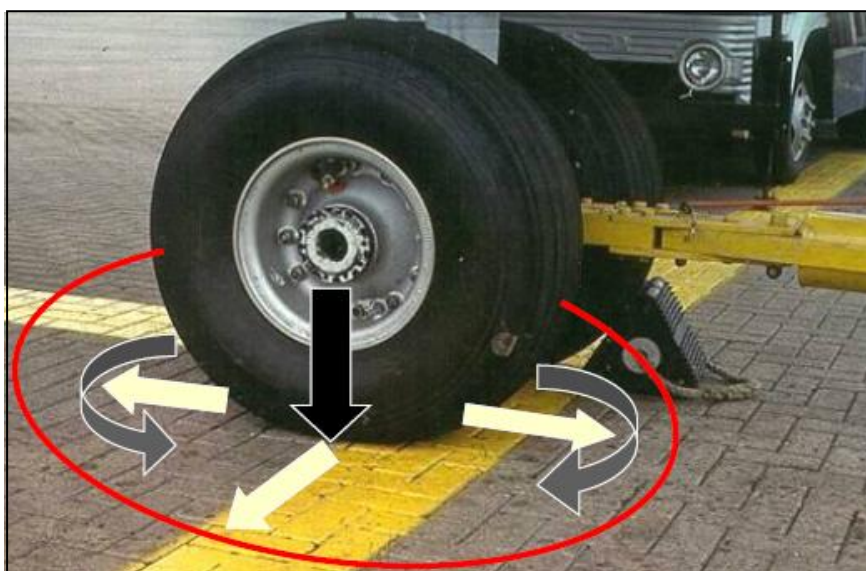
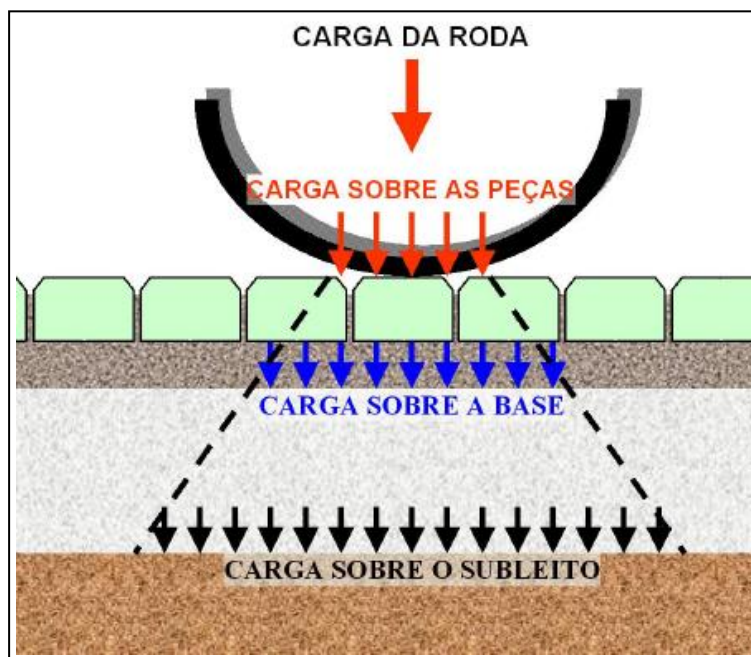


Figura 7: Transferência dos esforços  
Fonte: ABCP (2013)



**Figura 8: Transferência do carregamento vertical**  
**Fonte: ABCP (2013)**

### 3.2 ASPECTOS DO PAVIMENTO INTERTRAVADO

Se analisado em relação ao conforto térmico, a ABCP (2008) afirma que:

A coloração mais clara das peças de concreto, em relação aos demais tipos de produtos, reduz a absorção de calor na superfície do pavimento, melhorando o conforto térmico e diminuindo a formação das ilhas de calor nos centros urbanos, causados pela impermeabilidade do solo e uso de pavimentos escuros. A redução de temperatura pode chegar a 17°C. (ABCP, 2008, apud NABESHIMA; ORSOLIN; DOS SANTOS, 2011, p.30).

Além do conforto térmico, o pavimento oferece a capacidade de poupar energia elétrica. Ele é capaz de aumentar a reflexão da luz devido a coloração clara dos blocos de assentamento, esse ganho é em torno de 30%, se comparado ao pavimento flexível das ruas, que é de concreto asfáltico. Em termos práticos, isso permite gerar economia de iluminação pública (Marchioni, Silva 2011).

Entretanto, a característica que é objeto de estudo deste trabalho, é a capacidade de infiltração que o pavimento intertravado pode oferecer. Tal capacidade é difundida no Brasil pela ABCP, e em outros países como nos

Estados Unidos, onde a ICPI também traz informações e especificações a respeito. A infiltração é justificável devido à água que consegue entrar pelas juntas entre os *pavers*, que tem entre 3 e 5 mm. Os espaços vazios entre as peças intertravadas deixam a água infiltrar de volta para o solo do subleito.(ICPI, 2011).

É preciso lembrar que há uma distinção entre considerar um sistema intertravado de pavimento com peças fabricadas com concreto poroso, onde o concreto é fabricado com agregados com poucos ou sem finos. Este concreto tem espaços livres na sua estrutura que possibilitam a passagem do ar e da água, existindo portanto, capacidade de infiltração na peça, e nas juntas. Os pavimentos aqui estudados são os executados com peças fabricadas com concreto conforme NBR 9781/13:Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e métodos de ensaio, ou seja, concreto teoricamente impermeável.

### 3.2.1 Pavimento Flexível

Os pavimentos podem ser classificados em função do revestimento. Existem três tipos: Rígidos: revestido de placas de concreto de cimento *Portland*. Semi-rígidos: revestidos de camada asfáltica e com base estabilizada quimicamente (cal, cimento).Flexíveis: revestidos de camada asfáltica e com base de brita ou solo. Nos semi-rígidos incluem-se também os revestimentos compostos por blocos, utilizados em calçamento, tais como, paralelepípedos e peças pré-moldadas de cerâmica. (MASCARÓ,1991). Entretanto, o pavimento intertravado é considerado na NBR 15953/11 como flexível devido à distribuição de tensões em suas camadas.

