

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DOS ESPAÇOS DE  
CIRCULAÇÃO E PERMANÊNCIA DE PEDESTRES (ECP) SOBRE O  
MANEJO DAS ÁGUAS DE CHUVA**

Geovana Geloni Parra

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

São Carlos

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar  
Processamento Técnico  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P259e Parra, Geovana Geloni  
Estudo comparativo dos efeitos dos Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres (ECP) sobre o manejo das águas de chuva / Geovana Geloni Parra. -- São Carlos : UFSCar, 2016.  
120 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2016.

1. ECPP. 2. Impermeabilização do solo. 3. Manejo de águas pluviais. I. Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**


Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

---

**Folha de Aprovação**

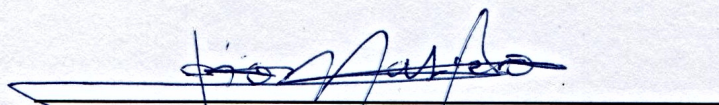
---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Geovana Geloni Parra, realizada em 14/04/2016:



---

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira  
UFSCar



---

Prof. Dr. Érico Masiero  
UNIARA



---

Prof. Dr. Douglas Barreto  
UFSCar





## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus pais Damião e Aparecida, pelo exemplo de vida e coragem.**

**Ao meu noivo Vitor, por ser meu companheiro de todas as horas.**



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me proporcionado a vida, a família, o amor, as amizades e as oportunidades.

Aos meus pais Aparecida e Damião, por sempre me apoiarem, por estarem ao meu lado, por me motivarem, por terem aguentado a saudade, por minha mãe ter tido paciência, ter entendido minhas ausências e relevado os momentos de stress.

Ao meu noivo Vitor, por me dar forças em cada crise de choro, de saudade, por me levar para pegar o ônibus de madrugada, por ficar aos domingos e sábados ao meu lado estudando, por ser meu amigo, por ser meu amor.

À tia Cida e ao tio Mauro, por terem feito os dias longe de casa passarem mais rápido, e por fazerem me sentir em casa, por ouvirem meus desabafos, e fazer por mim o que fazem pelos seus filhos.

À minha querida prima “pritata” Marlina, por ter sido e continuar sendo a irmã que eu nunca tive. E ao Luciano por meu aguentar por tabela!

Ao Prof. Dr. Erico Masiero, por desde a graduação ter me incentivado a chegar até aqui.

Ao Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira, por ter me orientado, ter dividido comigo o seu conhecimento, um professor que eu não imaginava encontrar pelo meu caminho.

Aos amigos que fiz no PPGEU. Aos amigos e professores do G-Hidro, Thays, Sidnei, Luca, Maria Fernanda, Isabela, Eliane, Thais, Daniel, Alexandre, Rodi, Prof. Dr. Ademir, Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana, e novamente Prof. Dr. Bernardo, obrigada pelas discussões, ensinamentos, pelas risadas e amizade. Em especial as amigas Tássia, e Maria Angélica, vocês são demais!

À CAPES pela bolsa de estudo concedida, a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, e a Universidade Federal de São Carlos.





## RESUMO

As cidades têm crescido de maneira significativa e de maneira desordenada, sem o mínimo planejamento urbano, o que tem provocado problemas urbanos e ambientais. Entre inúmeras consequências deste crescimento, a alta impermeabilização do solo apresenta grande destaque devido às consequências que acarreta, como a ocorrência de enchentes, inundações e proliferação de doenças de veiculação hídrica. Grande parte do escoamento superficial das águas de chuva provém do solo pavimentado, e é possível observar que cerca de 20% da área urbana de uma cidade está pavimentada com a função de servir como área de circulação de pedestres ou de veículos, segundo a Lei Federal nº 6766 de 19 de dezembro de 1979 que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências (BRASIL, 1979). Neste contexto o objetivo desta pesquisa é o estudo dos efeitos dos ECPP-Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres sobre o manejo das águas de chuva, tendo como objeto empírico uma Bacia Experimental localizada no Campus da UFSCar em São Carlos/SP, e duas áreas urbanizadas na cidade de São José do Rio Preto/SP. Para tanto foi feita a identificação dos diferentes tipos de pavimentos, sua caracterização e eficiência hidrológica, em pesquisa a trabalhos acadêmicos e catálogos de fornecedores, além de análises das áreas e condições dos ECPPs dentro dos perímetros de estudo sob o contexto hidrológico, de projeto, execução, manutenção e de custos. Os dados encontrados avaliam os efeitos dos ECPPs sobre o manejo das águas pluviais, e comparam os resultados encontrados entre os três ECPPs. Estes resultados mostram, que o ECPP localizado na USFCar contribui 6% com o escoamento superficial, enquanto que o ECPP Calçadão 35% e o ECPP Bairro 9%, se fossem adotados partidos de projetos que destinassem o escoamento superficial para áreas gramadas ou para pisos permeáveis, estes cenários seriam de 2% de contribuição para o ECPP UFSCar, 0,2% de escoamento para o ECPP Calçadão e 2% para o ECPP Bairro. Portanto é possível reduzir o escoamento superficial utilizando pavimentos hidrologicamente funcionais, implementando e utilizando as áreas verdes como elemento de projeto, proporcionando o conhecimento de dados e materiais que podem contribuir com novas formas de planejar e executar os ECPPs.

**Palavras chave:** ECPP, impermeabilização do solo, manejo de águas pluviais.



## ABSTRACT

*The cities have grown significantly and in a disorderly way, without minimum urban planning, which has provoked to urban and environmental problems. Among many consequences of this growth, high soil waterproofing features highlight due to the consequences it brings, as the occurrence of floods, floods and spread of waterborne diseases. Much of the runoff of rainwater comes from the paved soil, and is possible observe that about 20% of the urban area of a city is paved with the function of serving as circulation area of pedestrians or vehicles, according to the Federal Law No. 6766 of 19 December 1979 which provides for the division of urban soil and other measures (BRAZIL, 1979). In this context the objective of this research is the study of the effects of the spaces of Circulation and Permanence Pedestrians (ECPP) on the management of rainwater, with the empirical object one experimental watershed located on the campus of UFSCar in São Carlos / SP, and two areas urbanized in the city of Sao Jose do Rio Preto / SP. For this, it was made the identification of different types of floors, characterization and hydrological efficiency, research in academic papers and catalogs of suppliers, and analyze the areas and conditions of ECPPs within the perimeters of study under the hydrologic context, design, implementation, and maintenance costs. The findings evaluate the effects of ECPPs on the management of rainwater, and compare the results between the three ECPPs. These results show that the ECPP located in USFCar contributes 6% to runoff, while the ECPP Pedestrian street 35% and ECPP Neighborhood 9% to project parties were adopted that destined runoff for grassed areas or permeable floors these scenarios would be 2% contribution to ECPP UFSCar, 0.2% of flow for ECPP Pedestrian Street and 2% for ECPP Neighborhood. So is possible reduce runoff using hydrologically functional floors, implementing and using the green areas as a design element, providing knowledge of data and materials that can contribute to new ways to plan and execute the ECPPs.*

**Keywords:** *ECPP, soil waterproofing, management of rainwater.*





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos de sistemas alternativos de drenagem urbana .....	22
Figura 2- Exemplos de sistemas convencionais de drenagem urbana .....	22
Figura 3 - Praça pública na cidade de Curitiba .....	23
Figura 4 - Passeio público na cidade de Campos do Jordão .....	23
Figura 5 - Calçada pública na cidade de São Paulo .....	24
Figura 6 - Espaço de estar de pedestres em área privada na cidade de São José do Rio Preto .....	24
Figura 7 - Calçada central na cidade de São José do Rio Preto .....	25
Figura 8 - Área de circulação de pedestres em parque privado na cidade de São José do Rio Preto .....	25
Figura 9 - Coeficiente de escoamento nos revestimentos estudados por Bruno; Amorim e Silveira (2013).....	33
Figura 10 - Relação do coeficiente de infiltração com a idade do pavimento .....	34
Figura 11 - Perfil de área revestida com BCP .....	36
Figura 12 - Perfil de área revestida com CPA .....	37
Figura 13: Esquema ilustrativo de padronização de calçadas.....	39
Figura 14 - Jardins de Chuva integrados a blocos permeáveis articulados na cidade de Portland, Estados Unidos .....	41
Figura 15 - Permeâmetro utilizado para os ensaios de permeabilidade para pisos porosos ou drenantes do fabricante 1.....	44
Figura 16 - Primeira forma de instalação do piso permeável drenante em concreto poroso sugerida pelo Fabricante 1.....	46
Figura 17 - Segunda forma de instalação do piso permeável drenante em concreto poroso sugerida pelo Fabricante 1.....	47
Figura 18 - Perfil ilustrativo do assentamento do piso drenante do Fabricante 4 .....	48
Figura 19 - Figura ilustrativa do assentamento dos pisos grama com grama .....	49
Figura 20 - Figura ilustrativa do assentamento dos pisos grama com pedriscos .....	49
Figura 21 - Diagrama da Metodologia de realização da pesquisa .....	53
Figura 22 - Localização do objeto de estudo .....	60
Figura 23 - Imagem aérea referente a área norte da micro bacia experimental .....	61
Figura 24 - Imagem aérea referente a área leste da micro bacia experimental.....	61
Figura 25 - Imagem aérea da área sul da micro bacia experimental.....	62
Figura 26 - Imagem aérea da área oeste da micro bacia experimental .....	62
Figura 27 - Imagem aérea de pavimento drenante localizado próximo ao prédio da Medicina localizado na micro bacia experimental.....	63
Figura 28 - Imagem aérea de pavimento drenante próximo ao edifício da Enfermagem localizado na micro bacia experimental .....	63
Figura 29 - Mapeamento dos tipos de pavimentos na bacia experimental localizada no campus da UFSCar .....	65
Figura 30 - Delimitação dos exutórios do ECPP-UFSCar.....	68
Figura 31 - Localização de São José do Rio Preto em relação ao Estado de São Paulo e ao Brasil .....	72
Figura 32 - Localização do Calçada em relação ao município e a microbacia de contribuição .....	73
Figura 33 - Mapeamento dos Pontos de Inundação mais críticos ocorridos no ano de 2010 .....	75
Figura 34 - Divisão por microbacias ECPP calçada .....	78
Figura 35 – Projeto do ECPP – Bairro indicando caminho das águas pluviais .....	86
Figura 36 - Detalhe da microbacia de estudo do ECPP bairro .....	88



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média dos dados da taxa de infiltração (mm/h) e coeficiente de escoamento encontrados no estudo experimental realizado por Moura (2005) .....	32
Tabela 2: Taxas de infiltração média (mm/h) encontradas por Bruno; Amorim e Silveira (2013) .....	33
Tabela 3 - Custos de implantação por metro quadrado de pavimento de concreto permeável .....	52
Tabela 4 - Tabela comparativa de tipos de pavimentos porosos fornecedor 1 .....	57
Tabela 5 – Tabela comparativa de tipos de pavimentos porosos fornecedores diversos .....	58
Tabela 6 - Tabela comparativa de tipos de pavimentos tipo intertravados e piso grama fornecedor 1 .....	58
Tabela 7: Quadro de Áreas da micro bacia experimental - UFSCar .....	67
Tabela 8 - Características da Microbacia experimental situação real .....	69
Tabela 9 - Características da Microbacia experimental situação favorável .....	70
Tabela 10 - Características da Microbacia experimental situação desfavorável .....	71
Tabela 11 - Cenário real microbacia 1 ECPP Calçadão .....	79
Tabela 12 - Cenário favorável microbacia 1 .....	80
Tabela 13 - Cenário desfavorável microbacia 1 .....	80
Tabela 14 - Cenário real microbacia 2 .....	80
Tabela 15 - Cenário favorável microbacia 2 .....	81
Tabela 16 - Cenário desfavorável microbacia 2 .....	81
Tabela 17 - Cenário real microbacia 3 .....	81
Tabela 18 - Cenário favorável microbacia 3 .....	82
Tabela 19 - Cenário desfavorável microbacia 3 .....	82
Tabela 20 - Cenário real microbacia 4 .....	83
Tabela 21 - Cenário favorável microbacia 4 .....	83
Tabela 22 – Cenário desfavorável microbacia 4 .....	83
Tabela 23 - Cenário real microbacia 5 .....	84
Tabela 24 - Cenário favorável microbacia 5 .....	84
Tabela 25 - Cenário desfavorável microbacia 5 .....	84
Tabela 26 - Cenário real microbacia ECPP Bairro .....	89
Tabela 27 - Cenário favorável microbacia ECPP bairro .....	90
Tabela 28 - Cenário desfavorável microbacia ECPP bairro .....	90
Tabela 29- Síntese dos cenários do ECPP UFSCar .....	91
Tabela 30 - Síntese dos cenários do ECPP Calçadão .....	91
Tabela 31 - Síntese dos cenários do ECPP Bairro .....	92
Tabela 32 – Orçamento piso drenante para ECPP UFSCar .....	94
Tabela 33 - Orçamento piso drenante para ECPP Calçadão .....	94
Tabela 34 - Orçamento piso drenante para ECPP Bairro .....	95
Tabela 35 – Orçamento concreto convencional ECPP UFSCar .....	95
Tabela 36 - Orçamento piso drenante para ECPP Calçadão .....	95
Tabela 37 - Orçamento piso drenante para ECPP Bairro .....	95





## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de pavimentos sugeridos pela Cartilha Passeio Livre .....	40
Quadro 2 - Quadro síntese da descrição dos ECPP UFSCar .....	66
Quadro 3 - Tabela síntese de descrição do ECPP Calçadão .....	76
Quadro 4 – Quadro síntese descrição do ECPP Bairro.....	87

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SIMBOLOS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
BCP	Concreto de Cimento Portland Permeável
CPA	Concreto Poroso Asfáltico
ECPP	Espaços de Circulação e Permanência de pedestres
EDF	Escritório de Desenvolvimento Físico da UFSCar
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LID	<i>Low Impact Development</i>
TR	Tempo de Retorno
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UNB	Universidade de Brasília
USP	Universidade de São Paulo



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	21
1.1. Considerações iniciais .....	21
1.2. Objetivos .....	27
2. SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL.....	29
2.1. Manejo de Águas Pluviais.....	29
2.2. Pavimentos em ECPP.....	30
2.2.1. Aspectos Gerais.....	30
2.2.2. Aspectos Hidrológicos .....	32
2.2.3. A integração dos Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres.....	38
2.2.4. Catálogos Técnicos de Fabricantes de Pavimentos Hidrologicamente Funcionais.....	43
2.2.4.1. Critérios de Instalação .....	46
2.2.4.2. Avaliação de custos de implantação de pavimento permeável .....	51
3. METODOLOGIA.....	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1. Comparação entre os métodos de determinação de permeabilidade em trabalhos acadêmicos e catálogos técnicos de fornecedores .....	57
4.2. Área de Estudo 1: ECPP - UFSCar .....	59
4.2.1. Caracterização da área de estudo 1 – ECPP - UFSCar.....	64
4.2.2. Avaliação do comportamento hidrológico do ECPP – UFSCar.....	69
4.3. Área de Estudo 2: ECPP - Calçada .....	72
4.3.1. Caracterização da área de estudo 2 – ECPP - Calçada.....	74
4.3.2. Avaliação do comportamento hidrológico do ECPP – Calçada.....	77
4.4. Área de Estudo 3 – ECPP - Bairro .....	84
4.4.1. Caracterização da área de estudo 3 – ECPP – Bairro.....	85
4.4.2. Avaliação do comportamento hidrológico do ECPP – Bairro.....	89
4.5. Síntese da avaliação do comportamento hidrológico dos ECPPs .....	90
4.6. Comparação simplificada dos custos de implantação dos pisos hidrologicamente funcionais nos ECPP de estudo .....	94
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	97
REFERÊNCIAS .....	101
ANEXO – A .....	105
ANEXO – B .....	106
ANEXO – C .....	107
ANEXO – D .....	108
ANEXO – E .....	109
ANEXO – F.....	110
ANEXO – G.....	111
ANEXO – H.....	112
ANEXO – I.....	114
ANEXO – J.....	119
ANEXO – K.....	120





# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações iniciais

As altas taxas de crescimento urbano nas cidades, juntamente com políticas urbanas ineficientes para o controle da impermeabilização do solo têm provocado inúmeros problemas de inundações e danos na infraestrutura, tais como danos a pavimentação de vias, a edificações localizadas em áreas de risco, prejuízos econômicos para cidadãos e para o poder público, além da possibilidade de proliferação de doenças como leptospirose, malária e dengue.

Quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte escoar para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de infiltração.

O escoamento superficial está relacionado com o tipo de cobertura do solo, quando o solo é muito impermeabilizado o coeficiente de escoamento pode chegar a níveis elevados, o que implica na sobrecarga dos cursos d'água, contribuindo para as enchentes e inundações a jusante.

Tem sido frequentemente utilizado o termo manejo das águas pluviais para representar a prática moderna da drenagem urbana. Este termo abrange as técnicas de engenharia e as políticas regulatórias que têm como objetivo diminuir os impactos causados pelo escoamento das águas pluviais, que causam inundações e enchentes. (BAPTISTA, NASCIMENTO E BARRAUD ,2005)

São utilizados dois tipos de controle de águas pluviais: os “modos estruturais” e “não estruturais”. As medidas “não estruturais” são aquelas que procuram reduzir as consequências causadas pelas enchentes, com ações preventivas, de conscientização e políticas públicas, enquanto as “estruturais” são aquelas que utilizam obras para controle, solução e prevenção das enchentes. As medidas “estruturais” são utilizadas como forma de controle na fonte, na microdrenagem e na macrodrenagem. (TUCCI, 2005) (BAPTISTA, NASCIMENTO E BARRAUD ,2005)

A utilização do Método de Urbanização de Baixo Impacto (LID - *Low Impact Development*) tem por objetivo gerenciar e controlar o escoamento das águas pluviais de forma semelhante as condições de pré-ocupação local, usando técnicas de projeto que auxiliem na formação de uma paisagem hidrológicamente funcional (MARYLAND, 1999). Existem 5 conceitos de uso dessas técnicas que devem ser utilizados no processo de planejamento urbano: uso da hidrologia como parte integrante do projeto; foco na microgestão; controle das águas pluviais na fonte; uso de métodos simples não-estruturais; criação de uma paisagem multifuncional.

Cada vez mais, técnicas alternativas (Figura 1) às técnicas convencionais (Figura 2) vêm sendo empregadas no planejamento urbano com o objetivo de procurar amenizar os danos causados por modelos ultrapassados de infraestrutura e de urbanização. A finalidade é procurar atingir um nível de planejamento urbano mais sustentável, proporcionando um modelo de urbanização que se aproxima a condições de pré-ocupação, ou seja, ao meio natural.

Figura 1 - Exemplos de sistemas alternativos de drenagem urbana



Fonte: Autora (2014)

Figura 2- Exemplos de sistemas convencionais de drenagem urbana



Fonte: Autora (2014)

A pavimentação do solo tem uma grande contribuição no escoamento superficial de águas pluviais. É possível observar nas cidades que grande parte desta área pavimentada está destinada a circulação de pessoas e de veículos que são as calçadas e vias, e segundo a Lei Federal 6766 de 19 de dezembro de 1979 as áreas destinadas a circulação são proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal.

Portanto é imprescindível um trabalho que estude e quantifique os efeitos dos Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres na impermeabilização do espaço urbano sobre o manejo das águas de chuva.

Para o termo Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres que será frequentemente utilizado em toda a pesquisa, foi definida a sigla ECPP, criada para o uso neste trabalho, com o intuito de facilitar a linguagem e gerar uma identidade para o objeto de estudo. Os ECPP são assim definidos como calçadas, passeios públicos, praças, calçadões, áreas de circulação de pedestres em parques, enfim áreas de estar e circulação de pessoas em qualquer setor dos ambientes urbanos. As Figuras 3 a 8 mostram alguns exemplo de ECPPs.

Figura 3 - Praça pública na cidade de Curitiba



Fonte: Autora (2012)

Figura 4 - Passeio público na cidade de Campos do Jordão



Fonte: Autora (2014)



Figura 5 - Calçada pública na cidade de São Paulo



Fonte: Autora (2015)

Figura 6 - Espaço de estar de pedestres em área privada na cidade de São José do Rio Preto



Fonte: Autora (2011)

Figura 7 - Calçadão central na cidade de São José do Rio Preto



Fonte: Autora (2015)

Figura 8 - Área de circulação de pedestres em parque privado na cidade de São José do Rio Preto



Fonte: Autora (2011)

Praças, calçadões e parques que apresentam grande área impermeabilizada, se projetados de maneira alternativa, com pavimentos produzidos a partir de materiais sustentáveis do ponto de vista hidrológico e funcional, utilizando um desenho urbano de baixo impacto, poderiam reduzir a probabilidade de enchentes e inundações nas cidades.

Para tanto a utilização de pavimentos permeáveis e hidrológicamente funcionais pode contribuir com a redução do volume de água de chuva escoado nas áreas de permanência e passeio de pedestres.

Os pavimentos hidrológicamente funcionais são aqueles que apresentam bons aspectos relativos aos parâmetros de infiltração, como baixo coeficiente de escoamento e alta taxa de

permeabilidade. Já os pavimentos convencionais são aqueles que vem sendo frequentemente utilizados pela população e que não apresentam parâmetros hidrológicos, como os pavimentos de concreto convencional e cerâmicos.

Existe, portanto, a necessidade de um estudo sobre formas alternativas de pavimentação que auxiliem em uma opção urbanística e paisagística para implantação de pavimentos que possibilitem o controle da drenagem urbana e o conforto do pedestre.

Segundo o Ministério das Cidades no Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana (BRASIL,2007), os locais destinados ao tráfego de pessoas devem ser planejados levando em consideração fatores que possam facilitar a caminhada, dentre eles o tipo de piso e a qualidade. A qualidade do pavimento está relacionada aos aspectos de manutenção, estéticos e de segurança, neste estudo também é avaliada a qualidade em relação a funcionalidade hidrológica destes espaços.

O estudo das diversas técnicas de construção dos passeios públicos permite encontrar tipos de pavimentos que possam reduzir a taxa de escoamento superficial das águas pluviais ou mesmo chegar a níveis de pré-ocupação.

A análise de diversos tipos de pavimentos objetiva alcançar dados que comprovem as vantagens da utilização de pavimentos hidrológicamente funcionais ao invés do uso de pavimentos convencionais, a fim de reduzir a área impermeável ocupada pelos passeios públicos e a quantidade de água superficial escoada.

Uma das medidas de controle de águas pluviais são os pavimentos permeáveis que são superfícies porosas ou perfuradas que permitem a infiltração de parte do escoamento superficial, sendo indicados para pavimentação de locais com pequena movimentação de veículos, estacionamentos e passeios públicos destinados aos pedestres.

A avaliação da implantação de pavimentos funcionais em relação aos pavimentos impermeáveis deve ser feita de modo a avaliar as vantagens hidrológicas no uso deste pavimento, bem como a sua eficiência no deslocamento do pedestre. Visto que o pavimento considerado adequado não somente deverá atender os parâmetros ideais de infiltração como também atender a requisitos de acessibilidade, de modo que todas as pessoas consigam se deslocar sobre ele sem alguma dificuldade.

A partir deste estudo, a alta impermeabilização do solo em ECPP pode ser amenizada, contribuindo com outras medidas estruturais de drenagem urbana.

## 1.2. Objetivos

A presente pesquisa teve como objetivo geral fazer um estudo comparativo dos efeitos dos espaços de circulação e permanência de pedestres (ECPP) sobre o manejo das águas de chuva, tendo como objetos empíricos uma bacia experimental localizada no *Campus* da UFSCar em São Carlos/SP e duas áreas urbanas localizadas na cidade de São José do Rio Preto/SP.

Como objetivos específicos foram propostos:

Identificar estudos acadêmicos e catálogos de fornecedores relacionados a pavimentos permeáveis e comparar métodos e valores de permeabilidade apresentados;

- Identificar a funcionalidade hidrológica dos ECPPs e sua aplicabilidade, comparando os aspectos funcionais, estéticos, de manutenção e custo;
- Comparar os métodos de ensaio de permeabilidade, instalação e características físicas dos pavimentos dos fabricantes estudados
- Avaliar as condições físicas, aplicar cálculos hidrológicos, e considerações sobre os ECPPs de estudo;





## 2. SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

### 2.1. Manejo de Águas Pluviais

As técnicas convencionais de drenagem urbana têm como objetivo afastar com maior rapidez a água pluvial da fonte geradora, descarregando a jusante dos rios. Além de esconder as águas de chuva, a fim de poder ocupar a área canalizada e também para amenizar os problemas sanitários.

Os sistemas convencionais são compostos de micro-drenagem, que são as sarjetas, bocas de lobo e condutos, e de macro-drenagem, que são as canalizações abertas ou não. Estas soluções conforme Baptista, Nascimento e Barraud (2005) conduzem muitas vezes a situações que limitam outros usos da água em meio urbano. As canalizações em forma de galerias, por exemplo, dificultam a inserção do curso d'água na paisagem urbana e a utilização por parte da população para a prática de atividades de lazer.

Estes sistemas convencionais tiveram sua origem no período higienista, quando na Europa no século XIX grandes epidemias de veiculação hídrica atingiram o continente. Segundo Silveira (2000) Apud Souza et al. (2012), no fim do século XIX o engenheiro Saturnino de Brito já apresentava argumentos em favor da separação da rede de drenagem de águas pluviais da rede de sistemas de esgotos cloacais.

Brito ainda defendia o planejamento controlado das cidades, em sua visão deveriam ser considerados para o planejamento a hidrografia, o relevo, o clima e as condições de salubridade. Em relação ao saneamento, ressaltava a importância das condições atmosféricas, solos, águas, equipamentos urbanos, águas ornamentais, limpeza pública, coleta e destinação de lixo, iluminação pública, abastecimento de água, captação de águas pluviais e coleta de esgotos. Além disso preocupava-se com a morfologia dos leitos fluviais, e a preservação das matas ciliares, era contra a retificação do leito dos rios e a favor da formação de barragens nas cabeceiras para o controle das ações de chuvas torrenciais (Gorski 2010).

A partir da década de 70 surgiu na América do Norte e na Europa, o conceito de Técnicas Compensatórias, que buscam neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, essa tecnologia busca estudar a urbanização de forma global, utilizando a bacia hidrográfica como unidade de estudo (Baptista, Nascimento e Barraud 2005).

O modo como o uso e a ocupação do solo alteram a capacidade natural de escoamento das águas da chuva é um importante fator ao se pensar em políticas de gestão das águas pluviais. Este é um exemplo como o planejamento urbano deve ser integrado, de maneira a não prejudicar o meio ambiente e a população.

A alteração realizada no solo, em prol da urbanização pode causar além das enchentes e inundações, erosão, e alteração da qualidade das águas.

Segundo Baptista, Nascimento e Barraud (2005) as técnicas de drenagem urbana que auxiliam esta proposta de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto são:

- Bacias ou reservatórios de detenção;
- Estruturas para armazenamento temporário;
- Pavimentos porosos ou permeáveis;
- Trincheiras, poços, valas e valetas;
- Canalização de cursos d'água com técnicas que favorecem o escoamento lento e a detenção temporária de águas;
- Tratamento de fundos de vale, com zoneamento de planícies de inundação e delimitação de áreas não edificadas destinadas ao armazenamento temporário.

## 2.2. Pavimentos em ECPP

### 2.2.1. Aspectos Gerais

Neste trabalho os aspectos principais a serem analisados em relação aos ECPPs, estão dentro do contexto hidrológico, porém para uma compreensão geral do tema é importante uma breve contextualização sobre a importância da qualidade dos ECPPs para o caminhar do pedestre.

Ferreira e Sanches (2001) formularam um índice de qualidade de calçadas (IQC) que permite que sejam identificados trechos de vias em que os pedestres estão mais expostos ao risco de acidentes e ao desconforto, e os pontos prioritários para intervenção num programa de melhoria da qualidade ambiental dos espaços públicos. Os parâmetros incluídos para a definição deste índice são segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade e atratividade visual, pontuados de acordo com a sua importância para o usuário.

A segurança está relacionada a possibilidade de conflitos entre pedestres e veículos sobre a calçada, a manutenção se refere a qualidade do piso e a facilidade de caminhar, a seguridade a vulnerabilidade dos pedestres a assaltos e agressões, largura efetiva indica a existência de trechos contínuos de calçadas com largura suficiente para o fluxo de pedestres, a atratividade está ligada aos aspectos estéticos e visuais do espaço.

No trabalho são realizadas 3 etapas de avaliação. A primeira é uma etapa de avaliação técnica, a segunda etapa se pondera a pontuação dos indicadores da primeira etapa de acordo

com a percepção dos usuários. Já na terceira etapa é realizada uma avaliação final através de uma avaliação do nível de serviço.

Os usuários foram entrevistados a partir de formulários divididos em duas etapas: na primeira foi solicitado que ordenassem os indicadores de acordo com a importância, e na segunda parte foram solicitadas informações pessoais. A pesquisa foi realizada na cidade de São Carlos/SP, com uma amostra de 372 pessoas.

Os indicadores que mais se destacaram foram manutenção e atratividade visual. De acordo com a percepção dos usuários o fator manutenção é o mais importante, e a atratividade visual o menos importante. A metodologia foi aplicada em 16 quadras da cidade de São Carlos/SP, e o nível de serviço avaliado esteve entre C e D, considerados na pesquisa como bom e regular respectivamente.

Outras pesquisas também vêm sendo realizadas com o objetivo de se avaliar a qualidade dos espaços de circulação urbana do ponto de vista do portador de deficiência física. Orlandi e Ferreira (2004) identificaram as características físicas e ambientais mais significantes segundo a percepção destes usuários.

Foram utilizados os métodos de pesquisa de opinião entre técnicos relacionados a área de motricidade humana, fisioterapia, terapia ocupacional, engenharia de transporte, engenharia urbana, arquitetura e planejamento urbano. E também entrevistas com os usuários com dificuldades de locomoção.

Para a pesquisa com estes usuários, os indicadores utilizados foram apenas três: aspectos ambientais, encontrados e sentidos pelas pessoas com dificuldade de locomoção; a segurança, que indica a possibilidade de conflito entre veículos e os usuários durante o deslocamento pela calçada; e o conforto, referente ao grau de dificuldade relacionado à existência ou não de obstáculos que impeçam ou atrapalhem o movimento e o uso das calçadas pelas pessoas com dificuldade de locomoção.

Os resultados encontrados mostram que do ponto de vista do usuário o fator mais importante é o aspecto relacionado a qualidade de conforto das calçadas, e do ponto de vista técnico foram priorizados os aspectos de segurança das calçadas. O fator referente a caracterização física e ambiental da qualidade das calçadas não teve grande importância pelos usuários, visto que preferem ter a disposição locais simplesmente adequados a locomoção, não exigindo características que melhorem outros aspectos.

### 2.2.2. Aspectos Hidrológicos

Algumas pesquisas realizadas vem encontrando resultados referentes à funcionalidade hidrológica da pavimentação, como coeficientes de escoamento entre diferentes tipos de pavimentos. Muitos desses estudos são realizados em modelos experimentais com chuvas simuladas e não em meios naturais e escala real. (Parra e Teixeira, 2015)

Resultados encontrados por Araújo, Tucci e Goldenfum (2000) mostram que, em simulação de chuva, nos pavimentos permeáveis, praticamente não ocorreu escoamento superficial, não apenas mantendo as condições de pré-ocupação do solo mas também podendo reduzir a zero a taxa de escoamento.

Um estudo realizado por Moura (2005) teve como objetivo comparar e quantificar a eficiência de superfícies permeáveis. O trabalho estuda o comportamento de 4 tipos de superfícies permeáveis: grama, chão batido, blocos maciços e blocos vazados (Tabela 1). Foi utilizado para experiência uma área de 1m<sup>2</sup> para cada tipo de superfície, onde foram feitas simulações de chuva para avaliar o comportamento do escoamento e da infiltração em cada uma delas. A pesquisa também propõe um estudo de caso em um estacionamento de um novo edifício localizado na UNB – Universidade de Brasília, onde foram utilizados conceitos sustentáveis de drenagem urbana.

Tabela 1: Média dos dados da taxa de infiltração (mm/h) e coeficiente de escoamento encontrados no estudo experimental realizado por Moura (2005)

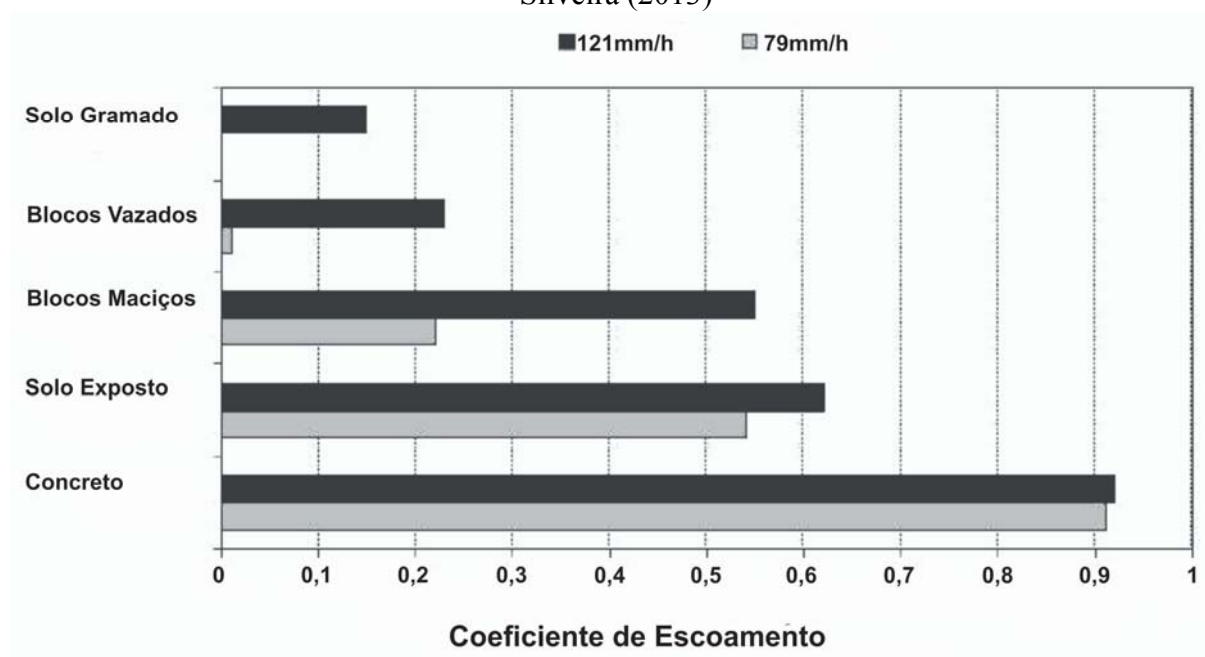
<b>Tipo de superfície</b>	<b>Solo gramado</b>	<b>Chão Batido</b>	<b>Bloco Maciço sem compactação</b>	<b>Bloco Maciço com compactação</b>	<b>Bloco Vazado sem compactação</b>	<b>Bloco Vazado com compactação</b>
Média da Taxa de Infiltração	103,5	51	59	24,5	93	53
Média do Coeficiente de escoamento	0,21	0,57	0,63	0,72	0,2	0,51

Fonte: Adaptado de Moura (2005)

Neste caso a utilização de blocos vazados mostrou ser a melhor alternativa para o controle do escoamento superficial, tanto para os casos de compactação como de não compactação da base. As superfícies de blocos vazados sem a compactação da base foram até mais eficientes no controle do escoamento superficial que a superfície gramada.

Já a pesquisa realizada por Bruno, Amorim e Silveira (2013) também avalia experimentalmente as seguintes estruturas: solo gramado, solo exposto, concreto convencional e blocos de concreto convencionais maciços e vazados (Figura 9 e Tabela 2), com simulação de chuva. A área está localizada no campus da Universidade Federal do Mato Grosso e o tipo de solo é argiloso. Cada parcela experimental tem 0,70m<sup>2</sup> de área e foram isoladas por um quadro metálico. Avalia o escoamento de água da chuva em duas situações de intensidade de precipitação: 79mm/h e 121mm/h, com três ensaios em cada uma das cinco superfícies.

Figura 9 - Coeficiente de escoamento nos revestimentos estudados por Bruno; Amorim e Silveira (2013)



Fonte: Bruno; Amorim e Silveira (2013)

Tabela 2: Taxas de infiltração média (mm/h) encontradas por Bruno; Amorim e Silveira (2013)

Tipo de superfície	Solo gramado	Solo exposto	Bloco de concreto maciço	Bloco de concreto vazado	Concreto convencional
Intensidade de Precipitação 79mm/h	Infiltração total	29,15	48,2	78,07	3,11
Intensidade de Precipitação 121mm/h	96,3	42,85	48,71	84	6,01

Fonte: Adaptado de Bruno, Amorim e Silveira (2013)

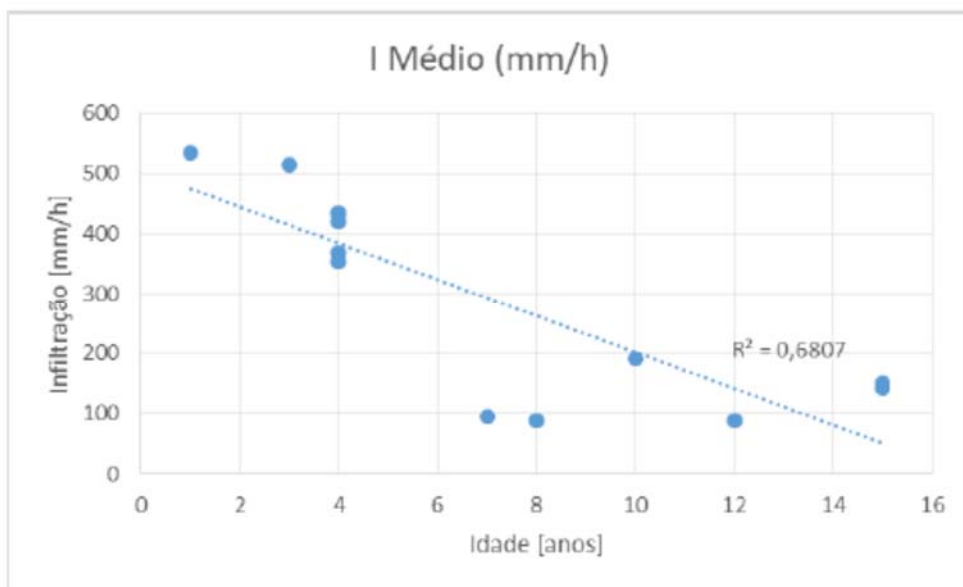
A superfície de grama foi a que apresentou melhor resultado, obtendo escoamento apenas na simulação de chuva de 121mm/h, sendo o coeficiente de escoamento de 0,15. Com este resultado percebe-se que a importância dos impactos causados pela retirada de vegetação

do solo, em relação ao escoamento superficial gerado durante os eventos de chuva. Sendo assim se faz necessário a busca de alternativas de revestimentos do solo que possam minimizar os impactos causados ao meio natural.

Barbosa e Moura (2014), analisaram a vida útil da permeabilidade dos pavimentos permeáveis para 15 anos, pois estas estruturas estão sujeitas a colmatção ao longo do tempo de uso. Para esta análise utilizaram como referência os parâmetros da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Foram admitidas as taxas de permeabilidade para pavimentos em concreto poroso  $1,16 \times 10^{-2}$  m/s, pavimento intertravado não vazado  $5,86 \times 10^{-3}$  m/s, asfalto poroso  $4,23 \times 10^{-4}$  m/s. Os ensaios foram realizados com base na norma ASTM (*American Society for Testing and Materials*) C1701 *Standard Methods for Infiltration Rate of in Place Pervious Concrete* (ASTM, 2009), com teste em pavimentos permeáveis de 40% de área livre, em 13 locais da cidade de Belo Horizonte/MG, sendo estacionamentos e postos de combustíveis.

Os resultados encontrados por Barbosa e Moura (2014), mostram que quanto mais novo o pavimento, maior a taxa de infiltração e que, com o passar dos anos, esta taxa de infiltração se estabiliza, tornando-se constante, conforme gráfico da Figura 10.

Figura 10 - Relação do coeficiente de infiltração com a idade do pavimento



Fonte: Barbosa e Moura (2014)

Uma rápida absorção na interface dos blocos e lenta na região vazada também foi observada, o que pode indicar uma colmatação intencional realizada pelos instaladores dos pavimentos. Os valores das taxas de permeabilidade encontrados são considerados de média permeabilidade da ordem de  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$ , e a conclusão é de que os resultados de permeabilidade fornecidos pela EPA poderiam ser alcançados se a vegetação fosse substituída pelo preenchimento de areia e pedrisco.

Jabur et al. (2015) avaliou a capacidade de infiltração de pavimentos permeáveis por meio da Norma ASTM C1701 e da metodologia do infiltrômetro de anéis. O objeto de estudo foi um módulo experimental implantado na IPH/UFRGS em 2004, com duas tipologias, uma de bloco de concreto intertravado vazado e outra de asfalto poroso. Segundo Jabur et al. (2015), desde sua implantação estabeleceu-se a não manutenção, buscando caracterizar a negligência e definir a vida útil dos materiais. O monitoramento hidrológico foi iniciado em 2003, por Acioli(2003) e nos anos de 2007, 2008 e 2009 por Castro et al. (2013). Segundo Castro et al.(2013) Apud Jabur et al. (2015), os resultados obtidos no período de 2007 e 2009 comprovaram o processo de deterioração e a perda da capacidade de infiltração dos pavimentos. O asfalto poroso superou em 4,55 vezes o maior valor do escoamento superficial obtido por Aciolli (2005), enquanto que o escoamento superficial para o bloco vazado estabilizou-se, Castro et al. (2013) encontrou o valor de 15% e Aciolli (2005) apud Jabur et al. (2015) 12,8%.

Para o teste de infiltração com o experimento da Norma ASTM C1701 realizado por Jabur et al. (2015), os valores de infiltração para o asfalto poroso ficaram entre  $8,9 \times 10^{-6}$  m/s e  $1,9 \times 10^{-5}$  m/s, sendo que em um dos testes a capacidade de infiltração foi nula, o que caracteriza uma superfície nula e comparada a capacidade de solos de areia suja e silte arenoso. Já o bloco vazado apresentou valores superiores a  $10^{-5}$  m/s, mantendo características de pavimento permeável. Após o teste da Norma ASTM C1701, foi realizado o teste do infiltrômetro. Ficou evidente a redução da capacidade de infiltração do asfalto poroso, de 3,28mm/h em comparação ao bloco vazado de 199,93mm/h, diferença percentual de 98,35%.

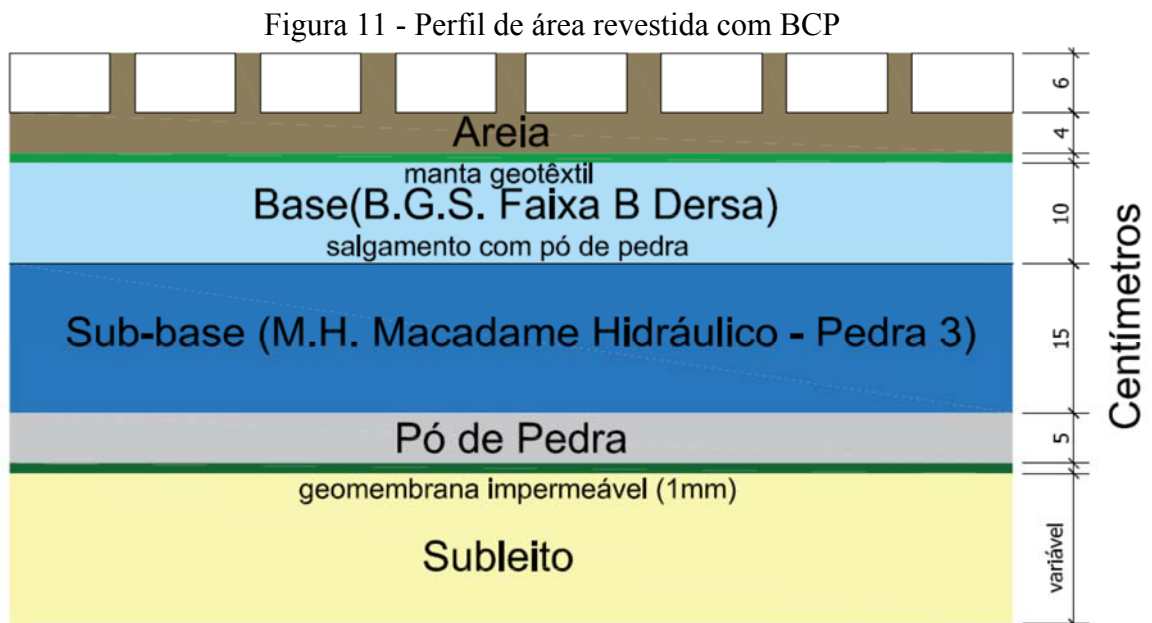
A conclusão de Jabur et al.(2015) é de que o asfalto poroso perdeu sua capacidade de infiltração ao longo dos anos, devido ao uso e a falta de manutenção, enquanto que o bloco vazado teve sua capacidade reduzida porém ainda continua com capacidade permeável.