### 3.2.2 Fabricação das Peças

A fabricação das peças pré-moldadas destinadas à pavimentação de vias urbanas, como calçadas, ruas, parques, estacionamentos, deve atender a



requisitos dimensionais e de resistência a compressão. Essas especificações estão contidas na NBR 9781/13:Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e métodos de ensaio.

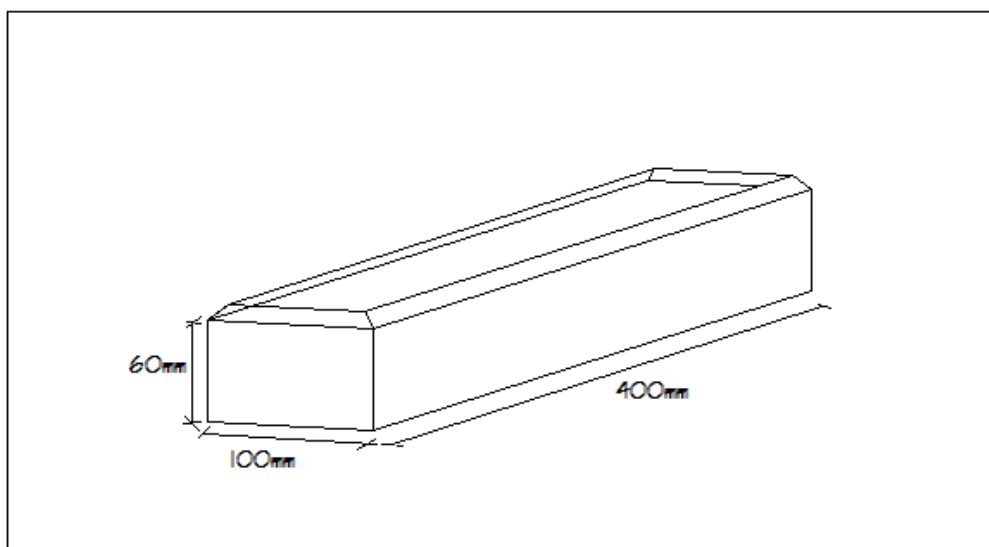
No que tange as dimensões a norma específica que as peças devem ter formato geométrico regular, comprimento máximo de 400mm, largura mínima de 100mm e altura mínima de 60mm. As variações máximas permitidas nas dimensões são de 3mm no comprimento e largura das peças e 5 mm na altura.

A resistência característica à compressão deve ser maior ou igual a 35 MPa, para as solicitações de veículos leves e maior ou igual a 50 MPa, quando houver desgaste por atrito e tráfego de veículos pesados. O concreto usado para confecção das peças, deve ser constituído de cimento *portland*, agregados naturais ou artificiais e água, sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos.

As peças pré-moldadas de concreto que possuem relação comprimento/espessura menor que 4 são apropriadas para tráfego de veículos e são utilizadas no pavimento intertravado permeável. (ABCP 2011). Já o ICPI (2011), mostra que, para este uso, a relação de aspecto (comprimento/espessura) deve ser menor ou igual 3. O resumo das características das peças pode ser visto no quadro 1 e um desenho do *paver* na Figura 9.

<b>Resumo das especificações</b>		
<b>Dimensão (mm)</b>		<b>Tolerâncias (mm)</b>
Comprimento máximo	400	±3
Altura mínima	60	±5
Largura mínima	100	±3
<b>Resistência característica a compressão (MPa)</b>		<b>Tolerâncias (MPa)</b>
Tráfego de veículos leves, calçadas		≥ 35
Tráfego de veículos pesados, desgaste por atrito.		≥ 50

**Quadro 1: Especificações das peças de concreto conforme NBR 9780**  
**Fonte: Autor (2013)**



**Figura 9: Dimensões do paver conforme quadro 1.  
Fonte: Autor (2013)**

### 3.3 EXECUÇÃO DO PAVIMENTO

Um apurado processo de fabricação do *paver*, com traços bem dosados e procedimentos adequados, produz peças de qualidade, ou seja, peças com dimensões sem grande variação, o que é importante para se ter um piso bem nivelado e com boa aparência, porém, a execução do pavimento é o fator preponderante no que diz respeito à permeabilidade.

Maciel (2007), define de forma simples e sutil a execução de um pavimento intertravado com blocos de concreto, fala que, basta assentar os blocos numa camada de areia grossa, compactar e preencher as juntas com areia fina e efetuar uma nova compactação, para o travamento do sistema são necessárias contenções laterais.

A NBR 15953/2011: Pavimento intertravado com peças de concreto – Execução, estabelece os requisitos de projeto e execução das camadas de base de pavimentos intertravados. A seguir, serão apresentadas as etapas ilustradas e comentadas da execução do pavimento, constantes na Cartilha de Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas, da ABCP e na norma de execução. Em cada etapa, serão abordados aspectos técnicos e práticos. Sendo as etapas:

- Etapa de nivelamento e compactação do subleito
- Execução das camadas de base e sub-base
- Execução de contenções laterais
- Camada de assentamento e rejuntamento
- Colocação das peças

### 3.3.1 Etapa de nivelamento e compactação do subleito:

O subleito é o terreno de fundação do pavimento. Pode ser constituído de solo natural ou oriundo de empréstimo. Faz-se necessário conhecer previamente as características inerentes deste solo. O mesmo, deve apresentar índice de suporte Califórnia (CBR) maior que 2% determinado pela NBR 9895 – Solo: Índice de Suporte Califórnia e expansão volumétrica menor ou igual a 2%. A permeabilidade do solo pode ser verificada pela NBR 13292 - Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante - Método de ensaio ou NBR 14545 - Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável.