Os pavimentos permeáveis são técnicas compensatórias que causam menos impacto no entorno, pois servem de revestimento para calçadas, estacionamentos e vias de leve e médio tráfego. Pinto et al. (2014) realizaram um estudo comparativo da eficiência de dois tipos de pavimentos permeáveis sem infiltração no solo.

Foram implantadas duas estruturas no Campus da USP-São Paulo, sendo uma de revestimento de Blocos de Concreto de Cimento Portland permeável (BCP), e outra de revestimento com Concreto Poroso Asfáltico (CPA). O tempo de monitoramento destas estruturas foi de 6 meses. O objetivo foi mensurar a atenuação das vazões produzidas no hidrograma efluente e os benefícios na redução do sistema de drenagem a jusante. As áreas experimentais escolhidas foram estacionamentos para veículos de passeio e para caminhões leves.

Os módulos de estudo de Pinto et al. (2014) foram compostos por reservatório subterrâneo formado por base estrutural de pavimentação, com vistas à captação e armazenamento temporário de águas de chuva. E os módulos superficiais:

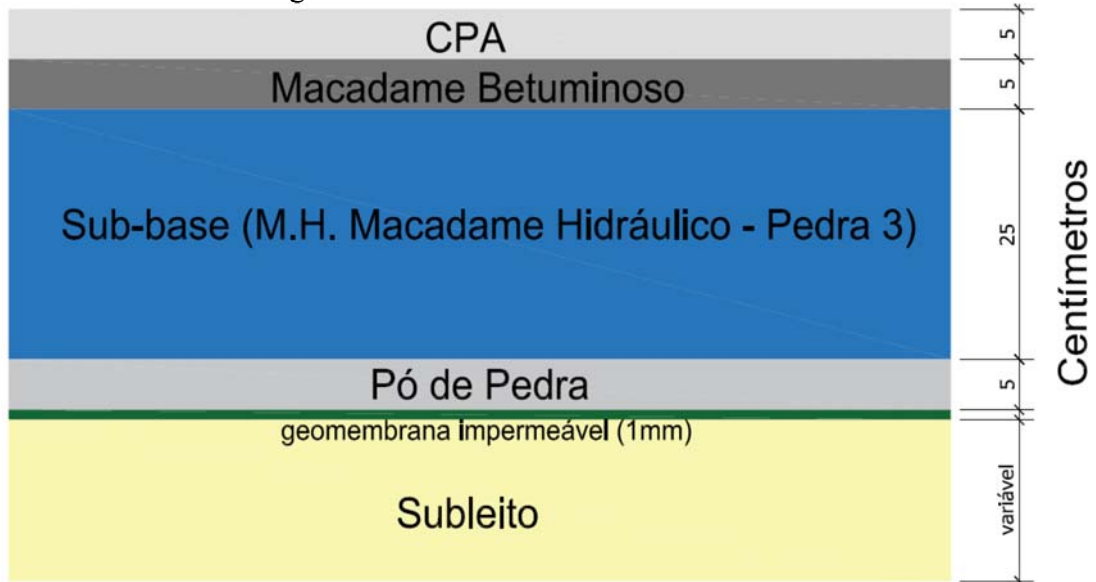
- Módulo 1 (Figura 11): Módulo projetado com revestimento de Blocos de Concreto de Cimento Portland permeável = 748m<sup>2</sup> (BCP)  
Camada de sub-base: macadame hidráulico; pedra 3
- Módulo 2 (Figura 12): Módulo projetado com revestimento de Concreto Asfáltico Poroso = 766m<sup>2</sup> (CPA)  
Camada de sub-base: macadame betuminoso; pó de pedra



Fonte: Adaptado de PINTO et al. (2014)



Figura 12 - Perfil de área revestida com CPA



Fonte: Adaptado de PINTO et al. (2014)

Segundo Pinto et al. (2014) a instrumentação dos protótipos foi realizada com a instalação da estação pluviométrica no canteiro central do estacionamento; caixa para coleta do escoamento superficial, com vertedouro triangular e uma boca de lobo também com um vertedouro; implantação de sensores ultrassônicos de alto desempenho em cada uma das caixas; transmissão de dados via celular e internet em intervalos de 10 minutos.

A avaliação do desempenho foi feita a partir do desenvolvimento de um modelo matemático para a simulação do escoamento superficial direto, infiltração no meio poroso, e escoamento através da base porosa.

Os resultados encontrados por Pinto et al (2014), mostram que para chuvas de menor intensidade o pavimento tipo BCP teve melhor desempenho, e para chuvas de até 1 hora de duração e Tempo de Retorno (TR) entre 1 a 200 anos a porcentagem de amortecimento se mantém entre 50% a 85%. Já para chuvas de 4 a 24 horas de duração a porcentagem de amortecimento é de 30 a 79%, para um TR de 10 anos a porcentagem é de 43%, e chuvas de 1 a 10 anos de TR independente da duração o BCP atinge 40 a 87% de eficiência.

Pinto et al. (2014) conclui que o pavimento permeável se mostrou muito eficiente no amortecimento dos picos de cheia, sendo que o tipo BCP apresentou um amortecimento de vazão em torno de 28 a 87% mais eficiente em chuvas com TR de 1 ano. O tipo CPA apresentou

um amortecimento de vazão em torno de 56 a 85% mais eficiente em chuvas com TR de 10 a 200 anos.

### 2.2.3. A integração dos Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres

Os ECPPs devem ser integrados a paisagem urbana e atender aos quesitos necessários ao desenho universal. Quando garantimos o acessos de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida garantimos o acesso de qualquer pessoa ao espaço. Neste contexto a Norma NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ASSOSSIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, 2015) auxilia o desenho urbano e arquitetônico em parâmetros de dimensionamento para os ECPPs.

Segundo a NBR 9050 (ABNT,2015), as calçadas podem ser divididas em três faixas, a primeira de serviços (largura de 0,75m), a segunda livre para circulação (largura mínima 1,20m) e a terceira de acesso ao lote (largura variável dependendo da dimensão da calçada). A mesma ainda define que a inclinação transversal da calçada não pode ser superior a 3%, e longitudinalmente deve acompanhar a inclinação da via.

Para o dimensionamento da faixa livre a norma estabelece a seguinte fórmula:

$$L = F/K + \sum 1 \geq 1,20m$$

Onde:

L é a largura da faixa livre;

F é a largura necessária para absorver o fluxo de pedestres estimado ou medido nos horários de pico, considerando o nível de conforto de 25 pedestres por minuto a cada metro de largura;

K = 25 pedestres por minuto;

$\sum i$  é o somatório dos valores adicionais relativos aos fatores de impedância.

Os valores adicionais relativos aos fatores de impedância (i) são:

- a) 0,45 m junto às vitrines ou comércio no alinhamento;
- b) 0,25 m junto ao mobiliário urbano;
- c) 0,25 m junto à entrada de edificações no alinhamento.

Os demais ECPPs, que possuam em sua proximidade mobiliário ou equipamentos edificados ou montados devem ser dotados de rotas acessíveis. Mesmo em locais onde deve-se intervir o mínimo no meio ambiente é necessário buscar o máximo de acessibilidade permitido.

A cidade de São Paulo por meio da Lei Municipal nº 15.442 de 2012 estabelece uma forma de fiscalização e padronização de construção dos ECPPs. A partir de uma cartilha explicativa orienta a população sobre a forma de execução de sua calçada, utilizando os mesmos princípios da norma NBR 9050, a cartilha ainda adota a utilização de calçadas verdes, que para executá-las o município deve verificar as seguintes condições (Figura 13):

- Para receber 1 faixa de ajardinamento, o passeio deverá ter largura mínima de 2m (dois metros); e para receber 2 faixas de ajardinamento, largura mínima de 2,5m;
- As faixas ajardinadas não poderão interferir na faixa livre que deverá ser contínua e com largura mínima de 1,20m (um metro e vinte centímetros);
- As faixas ajardinadas não devem possuir arbustos que prejudiquem a visão ou com espinhos que possam atrapalhar o caminho do pedestre;
- Para facilitar o escoamento das águas em dias chuvosos as faixa não podem estar muradas.

Figura 13: Esquema ilustrativo de padronização de calçadas



Fonte: Cartilha Passeio Livre(2012)

Com o intuito de garantir a qualidade da pavimentação dos ECPPs, a cartilha Paulistana também apresenta os tipos de materiais que podem ser instalados nos ECPPs de acordo com o tipo de via ao qual pertence (Quadro 1).

Quadro 1 - Tipos de pavimentos sugeridos pela Cartilha Passeio Livre

Tipo de via pelo Plano Diretor Regional	Material Adequado
Via Local	Placas pré-moldadas de concreto, concreto armado, moldado no local, ladrilho hidráulico e piso intertravado
Via Coletora	Concreto armado, moldado no local e ladrilho hidráulico
Via Coletora com comércio	Concreto armado, moldado no local e ladrilho hidráulico
Via Estrutural	Concreto armado, moldado no local e ladrilho hidráulico
Via Estrutural com comércio	Concreto armado, moldado no local e ladrilho hidráulico

Fonte: Adaptado de Prefeitura de São Paulo(2012)

A fim de integrar os quesitos de desenho universal a proposta hidrológica, é possível a utilização das técnicas compensatórias, e os modelos de aplicação do LID, que podem contribuir com este ambiente mais agradável, juntamente com a proposta de menor impermeabilização do solo. A proposta de projetos que pensam desde seu estudo preliminar na bacia hidrográfica como unidade de estudo, juntamente com um desenho urbano mais justo, e a utilização de materiais que possibilitem a infiltração de água de chuva no local, vem instigando cada vez mais pesquisadores.

Nesta mesma linha de proposição, Ferguson (2011), utiliza os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis (SUDS) para reproduzir um modelo unificado de desenho urbano. Ele utiliza pavimentos permeáveis de dois tipos: o concreto poroso, feito com agregados de tamanhos únicos, que criam uma rede de espaços vazios, adequada ao tráfego leve e médio e permeável o suficiente para suportar qualquer nível de chuva natural. Além desse, outro tipo são os blocos de pavimentação articulados abertos, são blocos de concretos ou cerâmicos, moldados com espaços abertos nas articulações, que são cheias de agregados altamente permeáveis.

Dessa maneira o autor também integra o espaço com outras técnicas vantajosas à drenagem urbana como a implantação dos jardins de chuva ou de bio-retenção (Figura 14),

aptos a receber o excesso de água das superfícies adjacentes, filtrando, tratando e auxiliando na evapotranspiração da vegetação.

Figura 14 - Jardins de Chuva integrados a blocos permeáveis articulados na cidade de Portland, Estados Unidos



Fonte: FERGUSON (2011)

Os pavimentos utilizados nestas propostas de desenho urbano integrado e mais sustentável também apresentam pontos positivos em relação à mobilidade do pedestre, como o trabalho realizado por King et. al. (2013), compara as características dos pavimentos fabricados de concretos permeáveis e dos concretos tradicionais em condições de gelo, em relação a situações de riscos de escorregões. Segundo King et. al. (2013) nos Estados Unidos mais de um terço dos adultos com mais de 65 anos caem todos os anos nas calçadas. Os estudos relacionados a escorregões têm sido estudados em sua maioria em ambientes internos e não em ambientes externos. Neste estudo foi aplicada a análise da marcha biomecânica para investigar as diferenças nas características dos escorregões em concretos permeáveis e tradicionais em situações de superfície de caminhada seca ou com gelo. Os testes foram realizados com pessoas jovens de ambos os sexos nas idades entre 19 e 24 anos.

As superfícies estudadas foram executadas da seguinte maneira:

Concreto Tradicional: Norma 28MPa de resistência à compressão, cimento Portland com acabamento final de vassoura para o lado padrão de caminhada.

Concreto Permeável: Resistência a compressão 27.4MPa ligeiramente menor do que a do concreto tradicional, 30% dos vazios permeáveis, taxa de infiltração de 1,0cm/s testados conforme a ASTM C1701.

Com módulos de dimensão de 50,8x46,0cm, com espessura de 5cm, foram organizadas sete superfícies para simular uma caminhada, sendo que a quinta placa foi designada como a placa de teste, a qual foi substituída para expor o participante a múltiplas condições de superfícies.

O autor afirma, ainda, que no teste realizado com concreto permeável em comparação com o concreto tradicional, os participantes tiveram menor fricção máxima em situação de gelo. Já em condições de superfície seca, em ambos os materiais a fricção máxima foi baixa. Portanto, a partir do contexto, é possível concluir que as quedas são muito mais comuns em superfícies de concreto tradicional do que em superfícies de concreto permeável em condições de gelo. Sendo assim o concreto permeável tem melhor performance em relação a quedas e escorregões.

Assim, dessa maneira, como no estudo de King et al. (2013), o desempenho das superfícies pode ser trazido para a realidade brasileira, visto que superfícies de gelo, ou molhadas pela chuva tem os mesmos riscos de quedas ou escorregões, que podem causar lesões gravíssimas nos pedestres.

O planejamento integrado, dos sistemas urbanos deve contemplar a utilização dos pavimentos hidrologicamente funcionais como meio de reduzir os impactos causados pelo escoamento superficial das águas de chuva. Ajudam a reduzir a impermeabilidade do solo, diminuindo enchentes, facilitando o enraizamento, crescimento de plantas e árvores, como também as trocas de ar e água, permitindo a manutenção de uma temperatura agradável no ambiente.

Wang et al. (2010) encontraram resultados que avaliam a aplicação de pavimentos permeáveis em calçadas quanto aos benefícios térmicos e de redução do escoamento de água de chuva. A temperatura da superfície de aplicação começou a cair após a ocorrência de chuva, de tal modo que a sua capacidade de refrigeração e duração do resfriamento final depende principalmente da temperatura ambiente e da capacidade de retenção de água do pavimento permeável. Sob condições de chuva, a temperatura do pavimento permeável pode se manter caindo durante dois dias. Porém, durante dias limpos não há a ocorrência de grandes variações de temperatura, apresentando um funcionamento parecido com o de uma superfície asfáltica.

Com esses exemplos e com as normas que devem ser seguidas, é claro as possibilidades de integração da acessibilidade e execução dos ECPP, com as vantagens hidrológicas da utilização de pavimentos permeáveis ou drenantes, ou ainda assim o desenho dos ECPP integrados a áreas verdes, que facilitam a infiltração das águas de chuva.

#### 2.2.4. Catálogos Técnicos de Fabricantes de Pavimentos Hidrologicamente Funcionais

A busca de catálogos técnicos de fornecedores de pavimentos hidrologicamente funcionais ocorreu de maneira a selecionar os tipos de pavimentos encontrados nas pesquisas acadêmicas e conhecer também os dados fornecidos pelos fabricantes.

Assim, a partir da revisão bibliográfica realizada em trabalhos acadêmicos foram identificados os pavimentos porosos ou drenantes, intertravados, e pisos gramas.

Os fabricantes foram encontrados em revistas técnicas dedicadas ao meio comercial e, a partir delas, a pesquisa prosseguiu direto pelo meio eletrônico através da internet. A seleção dos fabricantes estudados neste trabalho se deve pelo maior número de informações encontradas, como catálogos técnicos, laudos de permeabilidade e resistência. Foram encontrados no total vinte e três fabricantes de pisos intertravados e pisos gramas com o selo de qualidade ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), e sete fabricantes de pisos drenantes ou porosos. Desse modo os fabricantes escolhidos para estudo são denominados por Fabricante 1, Fabricante 2, Fabricante 3 e Fabricante 4.