A camada de subleito deve estar limpa, sem a presença de plantas, raízes e qualquer tipo de matéria orgânica, para se proceder o nivelamento e a compactação com a placa vibratória. Deve também ser bem drenada, mantendo o lençol freático rebaixado no mínimo 1,5 m da cota final do pavimento acabado. Marchioni e Silva (2011) apontam que em solos pouco permeáveis pode ser necessária a instalação de tubos de drenagem para evitar que a água permaneça muito tempo na estrutura do pavimento podendo causar perda de suporte. Entretanto, o que se constata nas calçadas onde serão feitos os ensaios é a ausência de dados de capacidade de suporte e permeabilidade do solo, pois tais ensaios não são usualmente realizados.



**Figura 10: Nivelamento e compactação do subleito**  
Fonte:Maski (2013)

### 3.3.2 Execução das camadas de base e sub-base :

A camada de sub-base é a camada corretiva do subleito ou complementar à base, entretanto é executada apenas quando se precisa melhorar a capacidade de carga das camadas adjacentes. A Base é a camada a qual se destina e distribui os esforços vindos do tráfego. É composta de materiais granulares, os mesmo são utilizados tanto para a camada de base quanto para a sub-base, deverão ser preferencialmente pétreos, como, por exemplo, bica corrida, brita graduada e cascalho. As espessuras de cada camada devem ser dimensionadas conforme o tráfego. Deve-se espalhar a camada de material escolhido e compactá-lo. Segundo Marchioni e Silva (2011) a capacidade da base e sub-base de funcionarem como reservatório, depende do índice de vazios dos agregados, determinado pela NBR NM 45- Agregados- determinação da massa unitária e do volume de vazios, que deve ser de no mínimo 32%.



**Figura 11: Execução das camadas inferiores**  
Fonte: Equipe de Obra (2013)

### 3.3.3 Execução de contenções laterais:

A contenção lateral serve para evitar o deslocamento das peças, durante a vida útil do pavimento. Os tipos de contenção lateral compreendem meios-fios, meios-fios-sarjetas, e vigas armadas ou não-armadas. A condição ideal é que esses confinamentos apresentem as faces em contato com os blocos perfeitamente verticais. (GODINHO, 2002).



**Figura 12: Contenção lateral**  
**Fonte: Maski (2013)**

### 3.3.4 Camada de assentamento e rejuntamento:

Marchioni e Silva (2011) dizem que, o material de assentamento e de rejuntamento deve ter uma distribuição granulométrica que resulte em um adequado teor de vazios, assim, existirá um coeficiente de permeabilidade apropriado para o pavimento. É preciso entender que o coeficiente de permeabilidade está intimamente ligado ao teor dos finos, portanto a limitação desse requisito deve ser observada no material utilizado. Em função disto, esta é uma etapa muito importante em relação á permeabilidade. Os autores recomendam a utilização de materiais pétreos granulares com as características apresentadas na Figura 13:

Distribuição granulométrica – porcentagem retida		
Peneira com abertura de malha	Camada de assentamento	Material de rejunte
12,5mm	0	
9,5mm	0 a 15	0
4,75mm	70 a 90	0 a 15
2,36mm	90 a 100	60 a 90
1,16mm	95 a 100	90 a 100
0,300mm		95 a 100

**Figura 13: Características dos agregados para assentamento e rejuntamento**  
**Fonte: Marchioni, Silva (2011)**

Os mesmos autores, dizem ainda que, no rejuntamento que irá preencher os vazios entre as peças, deve ser deixado um espaço sem preencher de aproximadamente 10 mm em relação ao topo da peça. Isto serve para dificultar a formação de uma lâmina de água no pavimento e também a saída do material de rejuntamento.

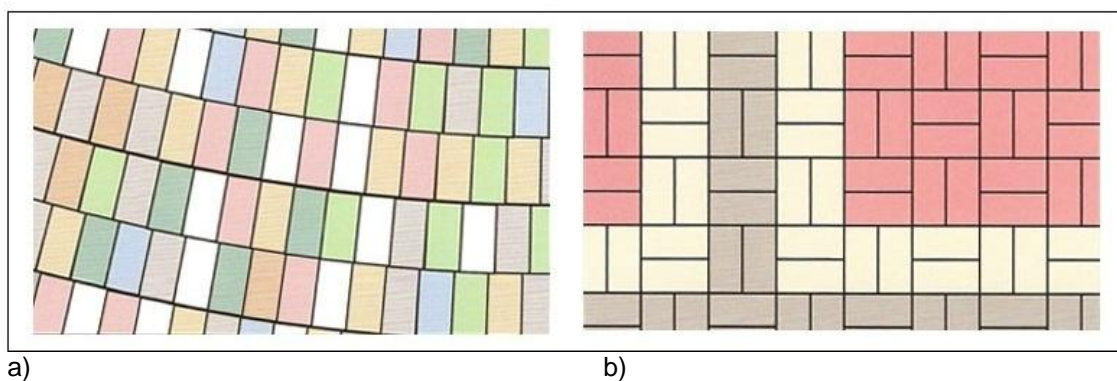
Godinho (2002), mostra que a camada de assentamento das peças deverá ser de areia artificial com granulometria contínua e média, ser lavada e de qualidade semelhante à usada em concretos ou argamassas de assentamento, além de passar totalmente pela peneira de 9,5 mm. O mesmo autor, afirma que a escolha da areia de assentamento é fundamental para o bom desempenho do pavimento intertravado, e faz os seguintes apontamentos: A espessura da camada de areia de assentamento deve ser uniforme, pois ensaios comprovam que a deformação associada ao tráfego em pavimentos intertravados é, em parte, uma função da espessura da camada de assentamento. Com o material devidamente escolhido, deve-se efetuar o espalhamento, a espessura dessa camada, após a compactação, deve ser uniforme e estar situada entre 3 e 5 cm, sendo 4 cm um valor ótimo.