Os ensaios de permeabilidade realizados pelo Fabricante 1 para os pisos porosos ou drenantes foram realizados pela ABCP em abril de 2012. O método utilizado foi referenciado pelo método da *American Concrete Institute - ACI 522R-06 Pervious Concrete*, que utiliza um permeâmetro de carga variável conforme a Figura 15.

Figura 15 - Permeâmetro utilizado para os ensaios de permeabilidade para pisos porosos ou drenantes do fabricante 1.



Fonte: Fabricante 1 (2015)

Esta metodologia consiste segundo laudo realizado pela ABCP (2012), na adição de água ao tubo de entrada de maneira a saturar a amostra de concreto poroso até que o nível se iguale entre o topo da amostra e o topo do tubo de dreno. A seguir a válvula é fechada e o tubo graduado de entrada é preenchido com uma coluna d'água de 290mm(h). Após esta etapa a válvula é aberta e registra-se o intervalo de tempo que a coluna d'água demora para abaixar de 290mm ( $h_i$ ) até 70mm( $h_f$ ). Este procedimento é repetido três vezes para cada corpo de prova e considera-se o tempo médio. O coeficiente de permeabilidade é determinado pela Lei de Darcy, de acordo com a seguinte equação:

Equação 1:

$$K = \frac{A_1 L}{A_2 t} \log \left( \frac{h_i}{h_f} \right)$$

Onde:

K= coeficiente de permeabilidade

A1=área da sessão da amostra

A2=área do tubo

L=comprimento da amostra

t= tempo médio

$h_i$ =altura inicial

$h_f$ =altura final



Para este mesmo tipo de pavimento, o Fabricante 2, apresenta um laudo emitido pela Falcão Bauer (2007), a metodologia apresentada inicialmente determina a massa do corpo de prova (M1), e em seguida a placa drenante é disposta sobre um recipiente metálico (R1), a fim de permitir o escoamento da água sobre a face do corpo de prova, para outro recipiente metálico (R2). Em seguida acrescenta sobre o corpo de prova um volume de água, onde é verificado o volume escoado pelo piso drenante. Após este período foi verificado o volume de água drenada em R1; determinada a sua massa (M2) e também o volume de água escoada pela superfície.

O valor da capacidade drenante foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$D = R_2 / R_1$$

O Fabricante 3 em seu catálogo técnico não informou como foram realizados os ensaios de permeabilidade, em contato por e-mail diretamente com a empresa, a informação obtida é que trabalham de acordo com as normas apresentadas pela ABCP.

O Fabricante 4, não informa em seu catálogo técnico a metodologia utilizada para a conhecimento da taxa de permeabilidade.

Segundo a ABCP (2011), o ensaio para determinação do coeficiente de infiltração em permeável deve ser feito segundo a ASTM C1701, que consiste em um anel de infiltração que é temporariamente selado na superfície do pavimento permeável. Depois de pré molhar o local de teste, uma quantidade de massa de água é adicionada no anel e é registrado o tempo para infiltrar água no pavimento. Para este ensaio são necessários cilindro de infiltração, balança, recipiente, cronômetro, massa de calafetar e água. São necessários três locais para testes em espaços de até 2500m<sup>2</sup>, e um teste a mais para cada 1000m<sup>2</sup>, é preciso deixar uma distância de pelo menos 1 m livre entre os locais de teste, e o teste não deve ser executado em menos de 24 horas da última precipitação.

A indicação de manutenção, em geral, é a mesma independentemente do fabricante. É aconselhado varrer o espaço, lavar com sabão neutro quando necessário e lavadora de alta pressão. O Fabricante 2 sugere a aspiração da sujeira encontrada nos pisos.

Os sedimentos que se acumulam no pavimento tendem a diminuir a infiltração ao longo dos anos, segundo a ABCP (2011) considera-se que em 10 anos o pavimento permeável tenha uma redução de 90% da sua capacidade de infiltração.

Após esse período o rejunte pode ser trocado para que o pavimento volte a ter sua capacidade de infiltração. A associação também sugere que anualmente seja efetuada uma

limpeza retirando os sedimentos acumulados, como também a retirada da vegetação que cresce entre as juntas.

A Norma Brasileira NBR 16416 – Pavimentos permeáveis de concreto – requisitos e procedimentos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015), válida a partir de 06 de setembro de 2015, também afirma que o ensaio de permeabilidade deve ser realizado da mesma maneira que o ensaio da norma ASTM C1701. Ainda determina que os ensaios de laboratório aplicam-se apenas para uma avaliação prévia do coeficiente de permeabilidade, mas para aprovação final o ensaio deve ser realizado após a execução do pavimento. A NBR 16416 ainda afirma que para serem considerados permeáveis os coeficientes de permeabilidade de pisos recém implantados devem ser da ordem de  $10^{-3}$  m/s.

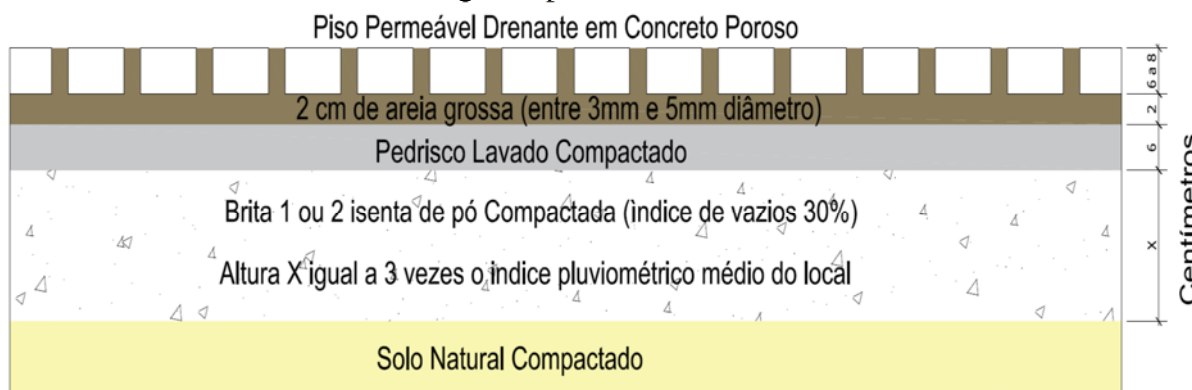
#### 2.2.4.1. Critérios de Instalação

As normas para instalação dos pisos apresentam algumas variantes de acordo com cada fabricante. A instalação do pavimento permeável drenante em concreto poroso segundo o Fabricante 1 sugere dois tipos de instalação:

A primeira forma de implantação (Figura 16) indica uma camada de 6cm de pedrisco lavado compactado e, 2cm de areia grossa, e em seguida o assentamento do piso permeável com uma camada de brita nº 1 ou nº2 isenta de pó e compactada, com índice de vazios de 30%, a altura desta camada deve ser de três vezes o índice pluviométrico médio do local.

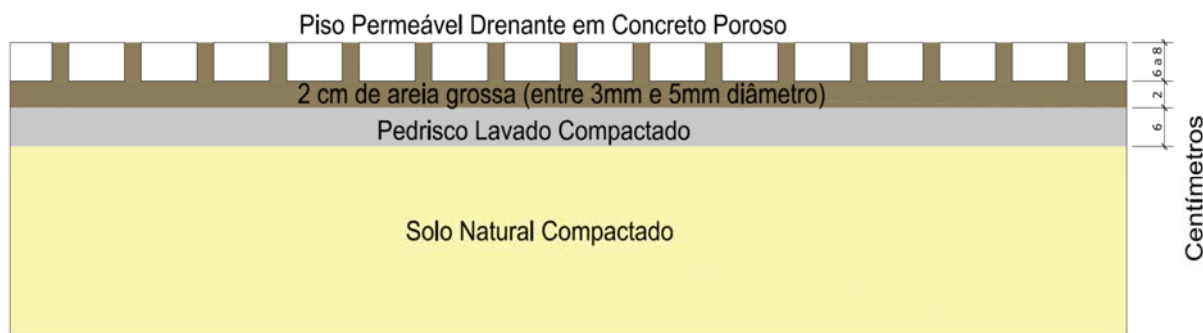
A segunda forma de instalação (Figura 17) indica a colocação de uma camada de 6cm de pedrisco lavado compactado, em seguida uma camada de 2cm de areia grossa, e por último o assentamento do piso permeável.

Figura 16 - Primeira forma de instalação do piso permeável drenante em concreto poroso sugerida pelo Fabricante 1.



Fonte: Fabricante 1 (2014)

Figura 17 - Segunda forma de instalação do piso permeável drenante em concreto poroso sugerida pelo Fabricante 1.



Fonte: Fabricante 1 (2014)

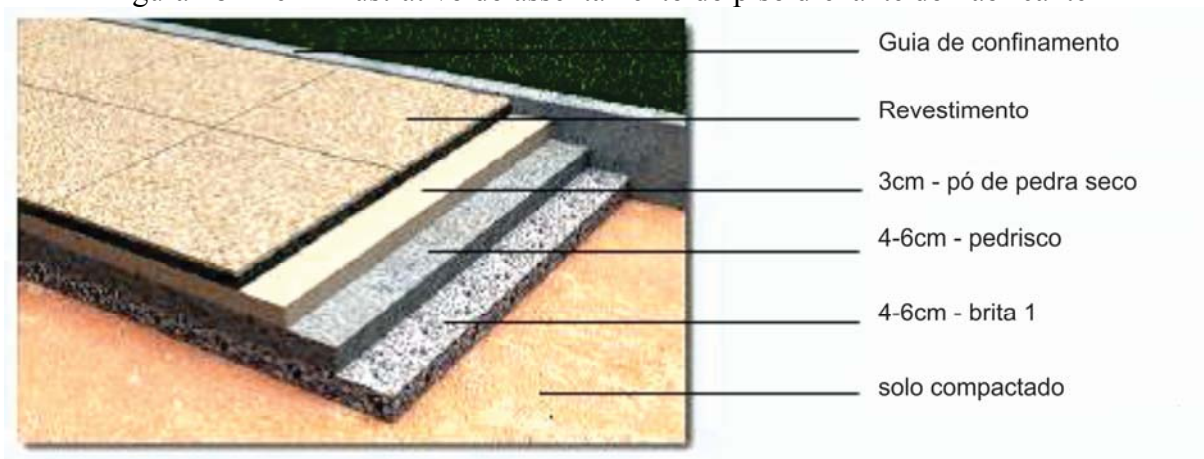
O Fabricante 2 em seu catálogo técnico explica passo a passo da instalação dos pisos drenantes. A superfície deve ser plana, com solo sem excesso de argila, areia ou umidade. A área deve ser escavada, deixando um mínimo de 10cm de profundidade e inclinação entre 1% e 5%, na direção do escoamento da água. Em seguida deve ser realizado o travamento do perímetro que receberá o piso drenante, essa delimitação impede a movimentação das placas durante e após o uso. Após esta etapa deve-se aplicar uma camada de 4 a 6cm de brita nº2 e regularizar o nivelamento do solo, caso haja a necessidade de tubulação drenante auxiliar deve ser realizada nesta etapa e, se utilizada, é necessário a colocação de manta geotêxtil. Outra camada com 4 a 6cm de pedriscos deve ser aplicada sobre a brita e, em seguida, a compactação. Finalmente chega-se a etapa de colocação das placas que devem ser preenchidas com areia como rejunte, em seguida o rejunte drenante da própria fabricante. Um martelo de borracha deve ser utilizado para o pré acerto das placas, e após isto para o nivelamento utiliza-se uma placa vibratória sobre chapa de madeirite.

O Fabricante 3 instrui o assentamento do seu piso permeável drenante com a primeira etapa sendo a contenção do espaço, em seguida a compactação do solo, colocação de manta geotêxtil, execução de camada base com agregados miúdos de dimensão aproximada de 9,5mm, aplicação de pedriscos para nivelamento do berço das placas de piso, e em seguida assentar as peças com juntas secas ou juntas de 3mm, o rejuntamento pode ser feito com agregados mais finos do que os utilizados na camada de assentamento, e a fabricante ainda alerta para a importância da não utilização de areia grossa ou pó de pedra devido ao baixo coeficiente de permeabilidade destes materiais.

O Fabricante 4 descreve as instruções de assentamento em sete etapas (Figura 18): limpar e compactar o solo com inclinação de até 5%; aplicação de uma camada de 4 a 6cm de

brita nº1, nivelar e compactar; aplicação de camada de pedriscos de 4 a 6cm, nivelar e compactar; aplicar uma camada de 3cm de pó de pedra, limpo e seco, realizando o nivelamento com um sarrafo; instalar as placas de piso com juntas de 5mm; confinamento da área de instalação com guias nas laterais; preenchimento das juntas com areia grossa ou granilha, devendo este passo ser revisado após 10 dias da instalação ou após uma chuva intensa.

Figura 18 - Perfil ilustrativo do assentamento do piso drenante do Fabricante 4

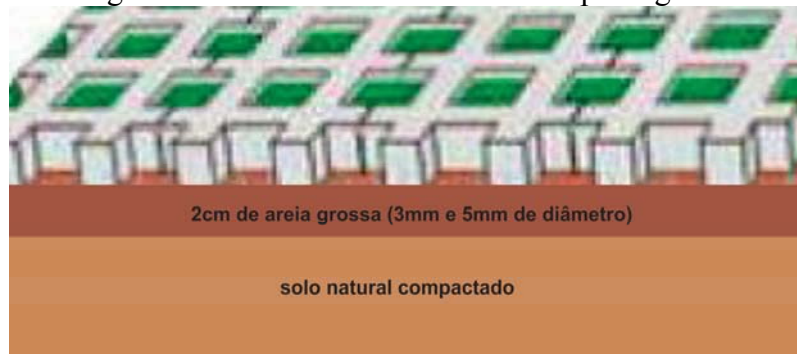


Fonte: Fabricante 4 (2014)

O Fabricante 1 de pisos intertravados não fornece informações sobre a instalação deste pavimentos, porém apresenta esquemas ilustrativos para a instalação do piso grama de sua fabricação. São duas formas, uma com grama (Figura 19) e outra com pedriscos (Figura 20).

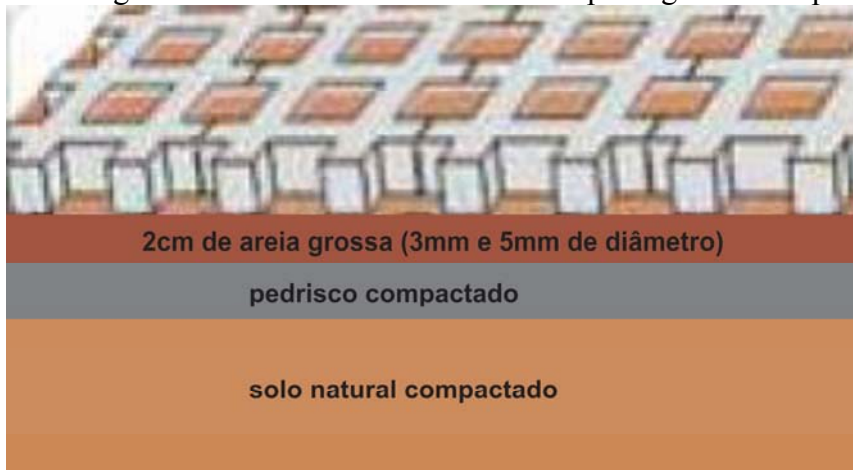
O assentamento com grama exige apenas a execução de uma camada com 2cm de areia grossa, já o assentamento com pedriscos exige uma camada de 6cm de pedrisco compactado e a camada de 2cm de areia grossa, e em seguida em ambos os modos de assentamento a colocação das peças de piso grama.

Figura 19 - Figura ilustrativa do assentamento dos pisos grama com grama



Fonte: Fabricante 1 (2014)

Figura 20 - Figura ilustrativa do assentamento dos pisos grama com pedriscos



Fonte: Fabricante 1 (2014)

De acordo com a ABCP (2011), as etapas de execução da pavimentação permeável podem ser divididas em dois tipos: pavimento intertravado permeável e pavimento de concreto permeável. A execução da pavimentação de piso intertravado permeável é dividida em 11 etapas:

- 1ª Etapa: limpeza do terreno e abertura da caixa de pavimentação;
- 2ª Etapa: terraplanagem;
- 3ª Etapa: compactação do subleito, espalhamento e compactação do solo de reforço e nivelamento quando necessário;
- 4ª Etapa: instalação da rede de drenagem;
- 5ª Etapa: assentamento da manta geotêxtil;
- 6ª Etapa: Espalhamento das camadas de britas;
- 7ª Etapa: Compactação das camadas de brita;
- 8ª Etapa: Execução das guias e sarjetas;

9ª Etapa: Assentamento dos blocos de concreto;

10ª Etapa: Rejunte dos blocos com pedriscos;

11ª Etapa: Obra finalizada

A ABCP (2011) também cita as etapas de execução de pavimentação dos pavimentos de concreto permeável, que difere da pavimentação permeável em cinco etapas finais:

1ª Etapa: limpeza do terreno e abertura da caixa de pavimentação;

2ª Etapa: terraplanagem;

3ª Etapa: compactação do subleito, espalhamento e compactação do solo de reforço e nivelamento quando necessário;

4ª Etapa: instalação da rede de drenagem;

5ª Etapa: assentamento da manta geotêxtil;

6ª Etapa: Espalhamento das camadas de britas;

7ª Etapa: Compactação das camadas de brita;

8ª Etapa: Execução das guias e sarjetas;

9ª Etapa: Espalhamento do concreto permeável de maneira rápida e contínua; o espalhamento deve ser feito sobre a base/subleito úmidos para evitar perda de água do concreto;

10ª Etapa: Nivelamento utilizando régua vibratória ou manualmente com régua de alumínio, não vibrar por muito tempo pois pode entupir os vazios do concreto, nivelar de 15 a 20mm acima das guias para permitir a posterior compactação;

11ª Etapa: Consolidação do concreto através da compactação utilizando rolo compactador, esta etapa deve ser feita rapidamente;

12ª Etapa: Execução de juntas de dilatação a cada 6m com profundidade de  $\frac{1}{4}$  da espessura da placa do concreto logo após a consolidação;

13ª Etapa: Cura e proteção do concreto fresco, proteção com manta plástica, a cura deve ser iniciada logo após a execução da junta.

Quanto à forma de instalação, existem algumas divergências entre os fornecedores, dentre elas, a utilização do índice pluviométrico do local deve ser levado em conta para o dimensionamento das camadas de pedriscos, o solo não deve ser argiloso, contenção da área de implantação como primeiro passo, enquanto outro fornecedor afirma que deve vir como penúltimo passo. Todos os fornecedores incluem a compactação do solo em suas etapas iniciais, exceto um dos fabricantes que realiza a compactação somente após a colocação dos pedriscos.

#### 2.2.4.2. Avaliação de custos de implantação de pavimento permeável

Um dos motivos da pequena utilização de pavimentos hidrológicamente funcionais em áreas públicas e particulares se dá pelo valor mais alto em relação a pavimentação convencional. Embora estes valores devessem ser analisados em contrapartida aos benefícios que trazem as cidades, diminuindo as áreas totalmente impermeabilizadas.

Segundo Canholi (2005), a funcionalidade das alternativas relacionadas à drenagem urbana relaciona-se com as soluções apresentadas para a sua construção, operação e manutenção. Para isso é necessário uma avaliação econômica das alternativas. Estes custos dividem-se em três fatores:

Investimentos: estudos, projetos, construção, desapropriações e indenizações.

Operação e manutenção: despesas necessárias durante a vida útil da estrutura.

Riscos: são as despesas causadas por danos não evitados, que podem ser medidos por uma estimativa ou por custos de recuperação da área afetada.

Neste trabalho é utilizado para a quantificação dos custos envolvidos na possível implantação de pavimentos funcionais na área objeto de estudo os custos diretos, que estão diretamente relacionados às obras civis, de manutenção e de operação.

Também existem os custos indiretos, que se referem a consequências de fatores externos a obra como: interrupção do tráfego, prejuízos a setores econômicos. Além de custos intangíveis que não podem ser medidos monetariamente, que se referem a danos diretos a vidas humanas, saúde pública, meio ambiente, comunidade e danos intangíveis indiretos como o estresse da população e perda da receita de impostos.

Moura (2004), mostra os custos referente a implantação das diversas técnicas compensatórias, em relação ao pavimentos permeáveis para pedestres, ela estuda o pavimento em concreto permeável, e os pavimentos intertravados (Tabela 3).

Segundo Moura (2004), os sobre custos do pavimento em concreto permeável se refere às camadas de geotêxtil, ao reservatório de pedras e ao revestimento em concreto permeável.

Tabela 3 - Custos de implantação por metro quadrado de pavimento de concreto permeável

Tipo de serviço	Unidade	Custo unitário (R\$)	Quantidade	Custo Total (R\$)
Escavação e carga mecanizada	m <sup>3</sup>	1,94	0,76	1,48
Transporte de material escavado	m <sup>3</sup> x km	0,28	9,88	2,74
Camada de base	m <sup>3</sup>	18,98	0,70	13,29
Compactação da base	m <sup>3</sup>	0,83	0,70	0,58
Geotêxtil	m <sup>2</sup>	2,19	2	4,39
Concreto poroso	m <sup>3</sup>	134,2	0,08	10,47
Compactação do concreto	m <sup>3</sup>	0,83	0,08	0,06
Total	m <sup>2</sup>			33,01
Total de sobre custo	m <sup>2</sup>			26,41

Fonte: Moura (2004)

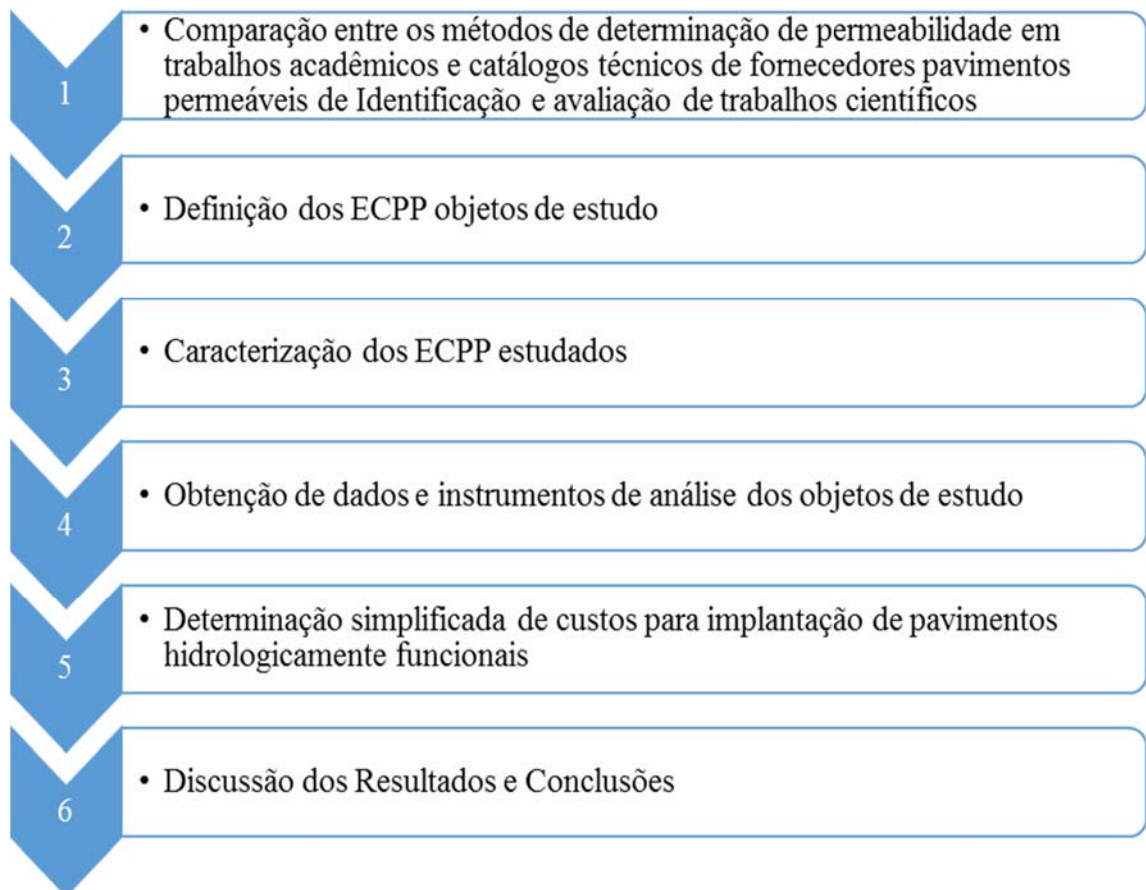
Já para os pavimentos intertravados o custo de instalação dos mesmos é de R\$ 18,34 por metro quadrado, de acordo com Belo Horizonte (2003a) Apud Moura (2004). A manutenção tem um custo de R\$ 4,80 por ano, englobando substituição anual de 25% do pavimento (Moura 2004).



### 3. METODOLOGIA

O método empregado para a realização desta pesquisa é descrito a seguir e ilustrado em um diagrama presente na Figura 21.

Figura 21 - Diagrama da Metodologia de realização da pesquisa



Fonte: Autora (2015)

1. Comparação entre os métodos de determinação de permeabilidade em trabalhos acadêmicos e catálogos técnicos de fornecedores pavimentos permeáveis de Identificação e avaliação de trabalhos científicos

Foram identificados estudos e trabalhos científicos que apresentam ensaios com diferentes tipos de superfícies em eventos de chuva e que mostram a eficiência dos tipos de pavimentos em relação a infiltração. A busca pela bibliografia existente na área de pesquisa propiciou a escolha dos tipos de pavimentos hidrológicamente funcionais. Foram encontrados trabalhos com estudos de diferentes superfícies: solo exposto, solo gramado, pavimento intertravado, piso grama, piso drenante e concreto convencional.

Foram procurados fornecedores dos pisos em revistas técnicas e em listas de fabricantes aprovados pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) e, a partir desta informação, realizou-se consulta a catálogos técnicos de fornecedores. Foram identificados pavimentos intertravados, pisos gramas e pisos drenante.

Tanto com relação aos trabalhos acadêmicos quanto aos catálogos técnicos, a pesquisa teve como foco os pavimentos com aplicação para circulação de pedestres, embora em alguns casos a recomendação de uso incluísse veículos (por exemplo, estacionamentos).

Após a identificação dos tipos de pisos objeto dos estudos acadêmicos e dos fornecedores, foram definidas as variáveis de interesse que caracterizam os mesmos quanto aos seguintes aspectos: material constituinte, tipo de aplicação, espessura, aspereza, resistência, permeabilidade, custo e recomendações de manutenção.

A partir destas variáveis, foi possível fazer comparações entre os diferentes pisos, com destaque para as taxas de infiltração e deslocamento das águas pluviais superficiais.

## 2. Definição dos ECPP objetos de estudo

Foram escolhidos três ECPP objetos de estudo, o primeiro localizado dentro do campus UFSCar São Carlos, na bacia experimental do Grupo de pesquisa G-Hidro, e outros dois em uma cidade brasileira, dentro de um contexto urbano.

A escolha do objeto de estudo da UFSCar se deve a possibilidade de integração entre técnicas compensatórias já implantadas, bem como pesquisas realizadas e em andamento no local.

A cidade escolhida foi São José do Rio Preto, a justificativa dessa escolha se deve pelo fato de ser uma cidade que sofre com problemas gravíssimos de enchentes e inundações, e em alto crescimento urbano. Seus objetos de estudo foram o calçadão para pedestres localizado na área central, com índice alto de impermeabilização do solo, e um bairro residencial, com características de implantação mais sustentáveis em relação a outros bairros com urbanização antiga e convencional.

## 3. Caracterização dos ECPP estudados

Os objetos de estudo foram caracterizados quanto aos aspectos agrupados a seguir:

- Aspectos técnicos construtivos: permeabilidade, material, resistência
- Manutenção: nivelamento, crescimento de vegetação, acessibilidade.
- Desenho urbano: qualidade e integração entre os espaços.

Para descrição destes aspectos técnicos construtivos foi necessário a elaboração de quadros descritivos, a partir dos aspectos observados em campo. Quando necessário, foram identificadas as condições climáticas associadas ao levantamento dos dados.

#### 4. Obtenção de dados e instrumentos de análise dos objetos de estudo

Os projetos e mapeamentos referente ao ECPP UFSCar, foram obtidos através do Grupo G-Hidro junto ao EDF-Escritório de Desenvolvimento Físico da UFSCar. Os projetos e informações sobre o ECPP Calçadão foram disponibilizados pela Secretaria Municipal de Obras e Secretaria Municipal de Planejamento Estratégico, Ciência, Tecnologia e Inovação de São José do Rio Preto, e os projetos referente ao ECPP Bairro foram obtidos junto à Secretaria Municipal de Obras.

A partir dos projetos, foi feita uma observação “in loco” dos ECPP, incluindo um levantamento fotográfico dos mesmos, com a caracterização das tipologias de pisos, e sua manutenção e caracterização dos aspectos construtivos. Foram observados vários pontos do ECPP UFSCar durante o período de um ano, e os ECPPs da cidade de São José do Rio Preto foram observados em dias aleatórios.

O tratamento dos mapas e projetos dos ECPPs foi através dos softwares AUTOCAD, COREL DRAW e GOOGLE EARTH. Os cálculos de escoamento superficial, e seus gráficos de representação foram trabalhados no software EXCEL, utilizando os valores de coeficiente de escoamento e taxas de infiltração obtidos nos artigos científicos e nos catálogos técnicos, procedimentos adotados durante as etapas 1 e 2 da metodologia.

Os valores de coeficiente de escoamento segundo Baptista, Nascimento e Barraud (2005) podem ser assimilados ao coeficiente de impermeabilização, ou seja, à relação entre as superfícies impermeáveis que contribuem para o escoamento total da bacia.

Os cálculos de contribuição efetiva dos ECPPs foram realizados a partir da seguinte fórmula:

$$Aa = C \times A$$

Sendo:

Aa = Área efetiva de contribuição

C = Coeficiente de escoamento

A= Área total real

## 5. Determinação simplificada de custos para implantação de pavimentos hidrologicamente funcionais

A determinação dos custos envolvidos na aplicação dos pavimentos funcionais nos ECPPs de estudo ocorreu através da pesquisa de representantes dos fabricantes de pisos drenantes e solicitação de orçamento, além da busca por construtores na cidade de São José do Rio Preto e em São Carlos.