**Figura 14: Espalhamento da areia de assentamento**  
**Fonte: Autor (2013)**

### 3.3.5 Colocação das peças

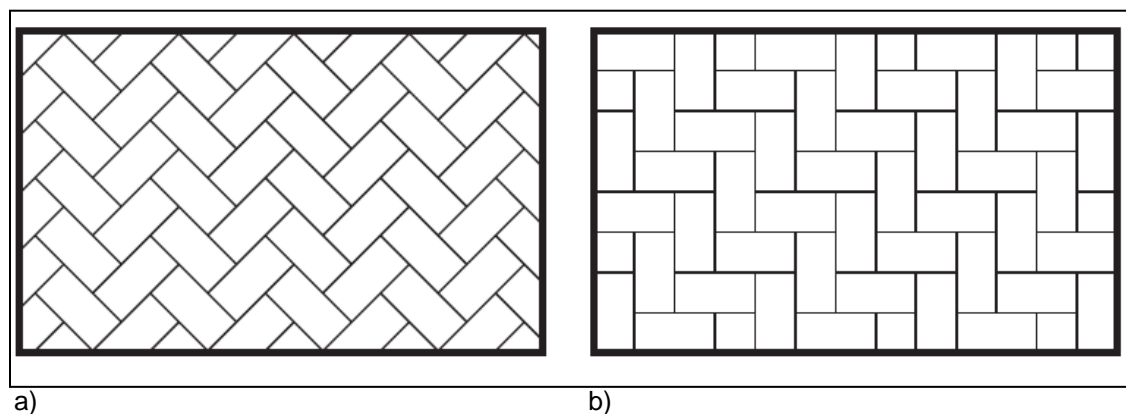
O arranjo de assentamento das peças deve ser previamente definido, pois é importante para o alinhamento entre o eixo das peças e o da via. Os formatos das peças são muito variados, podendo ter arranjos de assentamento bastante diversos, como pode ser visto na Figura 15. Os arranjos com peças retangulares são os mais usuais em calçadas de pavimentos urbanos, onde serão feitos os ensaios relativos a este trabalho.



**Figura 15: (a) Fileira;(b) Trama**  
**Fonte: Adaptado de Brasiliapaver (2013)**

Em vias de pedestres, é possível a criação de vários arranjos, pois o padrão de alinhamento não tem importância. Porém, Godinho (2002) e ICPI (2011) apontam que em vias com tráfego de veículos é preferencial a

disposição em forma de espinha-de-peixe, pois tem maior capacidade de intertravamento e tendo as peças alinhadas com o eixo da via segundo um ângulo de  $45^\circ$  ou  $90^\circ$ , há a vantagem de não requerer mudança de alinhamento em curvas ou esquinas. A Figura 16 mostra esta forma:



**Figura 16: Figura (a), espinha de peixe  $45^\circ$ , Figura (b), Espinha de Peixe  $90^\circ$   
Fonte: ICPI (2011)**

Após escolhida a paginação do pavimento, procede-se com a colocação das peças, Figura 17(a) e posterior rejuntamento das juntas com a areia de assentamento 17(b), depois de prontas estas etapas, o pavimento deve ser compactado 17 (c).



**Figura 17: Etapas finais de execução do pavimento  
Fonte: Adaptado de Maski (2013)**



### 3.4 PERMEABILIDADE

Grande parte das ações para minimizar problemas com drenagem urbana tem por princípio conduzir as águas das chuvas para jusante. Dispositivos que permitem o acréscimo de infiltração e o aumento do tempo de retardo do escoamento superficial são parte da solução. O pavimento intertravado de concreto nos passeios pode contribuir para uma maior infiltração da água da chuva. A contribuição se justificaria pelos espaços livres entre as peças, locais por onde a água irá passar e também pela execução das camadas de base, que permitem que a água infiltre.

Marchioni e Silva (2011) apontam que sempre haverá um potencial de permeabilidade por meio das juntas, o atendimento da distribuição granulométrica recomendada, possibilita atingir o coeficiente de permeabilidade dos agregados na ordem de  $3,5 \times 10^{-3}$  m/s, o que garante um eficaz funcionamento do sistema.

Entretanto, existem fatores importantes para a permeabilidade do pavimento, como já visto, a forma como o pavimento foi executado, em relação as granulometrias das camadas inferiores. Ressalta-se que este fator, não poderá ser verificado em todos os testes, pois os ensaios serão em pavimentos já existentes e a investigação das camadas com a remoção das peças é inviável.

Outro fator importante é a colmatação, que segundo Virgiliis, (2009), em zonas urbanas é função de fatores locais, como a variedade e a quantidade de material pulverulento depositado nas juntas. O tráfego também interfere na colmatação, visto que, onde existe tráfego intenso, há uma sucção provocada pela passagem de veículos, que tende a descolmatar os vazios.

Diante do exposto acima, ao pensar em calçadas, pode-se entender que elas sejam mais vulneráveis à colmatação, uma vez que, o tráfego é predominantemente de pedestres e segundo Marchioni e Silva (2011), deve-se aplicar uma redução de permeabilidade como fator de segurança devido à futura colmatação do sistema ao longo da sua vida útil.