Os valores foram obtidos através de um cálculo simples do valor do metro quadrado dos materiais multiplicado pelas áreas onde os pisos seriam implantados.

## 6. Discussão dos Resultados e Conclusões

Após a caracterização dos ECPPs, elaboração de mapas de visualização dos tipos de pavimentos existentes, obtenção de valores teóricos de escoamento superficial e infiltração, foram definidos três cenários de impermeabilização do solo, cenário real, cenário favorável e cenário desfavorável, a fim de comparar as situações encontradas nos ECPPs, diferindo as características de uma urbanização localizada dentro de um campus universitário e de dois contextos urbanos de uma cidade.

Para compor estes cenários em cada um dos ECPPs, a partir do levantamento e caracterização dos espaços, cada ECPP foi delimitado por seus exutórios, ou microbacias, suas áreas foram quantificadas e determinadas para obtenção dos valores teóricos do escoamento superficial real, dos valores supostos nos cenários favoráveis e desfavoráveis, a partir dos coeficientes de cada tipo de pavimentação, edificação e solos existentes.

Os exutórios do ECPP UFSCar foram determinados a partir do escoamento superficial das águas de chuva, observando seu direcionamento e também a inclinação da topografia, além de verificar se o escoamento é direcionado para os gramados, pisos drenantes, ou para a rede de drenagem convencional.

O mesmo ocorreu para o ECPP Calçada porém, os exutórios deste ECPP, são direcionados totalmente para a rede drenagem, porém com condições adversas entre si, como localização do exutório, tipos de pavimentação e condições de infiltração.

Para o ECPP Bairro, o exutório foi definido de acordo com o levantamento em campo e observação do quarteirão que mais se enquadrava nas condições impostas pela legislação municipal.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Comparação entre os métodos de determinação de permeabilidade em trabalhos acadêmicos e catálogos técnicos de fornecedores

Os trabalhos estudados mostram que a grama possui a maior taxa de infiltração e o menor coeficiente de escoamento superficial, enquanto que o bloco de concreto convencional, o maior coeficiente de escoamento. Os resultados deste estudo já foram publicados anteriormente por Parra e Teixeira (2015).

O concreto poroso apresenta índices muito próximos ao do solo gramado, e o solo exposto índices comparados ao bloco de concreto convencional.

As Tabelas 4, 5 e 6 foram elaboradas com o propósito de caracterizar os pavimentos encontrados de acordo com os fabricantes, onde estão caracterizados por variáveis de interesse: espessura, permeabilidade, absorção de água, resistência, dimensões, tipos de tráfego, limpeza, custo e material.

Tabela 4 - Tabela comparativa de tipos de pavimentos porosos fornecedor 1

Característica	Pavimento de concreto poroso						
	Espessura (cm)	6	6	6	10	8	8
Permeabilidade(mm/h)	8500	8679	6142	8680	6357	13821	5107
Absorção de água	NA						
Resistência	25Mpa						
Dimensões(cm)	20x10x6	20x20x6	40x40x6	20x10x10	20x10x8	20x20x8	40x40x8
Tráfego	Pedestres e bicicletas			NE	Pedestres/ bicicletas/acesso de veículos/motocicletas		
Limpeza	Varrer com cerdas duras, se necessário aplicar sabão neutro, mangueira de alta pressão, realinhar a areia das juntas perdidas durante a limpeza						
Composição	Concreto poroso						
NA = Não aplica-se	NE= Não especificado						

Fonte: Parra e Teixeira (2015)

Tabela 5 – Tabela comparativa de tipos de pavimentos porosos fornecedores diversos

Característica	Pavimento de concreto poroso		
	2	3	4
Fornecedor			
Espessura (cm)	6/8/10	5	4,3
Permeabilidade(mm/h)	15786	23400	9756
Absorção de água	NA		
Resistência	2,91MPa	NE	1,5MPa
Dimensões(cm)	50x50x8	60x60x5	50x50
Tráfego	Pedestres/Veículos de passeio/caminhões leves	Pedestres e Estacionamentos	Pedestres e Estacionamentos
Limpeza	Aspirar e Água pressurizada	Detergente alcalino e água pressurizada	Água pressurizada
Composição	Concreto poroso		

NA = Não aplica-se    NE= Não especificado

Fonte: Parra e Teixeira (2015)

Tabela 6 - Tabela comparativa de tipos de pavimentos tipo intertravados e piso grama fornecedor 1

Característica	Piso intertravado de concreto		Piso grama de concreto
	8	8	
Espessura (cm)	8	8	6 e 8
Permeabilidade(mm/h)	NA		NE
Absorção de água	5%	4%	NE
Resistência	35Mpa	50Mpa	35MPa
Dimensões(cm)	23x11x8	23x11x8	29x43x6/29x43x8
Tráfego	Pedestres	Veículos especiais	Acesso de veículos
Limpeza	Varrer com cerdas duras, aplicar sabão neutro, água pressurizada, realinhar as areias das juntas perdidas durante a limpeza.		Varrer com cerdas duras, aplicar sabão neutro, água pressurizada, realinhar as areias das juntas perdidas durante a limpeza. Raspar e retirar o material acumulado em camadas grossas. Aplicar um herbicida especial para limo escovando-se e seguindo as instruções do fabricante.
Composição	Concreto		

NA = Não aplica-se    NE= Não especificado

Fonte: Parra e Teixeira (2015)

As tabelas permitem verificar que existem diferenças entre as taxas de permeabilidade encontradas entre pavimentos do mesmo fornecedor, como também diferentes espessuras das peças, as quais caracterizam o uso permitido de cada uma.

As peças que apresentam espessuras de 6cm são mais adequadas para pedestres e bicicletas, enquanto que as de 8cm permitem o acesso de veículos de passeio, e as peças de 10cm permitem o tráfego de caminhões leves.

As resistências indicadas pelos fornecedores 2, e 4, apresentam valores muito diferentes em relação ao fornecedor 1. Estes valores estão indicados em catálogos técnicos, porém não podemos considerá-los como confiáveis, devido a discrepância apresentada.

Os pisos porosos ou drenantes estabelecem taxas de permeabilidade, enquanto os pisos intertravados e pisos gramas taxas de porcentagem de absorção de água. Entre os fabricantes a maior taxa de permeabilidade encontrada foi a fornecedor 3, referente ao piso drenante sendo de 23400mm/hora. A menor taxa de permeabilidade foi a do piso drenante do fornecedor 1 modelo de dimensão 40x40x6cm.

Essa diferença entre as taxas de permeabilidade, podem estar intimamente ligadas a diferença entre os métodos de ensaio utilizados por cada fabricante, visto que apenas o fabricante 3 afirma utilizar as recomendações da ABCP.

A ABCP sugere um método de ensaio para determinação do coeficiente de infiltração baseado na norma ASTM C1701, e que a instalação dos pavimentos permeáveis devem prever a compactação do solo para nivelamento das peças, bem como a instalação da rede de drenagem antes da colocação da manta geotêxtil.

Os fabricantes utilizam diferentes formas de ensaio como testes com o permeâmetro, que tem como referência o método da ACI 522R-06 *Pervious Concrete*, utilizam o método de diferença de volume aplicado em um corpo de prova e o volume escoado; e também o método da ABCP.

A manutenção é unânime entre os fabricantes que deve ser realizada basicamente com a varrição e lavadora de alta pressão. Barbosa e Moura (2014) relatou a importância da manutenção para garantir o bom funcionamento dos pisos.

#### 4.2. Área de Estudo 1: ECPP UFSCar

O local de estudo pertence a uma das sub-bacias hidrográficas do córrego Monjolinho, dentro da área do Campus da Universidade Federal de São Carlos (Figura 22). A escolha da micro bacia experimental da UFSCar foi determinante devido a estudos e pesquisas

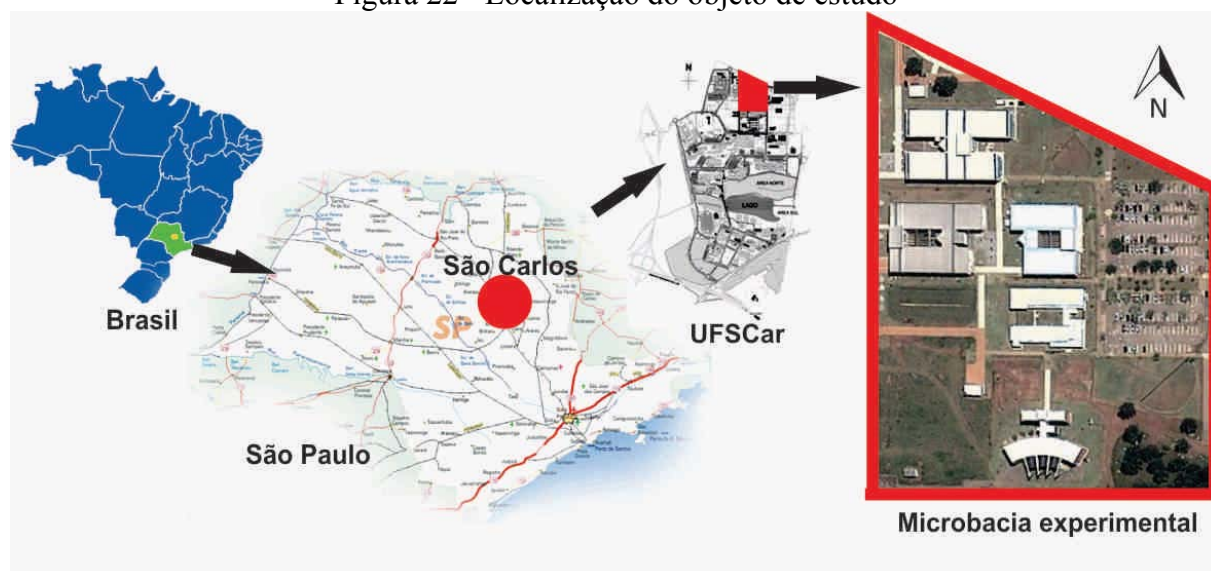
relacionados a drenagem urbana já existentes no local e a possibilidade de integração entre as técnicas já implantadas. O local também é rico em Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres, e com grande número de usuários.

Nas Figuras 23 a 28 é possível verificar imagens aéreas da micro bacia experimental, obtidas através do software Google Earth.

A dimensão total da área escolhida é de 49.075,69m<sup>2</sup>, sendo exclusiva de calçadas 5.379,43m<sup>2</sup>, o que representa em torno de 11% do total, dado significativo ao relacionar a contribuição dos ECPP no escoamento das águas pluviais.

A associação da existência destes espaços muito impermeabilizados com a ocorrência de enchentes e inundações nas cidades, desperta o interesse no estudo de estruturas alternativas de pavimentação em contribuição com a diminuição das enchentes.

Figura 22 - Localização do objeto de estudo



. Fonte: G-Hidro(2015)



Figura 23 - Imagem aérea referente a área norte da micro bacia experimental



Foto: Google Earth, 2015

Figura 24 - Imagem área referente a área leste da micro bacia experimental



Foto: Google Earth, 2015

Figura 25 - Imagem aérea da área sul da micro bacia experimental



Foto: Google Earth, 2015

Figura 26 - Imagem aérea da área oeste da micro bacia experimental



Foto: Google Earth, 2015



Figura 27 - Imagem aérea de pavimento drenante localizado próximo ao prédio da Medicina localizado na micro bacia experimental



Foto: Google Earth, 2015

Figura 28 - Imagem aérea de pavimento drenante próximo ao edifício da Enfermagem localizado na micro bacia experimental



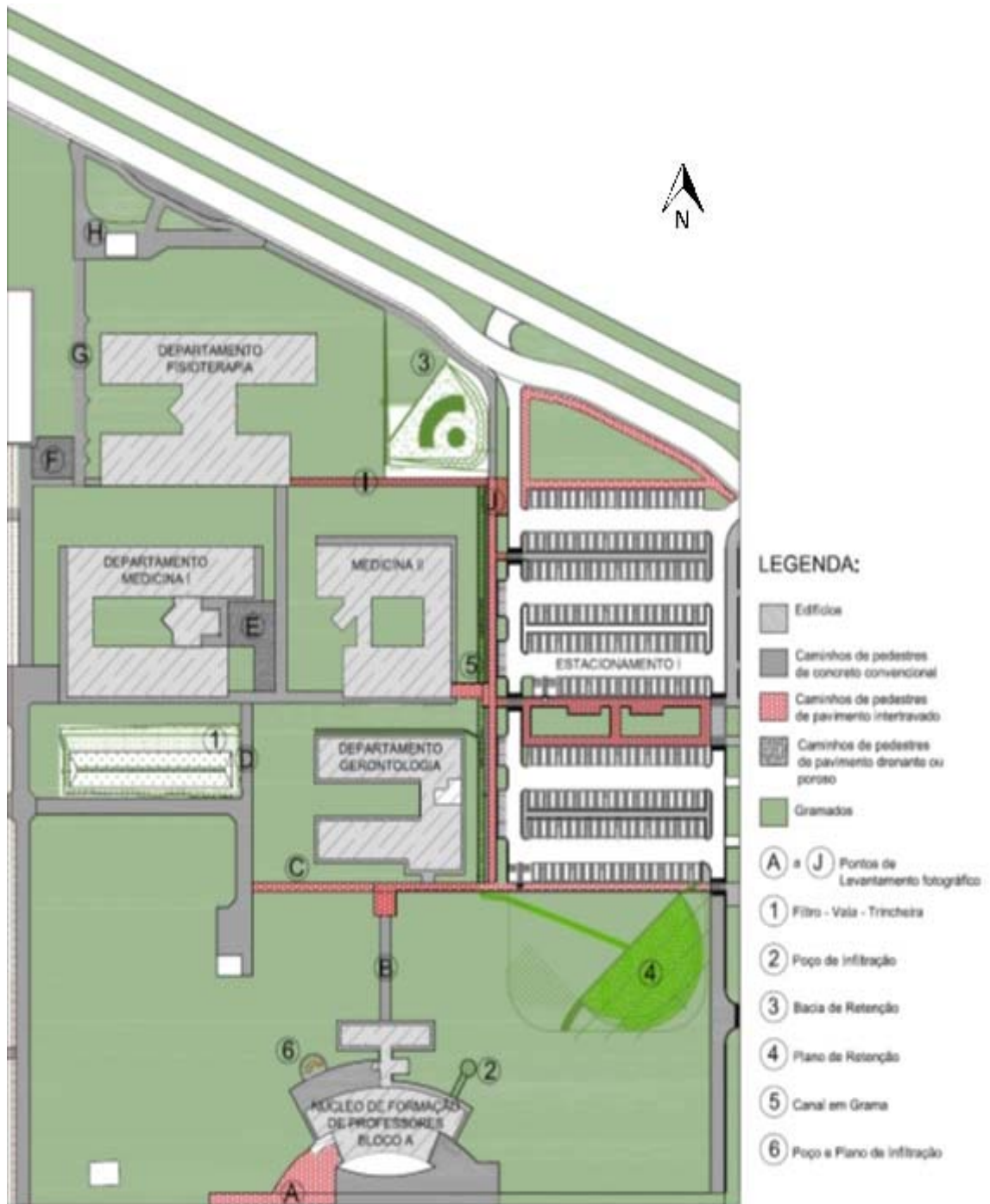
Foto: Google Earth, 2015

#### 4.2.1. Caracterização da área de estudo 1 – ECPP - UFSCar

No mapa da Figura 29, foram determinados os pontos observados durante os levantamentos, estes estão simbolizados por letras (A à J), totalizando 10 pontos de observação.