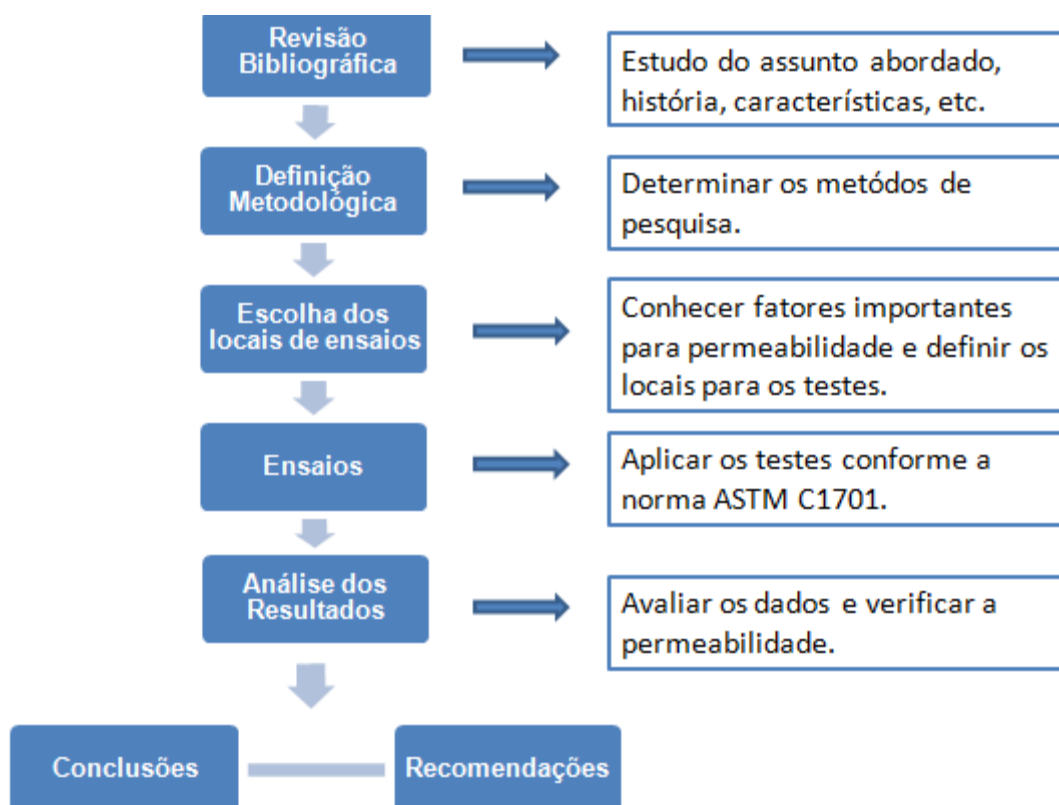
## 4 MÉTODO DE TRABALHO

### 4.1 MÉTODOS

Segundo Gil (2002) as pesquisas descritivas são aquelas que buscam descrever características inerentes a determinados fenômenos. Esse tipo de pesquisa se utiliza de técnicas padronizadas para coleta de dados. O mesmo autor, define como pesquisa explicativa aquelas que buscam identificar quais são os fatores que interferem na ocorrência dos fenômenos. Ao explicar a razão pela qual acontecem os fatos, esta pesquisa exprime o conhecimento em realidade.

Este trabalho pode ser caracterizado como pesquisa descritiva pois busca responder, através do teste de infiltração da Norma Americana ASTM C1701, qual é a capacidade de infiltração de pavimentos intertravados; ao mesmo tempo, através da revisão bibliográfica, mostra como é possível e qual é a dinâmica do processo da infiltração da água no pavimento.

Com relação à classificação da pesquisa quanto aos procedimentos técnicos, este trabalho irá utilizar a pesquisa bibliográfica e experimental, pois será realizado o levantamento bibliográfico acerca dos assuntos envolvidos: aplicação de *paver* em calçadas, aspectos técnicos e funcionais do pavimento intertravado e em seguida serão realizados testes de infiltração no intuito de diagnosticar a capacidade de infiltração de diferentes pavimentos determinados na revisão bibliográfica e dizer se podem ser considerados como área de eficaz permeabilidade. A sequência pode ser visualizada no fluxograma a seguir:



**Figura 18: Fluxograma**  
**Fonte: Autor 2013**

## 4.2 MÉTODO DE ENSAIO

Marchioni e Silva (2011), indicam para avaliação do coeficiente de permeabilidade de pavimentos, o método de ensaio da *ASTM C1701- Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete* (método de ensaio *in situ* para determinação de coeficientes de permeabilidade em concreto permeável). Apesar de esta norma ser específica para peças de concreto permeável, a utilização é justificável para este trabalho por não existir norma brasileira para determinado fim, sendo que, já se realizaram estudos parecidos com este, como o de JABUR (2013), que verificou a infiltração em asfalto poroso e em blocos de concreto vazados.

O método consiste em utilizar um cilindro com diâmetro de 30 cm e altura mínima de 20 cm e posicioná-lo na superfície do pavimento. As bordas do cilindro devem ser vedadas com massa de calafetar de modo a evitar a perda de água, conforme figura 19.



**Figura 19: Cilindro instalado para o teste de infiltração**  
Fonte: Autor (2013)

Os materiais que serão utilizados no ensaio são:

- Cilindro de diâmetro interno de 300mm
- Massa de calafetar
- Recipiente graduado de 1L
- Balde
- Cronômetro
- Água

Inicialmente o pavimento é pré-molhado, despejando-se 3,6 l de água no interior do cilindro, espera-se então a água infiltrar. Isto é feito para que o solo seja saturado. Se o tempo da pré-molhagem for inferior a 30 s, utiliza-se 18 l de água no ensaio, ou novamente 3,6 l se o tempo de pré-molhagem for superior a 30s. Desta forma, o ensaio será executado repetindo-se o procedimento anterior a fim de obter o tempo que a água irá levar para infiltrar totalmente no pavimento.

Na pré-molhagem e durante o ensaio, o volume de água deve ser adicionado ao cilindro mantendo-se um fluxo constante, deve-se manter a altura de água dentro do cilindro entre 10 mm e 15 mm. O coeficiente de permeabilidade é obtido através da Lei de Darcy, segundo a equação:

$$I = \frac{K * M}{D^2 * t}$$

Onde:

I=Coefficiente de Infiltração (mm/h)

M=Massa de água infiltrada (kg)

D= Diâmetro interno do cilindro (mm)

t= Intervalo de tempo entre adição da água e seu desaparecimento na superfície

K=Constante= 4.583.666.000

A partir das definições dos fatores de influência na permeabilidade dos pavimentos intertravados, verificada na revisão bibliográfica, os locais de ensaio serão determinados em função dos critérios que serão descritos. Após aferidos os valores no ensaio, para se conhecer o grau de permeabilidade do pavimento, será utilizado o Quadro 2 a seguir, conforme procedimento de Jabur (2013), visto que não existem valores regulamentados para comparação.

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Coefficiente de permeabilidade K (m/s)</b>	<b>Grau de Permeabilidade</b>
Brita	$>10^{-3}$	Alta
Areia de brita, areia limpa, areia fina	$10^{-3}$ a $10^{-5}$	Média
Areia, areia suja e silte arenoso	$10^{-5}$ a $10^{-7}$	Baixa
Silte, silte argiloso	$10^{-7}$ a $10^{-9}$	Muito Baixa
Argila	$<10^{-9}$	Praticamente Impermeável

**Quadro 1: Valores típicos de permeabilidade de solos**

**Fonte: Jabur (2013)**

O trabalho se encerrará com os resultados extraídos nos ensaios, onde se poderá observar a eficiência de permeabilidade do pavimento, de acordo com a paginação do mesmo, como também, obter valores específicos para este tipo de pavimentos em calçadas urbanas e recomendar novas pesquisas na área.

## 4.2 CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DOS LOCAIS DE APLICAÇÃO DO ENSAIO

Após a revisão bibliográfica, foi possível obter um maior entendimento acerca do objeto de estudo e assim, definir os locais de ensaios com base em fatores julgados como importantes para dados amostrais, como é enunciado a seguir. Ao lado de cada fator, observa-se a comprovação de sua importância.

1. Tráfego: locais de muito tráfego podem apresentar maior compactação e descolmatação, justificando a investigação;
2. Paginação: paginação diferenciada pode significar maior área de juntas, ou seja, área de infiltração maior.
3. Conhecimento prévio do método de assentamento: este conhecimento, realizado de acordo com a norma ou boa técnica, pode servir de balizamento para análise de ensaios de outros locais e situações.
4. Idade do pavimento: pavimentos mais antigos podem possuir menor qualidade, como historicamente se observou em Pato Branco.

## 5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A partir de ter sido feita uma prévia observação e investigação dos locais dos ensaios, é possível conhecer características importantes para o trabalho, bem como definir as duas paginações mais usuais das calçadas executas no município de Pato Branco, que são espinha de peixe e trama. Nos testes, foram respeitadas as prescrições de Marchioni e Silva (2011) que apontam para a necessidade de deixar pelo menos 1 m livre de distância entre os locais testados, ou um intervalo de no mínimo 24 horas. Esta situação ocorreu no caso dos locais 2 e 4 devido à existência das duas paginações na mesma calçada, onde foram realizados 2 ensaios. Também determinam para não executar os ensaios menos de 24 horas da última precipitação, ou caso haja água na superfície. A seguir a descrição dos locais escolhidos para os ensaios:

Local 1: Calçada de acesso do bloco J1 da UTFPR. Pavimento novo, com tráfego constante de pessoas, juntas entre as peças com dimensão de 3 a 4 mm. Paginações da calçada do tipo espinha de peixe.



**Figura 20 : Calçada do Bloco J1**  
**Fonte: Autor (2013)**

Local 2: Calçada do parque tecnológico de Pato Branco. Pavimento novo, com aproximadamente um ano, sem tráfego de pessoas, juntas entre as peças com dimensão de 3 a 4 mm. Paginações da calçada do tipo espinha de peixe e trama.



a)

b)

**Figura 21: Calçada Parque , a) espinha de peixe b) trama**  
**Fonte: Autor (2013)**

Local 3: Calçada da praça Getúlio Vargas. Pavimento antigo, com tráfego constante de pessoas, juntas entre as peças com dimensão de 3 a 4 mm. Paginação da calçada do tipo espinha de peixe.



**Figura 22: Praça Getúlio Vargas**  
**Fonte: Autor (2014)**

Local 4: Calçada da rua Itabira. Pavimento antigo, com tráfego constante de pessoas, juntas entre as peças com dimensão de 3 a 4 mm. Paginação da calçada do tipo espinha de peixe e trama.





a)

b)

**Figura 23: Calçada na Rua Itabira, a) Trama b) Espinha de Peixe**

Fonte: Autor (2014)

Os resultados obtidos foram divididos de acordo com os locais analisados e podem ser visualizados na Tabela 1.

**Tabela 1: Resultados obtidos nos ensaios de infiltração**

Data	Local	Paginação	Vol. de Água (L)	Tempo (s)	I (mm/h)	I(m/s)
11/12/2013	1	Espinha de peixe	3,6	2100	87,308	$2,425 \times 10^{-5}$
12/12/2013	2	Espinha de peixe	3,6	5790	31,666	$8,796 \times 10^{-6}$
12/12/2013	2	Trama	3,6	7110	25,787	$7,163 \times 10^{-6}$
10/01/2014	3	Espinha de peixe	3,6	4080	44,938	$1,248 \times 10^{-5}$
10/01/2014	4	Espinha de peixe	3,6	6840	26,805	$7,446 \times 10^{-6}$
10/01/2014	4	Trama	3,6	7500	24,446	$6,791 \times 10^{-6}$

Fonte: Autor (2014)

Sendo: I = infiltração

Avaliando os valores de infiltração constantes na Tabela 1, é possível perceber que os pavimentos mais novos apresentaram valores ligeiramente maiores de infiltração. No quesito tráfego, é possível afirmar que a passagem de pedestres nos locais não causa interferência na permeabilidade, pois não se obtiveram resultados melhores em comparação aos outros locais, visto que como afirma Virgiliis (2009) a sucção de materiais depositados nas juntas é devida ao tráfego de veículos, portanto, a passagem de pedestres, mesmo que intensa não conseguiu surtir o mesmo efeito. Também se nota que os dois pavimentos avaliados com a paginação do tipo trama são os que apresentaram a menor infiltração em comparação ao do tipo espinha de peixe. Tal diferença pode ser explicada, entre outros fatores já discutidos anteriormente, pelo fato de que a paginação do tipo trama, tem uma menor área de juntas, logo uma

menor área de infiltração. Embora seja uma pequena variação, mas que em áreas maiores configura uma diferença aceitável. A Figura 24 mostra qual foi o comprimento considerado de cada junta, e a Tabela 2 apresenta os cálculos para obtenção da área de infiltração.



a) b)  
**Figura 24: Área livre para infiltração ,a)Trama b) Espinha de peixe**  
 Fonte: Autor (2014)

**Tabela 2: Área de Infiltração**

Tipo	Comprimento (cm)	Espessura da junta (cm)	Área de infiltração (cm <sup>2</sup> )
Trama	95,43	0,3	28,63
Espinha de peixe	99,06	0,3	29,72

Fonte: Autor (2014)

Entretanto, o resultado dos ensaios ficou entre  $1,248 \times 10^{-5}$  (m/s) a  $8,796 \times 10^{-6}$  (m/s), o que de acordo com o Quadro 2, coloca os pavimentos na faixa de permeabilidade de baixo à médio. Logo, os pavimentos apresentam uma capacidade de infiltração comparada a areia, areia suja e silte arenoso. Segundo Marchioni, *apud* Jabur (2013) para considerar um pavimento como poroso, o valores devem ser superiores à  $10^{-5}$  m/s.

No local 2, foi possível remover algumas peças de *paver*, onde se conseguiu investigar as camadas inferiores. A partir daí, e de relatos de profissionais da construção civil e de empresas que executam calçadas com *paver*, foi possível perceber que o pavimento executado regionalmente é

diferente do descrito pela bibliografia consultada e descrita no item 3.3 ,como pode ser visto na Figura 25.



**Figura 25: Camadas inferiores**  
**Fonte: Autor (2013)**

Como se observa, o pavimento, apresenta apenas uma camada de assentamento sobre o subleito, este material por sua vez aparentemente tem granulometria inferior ao recomendado. Há a ausência da camada de base, que proporcionaria um elemento a mais no caminho das águas até o solo. Nestas constatações, podem estar importantes razões do baixo desempenho de permeabilidade dos pavimentos estudados.

Em uma análise geral, os locais de melhor desempenho são, o local 1, e o local 3. Para explicar tais acontecimentos é preciso relatar que no local 1, houve mais vazamento pelas bordas do cilindro em comparação à todos os outros ensaios, porém o mesmo não foi descartado pois julgou-se que não causaria interferência na avaliação global dos resultados e por consequência na avaliação final dos pavimentos. Já no local 3, àquele que apresentou melhor resultado, trata-se de uma praça pública, onde há constante manutenção , ou seja, varrição diária, esta limpeza do pavimento descolmata as juntas, deixando-as mais propícias para a água infiltrar. Justamente o que Marchioni e Silva (2011) recomendam para manter a vida útil do pavimento, que seria pelo menos uma limpeza anual. Portanto os fatores notados como mais importantes para infiltração foram, a manutenção e a execução do pavimento.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pavimentos com *paver* são largamente aplicados atualmente devido ao aspecto estético que proporcionam nas calçadas e também por contribuir na redução do escoamento superficial, devido à água que infiltra pelas juntas entre as peças.

No entanto, o método regional de execução do pavimento intertravado de concreto, pode causar interferências na permeabilidade. Apesar de as juntas serem de dimensões apropriadas, as camadas e os materiais da base do pavimento e de rejunte não são os recomendados. Sendo que a capacidade de infiltração em um pavimento permeável, onde a passagem da água será pelas juntas, é determinado pela capacidade de infiltração do agregado utilizado no material de rejunte e da capacidade dos materiais da base em acumular e dissipar a água antes de ela se infiltrar no solo.

O estudo deste trabalho tinha por objetivo principal obter parâmetros para os valores de infiltração de pavimentos intertravados de concreto em calçadas, entre outros objetivos propostos na metodologia, sendo que conseguiu-se cumprir com todos os itens almejados no início. No entanto, é possível admitir que apesar de a permeabilidade dos pavimentos com *paver* estar na faixa de média à baixa, ainda sim conseguem infiltrar a água da chuva com relativa eficiência, se lembrarmos e comparamos às calçadas feitas com lajotas de concreto e com juntas argamassadas, onde a infiltração é zero.

Devido ao fato de não existir norma brasileira que regulamente o método de ensaio e os valores de infiltração para pavimentos intertravados, foi utilizado o método da norma Americana, a ASTM (*American Society for Testing and Materials*) C1701, *Standard Test Methods for Infiltration Rate of in Place Pervious Concrete*.

Em uma análise particular do teste, observa-se que a forma como ele é feito, ou seja, concentrar uma determinada quantidade de água em um cilindro para que infiltre, não é a forma na qual o pavimento se comporta ao receber água, pois quando isso acontece, o piso tem a capacidade pelas suas juntas, de infiltrar a água e semelhantemente a um processo de percolação, conduzi-la e dissipá-la em uma maior área de abrangência.

Assim sendo, pode-se considerar que um teste apropriado, nesta situação, seria o simulador de chuvas em um espaço determinado, onde se poderia controlar e aferir a quantidade de água que cairia sobre o pavimento e a que iria escoar, ou seja, seria possível ter uma taxa de infiltração por m<sup>2</sup> de pavimento, com valores mais coerentes.

Sugere-se para futuras pesquisas, a realização de novos ensaios nos mesmos locais deste trabalho, para que se possa verificar se houve redução na permeabilidade. Recomenda-se ainda, que seja executado um pavimento exatamente como o descrito, conforme a Cartilha de Pavimento Intertravado Permeável e a NBR 15953/11. A partir daí se realize o teste de infiltração da ASTM C1701, para comparar com os valores aqui obtidos ou valores de ensaios que venham a ser realizados nas calçadas de Pato Branco. Com este pavimento pronto, em uma área de testes na própria Universidade é possível desenvolver e realizar também, ensaios com um simulador de chuvas. É preciso destacar também, que o pavimento que recebe limpeza constante, oferece melhor capacidade de infiltração, deste modo verifica-se a importância na manutenção constante nas calçadas, sejam elas públicas ou particulares.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Execução e Manutenção de Pavimento Intertravado.** Disponível em: <http://www.rpu.org.br/Pavimento%20intertravado%20%20execu%C3%A7%C3%A3o%20e%20manuten%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em 03 de jul. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781:Peças de Concreto para Pavimentação.**1987

\_\_\_\_\_.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15953 Pavimento Intertravado com Peças de Concreto- Execução.** 2011.

BRASIL. Ministério das Cidades. **5ª conferência nacional das cidades-texto base.**Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/5conferencia/conferencia/texto-base.html>. Acesso em 04 jul. 2013.

BRASIL.Ministério das cidades.**Planmob-Constuindo a cidade sustentável.** Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/LivroPlanomobilidade.pdf>. Acesso em 01 jul. 2013.

CANHOLI, Aluísio Pardo, **Drenagem urbana e controle de enchentes.**São Paulo-SP, 2005 p.21,22

BRASÍLIA PAVER-**Pavimento intertravado é alternativa sustentável para economia de recursos.** Disponível em: <http://www.brasiliapaver.com.br/blog/pavimento-intertravado-e-alternativa-sustentavel-para-economia-de-recursos>. Acesso em 28 de jul.2013.

\_\_\_\_\_.**Paginação de pisos intertravados.** Disponível em: <http://www.brasiliapaver.com.br/blog/criacao-sem-limites>.Acesso em 26 de ago. 2013.

GIL, Carlos Antonio, **Como Elaborar Projetos de Pesquisa,** São Paulo: 4ª Ed. Atlas, 2002.

GOIÂNIA ,Prefeitura Municipal, **Manual Da Calçada Sustentável**, 2012.Disponível em: [http://www.crea-go.org.br/site/arquivos/uploads/calçada\\_sustentavel.pdf](http://www.crea-go.org.br/site/arquivos/uploads/calçada_sustentavel.pdf). Acesso em 20 de ago. de 2013.

*INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE (ICPI), **Structural Design of Interlocking Concrete Pavement for Roads and Parking Lots**, 2011. Disponível em: <http://www.icpi.org/techspec/1027/display/?key=1185>. Acesso em 14 de ago. de 2013.*

JABUR, Andrea Sartori, **Projeto de Pesquisa: MAPLU 2 - Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano - Técnicas Compensatórias**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013

MACIEL, Anderson Brum. **Dossiê Técnico–Pavimentos Intertravados**. Santa Rosa: SENAI Virgílio Lunardi, 2007.

MARCHIONI, Mariana, SILVA,C.O., **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas** São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.

\_\_\_\_\_. **Conceitos e Requisitos para Pavimentos Intertravado Permeável**, ABCP,2011.

MASCARÓ, Juan Luis, **Loteamentos Urbanos**, Porto Alegre- RS,2003, p.89

\_\_\_\_\_.**Desenho urbano e custos de urbanização**, Porto Alegre, 1989 p.47

**MASKI-Assentamento do pavimento intertravado**, Disponível em: <http://www.maski.com.br/prefabricados/assentamento-do-pavimento-intertravado/> Acesso em: 20 de ago. de 2013.

**MOBILIZE-Viagens por ano, por modo principal (bilhões de viagens)**. Disponível em: <http://www.mobilize.org.br/estatisticas/5/viagens-por-ano-por-modo-principal-bilhoes-de-viagens.html> . Acesso em 22 de mai. 2013.

MORETTI, Ricardo de Souza, , **Normas urbanísticas para habitação de interesse social**, São Paulo-SP, 1997

NABESHIMA;ORSOLIN;DOS SANTOS,2011,).**Análise Comparativa Entre Sistemas De Pavimentação Urbana Baseados Em Concreto Asfáltico E Blocos De Concreto Intertravados (Pavers)** Trabalho de Conclusão de Curso-Universidade Tecnológica Federal do Paraná p.30. Curitiba 2011.

REVISTA EQUIPE DE OBRA-**Piso intertravado**. Disponível em: <http://www.equipedebra.com.br/construcao-reforma/18/artigo96977-2.asp>. Acesso em: 23 de ago. de 2013

REVISTA PRISMA -**Pavimento intertravado: uma solução universal**. Disponível em: <http://www.revistaprisma.com.br/novosite/noticia.asp?cod=107>. Acesso em 02 de ago.2013.

\_\_\_\_\_.**Solução sustentável para combater enchente**. Disponível em: <http://www.revistaprisma.com.br/novosite/noticia.asp?cod=3080>. Acesso em 12 de jul. 2013.

ROSS, Jurandyr L. Sanches. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Editora Edusp.1995.

SWAMI Marcondes Villela, MATTOS Arthur **Hidrologia Aplicada**, São Paulo, Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1975

TUCCI,C.E.M ,BERTONI, J.C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre, 2003.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação** 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS;2009.

SÃO PAULO (Prefeitura Municipal). Projeto de lei do município 01-0285/2010. **Dispõe sobre a obrigatoriedade do uso de pavimentação ecológica ou permeável nas vias internas dos condomínios verticais e horizontais, no Município de São Paulo e dá outras providências**. Disponível em: <http://camaramunicipalsp.qaplweb.com.br/iah/fulltext/projeto/PL0285-2010.pdf>. Acesso em 14 de ago. 2013.



VIRGILIIS, Luís Afonso Corrêa, **Procedimentos de Projeto e execução de pavimentos permeáveis visando Retenção e Amortecimento de Picos de Cheias**, Dissertação de Mestrado-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo p.90 2009.