Foram realizados 3 levantamentos fotográficos (Anexo A, B e C) durante o período de 18 de março de 2014 a 09 de março de 2015. No primeiro levantamento em 18/03/2014 foram observados os tipos de pisos e suas características, e foram observadas a maneira como estes pisos se comportavam em períodos pós-chuva e durante chuva, como também sua manutenção ao longo de um ano. O Quadro 2 mostra o resultado das observações feitas durante o levantamento que permite descrever as características físicas do ECPP.

Figura 29 - Mapeamento dos tipos de pavimentos na bacia experimental localizada no campus da UFSCar



Fonte: G-Hidro adaptado pela autora (2015)

Quadro 2 - Quadro síntese da descrição dos ECPP UFSCar

Quadro síntese da descrição dos ECPP UFSCar						
DATA	18/03/2014	09/02/2015	09/03/2015	26/08/2015	09/09/2015	
<b>CLIMA</b>	Dia ensolarado	Após noite chuvosa	Leve chuva	Dia ensolarado	Após noite chuvosa	
<b>LOCAL</b>	<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimentação desnivelada</li> <li>• Areia carregada pela chuva</li> <li>• Piso intertravado soltando</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de manutenção</li> <li>• Manchas de umidade nos pisos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pisos fora do local</li> <li>• Presença de vegetação</li> <li>• Umidade nos blocos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção realizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção realizada</li> <li>• Presença de vegetação</li> <li>• Umidade nos blocos</li> </ul>
	<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso de concreto convencional</li> <li>• Laterais de pisos intertravados</li> <li>• Bons aspectos de manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bons aspectos de manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetação entre as juntas do piso intertravado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bons aspectos de manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetação entre as juntas do piso intertravado</li> <li>• Umidade no piso de concreto convencional</li> </ul>
	<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimentação desnivelada</li> <li>• Areia carregada pela chuva</li> <li>• Piso intertravado soltando</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimentação desnivelada</li> <li>• Areia carregada pela chuva</li> <li>• Piso intertravado soltando</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimentação desnivelada</li> <li>• Areia carregada pela chuva</li> <li>• Piso intertravado soltando</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimentação desnivelada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção realizada</li> <li>• Umidade nos blocos</li> </ul>
	<b>D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concreto convencional</li> <li>• Faixas de pisos intertravados</li> <li>• Guia lateral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetação entre as juntas do piso intertravado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetação entre as juntas do piso intertravado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bons aspectos de manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção realizada</li> <li>• Vegetação entre as juntas do piso intertravado</li> </ul>
	<b>E</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso drenante</li> <li>• Apresenta rachaduras</li> <li>• Presença de vegetação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação impedindo acesso aos bancos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bons aspectos de manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> <li>• Pavimentação desnivelada</li> <li>• Umidade</li> </ul>
	<b>F</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso do tipo drenante</li> <li>• Apresenta rachaduras</li> <li>• Presença de vegetação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação impedindo acesso aos bancos</li> <li>• Apresenta rachaduras</li> <li>• Pavimentação desnivelada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetação baixa nas juntas dos pisos drenantes</li> <li>• Apresenta rachaduras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> <li>• Umidade</li> </ul>
	<b>G</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso de concreto comum</li> <li>• Manutenção realizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umidade e presença de poças d'água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bons aspectos de manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção realizada</li> <li>• Presença de vegetação</li> <li>• Umidade</li> </ul>
	<b>H</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso de concreto comum</li> <li>• Manutenção realizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso de concreto comum</li> <li>• Manutenção realizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umidade e presença de poças d'água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bons aspectos de manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção realizada</li> </ul>
	<b>I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso intertravado</li> <li>• Manutenção realizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umidade nos blocos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> </ul>
	<b>J</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso intertravado</li> <li>• Presença de vegetação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> <li>• Umidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> <li>• Pavimentação desnivelada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de vegetação</li> <li>• Umidade nos blocos</li> </ul>

Fonte: Autora (2015)

Os dados encontrados a partir dos levantamentos fotográficos e de mapas obtidos no EDF – Escritório de Desenvolvimento Físico da UFSCar, propiciaram a elaboração da Tabela 7.

Tabela 7: Quadro de Áreas da micro bacia experimental - UFSCar

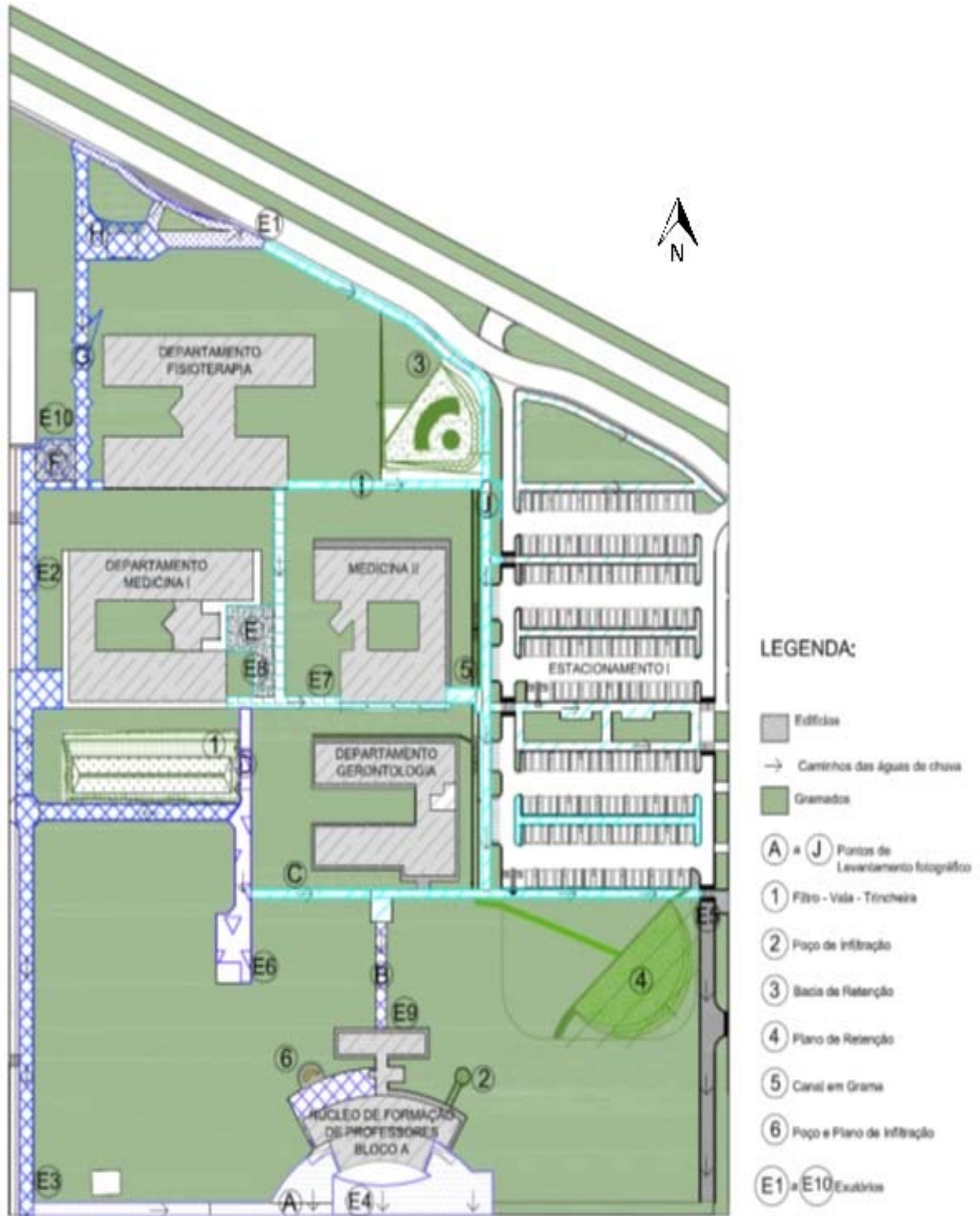
	m <sup>2</sup>	%
ÁREA MICROBACIA	49.075,69	100%
ÁREA ECPP	5.379,43	10,96%
ÁREA EDIFICAÇÕES	5.101,02	10,39%
ÁREA DESTINADA A VEÍCULOS	5.276,54	10,75%
ÁREA GRAMADA	33.318,70	67,89%

Fonte: Autora (2015)

A Tabela 7 mostra que a porcentagem de áreas destinadas aos ECPPs são quase as mesmas das projeções de áreas construídas das edificações, bem como a área destinada ao estacionamento de veículos.

Além disso foi considerado que nem todos os ECPPs estão diretamente conectados à rede de drenagem de águas pluviais. Assim foram separados 10 exutórios para a microbacia, locais em que a água de chuva escoar para os gramados e locais onde escoar para as técnicas compensatórias ou para a rede de drenagem (Figura 30). Os exutórios foram determinados a partir do levantamento em campo, observando o direcionamento do escoamento superficial, e o seu exutório. As setas na Figura 30 indicam o sentido do escoamento.

Figura 30 - Delimitação dos exutórios do ECPP-UFSCar



Fonte: G-Hidro adaptado pela autora (2015)



#### 4.2.2. Avaliação do comportamento hidrológico do ECPP – UFSCar

Os dados encontrados no mapeamento e no levantamento em campo, propiciaram a elaboração de uma tabela com as seguintes características de avaliação sobre a situação real do local: Área de cada tipo de pisos e seus usos, sua porcentagem em relação a área total, o coeficiente de escoamento de cada tipo de piso, a área de contribuição e seu uso a partir do cálculo do coeficiente de escoamento, e a porcentagem de contribuição em relação a contribuição total do escoamento superficial. Os coeficientes de escoamento foram obtidos na bibliografia apresentada anteriormente.

A Tabela 8 mostra a situação real encontrada na microbacia de estudo, o somatório do escoamento superficial de todos os exutórios de ECPP corresponde 5,7%, sendo muito maior que dos espaços destinados a veículos e as edificações construídas.

Com este resultado, é possível perceber que se o espaço fosse projetado com um desenho de ECPP e sua execução direcionando escoamento superficial das águas de chuva totalmente para os gramados seria possível reduzir esta contribuição para o escoamento superficial. Objetivando a comparação de um cenário real, favorável e desfavorável, foram elaboradas outras duas tabelas caracterizando estas situações.

Tabela 8 - Características da Microbacia experimental situação real

CARACTERÍSTICAS DA BACIA EXPERIMENTAL	m <sup>2</sup>	%	Coeficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA DA BACIA	49.269	100,0%		11.999	24,4%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRÚIDAS DESCONECTADAS	5.101	10,4%	0,21	1.071	2,2%
ECPP EXUTORIO 1	256	0,5%	0,95	243	5,7%
ECPP EXUTORIO 2	976	2,0%	0,21	205	
ECPP EXUTORIO 3	644	1,3%	0,95	612	
ECPP EXUTORIO 4	897	1,8%	0,21	188	
ECPP EXUTORIO 5	1.748	3,5%	0,78	1.363	
ECPP EXUTORIO 6	337	0,7%	0,21	71	
ECPP EXUTORIO 7	303	0,6%	0,21	64	
ECPP EXUTORIO 8	217	0,4%	0,005	1	
ECPP EXUTORIO 9	78	0,2%	0,95	74	
ECPP EXUTORIO 10	116	0,2%	0,005	1	
ÁREA DESTINADA A VEÍCULOS	5.277	10,7%	0,21	1.108	2,2%
ÁREA GRAMADA	33.319	67,6%	0,21	6.997	14,2%

Fonte: Autora(2015)

A Tabela 9 que caracteriza a situação favorável da microbacia, simula como se todos os ECPPs tivessem como exutório os gramados ao seu redor, portanto foi considerado apenas o coeficiente de escoamento superficial do gramado de 0,21.

Enquanto a Tabela 10 caracteriza a situação desfavorável da microbacia, simulando todos os ECPPs pavimentados com concreto convencional de coeficiente de escoamento superficial igual a 0,95.

Tabela 9 - Características da Microbacia experimental situação favorável

CARACTERÍSTICAS DA MICROBACIA EXPERIMENTAL	m <sup>2</sup>	%	Coeficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA DA MICROBACIA	49.269	100,0%		10.346	21,0%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRÚIDAS DESCONNECTADAS	5.101	10,4%	0,21	1.071	2,2%
ECPP EXUTORIO 1	256	0,5%	0,21	54	2,4%
ECPP EXUTORIO 2	976	2,0%	0,21	205	
ECPP EXUTORIO 3	644	1,3%	0,21	135	
ECPP EXUTORIO 4	897	1,8%	0,21	188	
ECPP EXUTORIO 5	1.748	3,5%	0,21	367	
ECPP EXUTORIO 6	337	0,7%	0,21	71	
ECPP EXUTORIO 7	303	0,6%	0,21	64	
ECPP EXUTORIO 8	217	0,4%	0,21	45	
ECPP EXUTORIO 9	78	0,2%	0,21	16	
ECPP EXUTORIO 10	116	0,2%	0,21	24	
ÁREA DESTINADA A VEÍCULOS	5.277	10,7%	0,21	1.108	2,2%
ÁREA GRAMADA	33.319	67,6%	0,21	6.997	14,2%

Fonte: Autora (2015)

Tabela 10 - Características da Microbacia experimental situação desfavorável

CARACTERÍSTICAS DA MICROBACIA EXPERIMENTAL	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA DA MICROBACIA	49.269	100,0%		21.894	44,4%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUIDAS DESCONECTADAS	5.101	10,4%	0,9	4.591	9,3%
ECPP EXUTORIO 1	256	0,5%	0,95	243	10,7%
ECPP EXUTORIO 2	976	2,0%	0,95	927	
ECPP EXUTORIO 3	644	1,3%	0,95	612	
ECPP EXUTORIO 4	897	1,8%	0,95	852	
ECPP EXUTORIO 5	1.748	3,5%	0,95	1.661	
ECPP EXUTORIO 6	337	0,7%	0,95	320	
ECPP EXUTORIO 7	303	0,6%	0,95	288	
ECPP EXUTORIO 8	217	0,4%	0,95	206	
ECPP EXUTORIO 9	78	0,2%	0,95	74	
ECPP EXUTORIO 10	116	0,2%	0,95	110	
ÁREA DESTINADA A VEÍCULOS	5.277	10,7%	0,95	5.013	10,2%
ÁREA GRAMADA	33.319	67,6%	0,21	6.997	14,2%

Fonte: Autora (2015)

### 4.3. Área de Estudo 2: ECPP Calçadão

São José do Rio Preto está localizada no noroeste do Estado de São Paulo (Figura 31), segundo o Censo 2010 possui 408.258 habitantes, e uma área 431,96km<sup>2</sup>. A taxa de densidade demográfica é de 946,53 habitantes/km<sup>2</sup>, sendo que na área urbana esta densidade é de 3.211,17hab/km<sup>2</sup>, pois a área urbana do município é de 120,54km<sup>2</sup>. A pesquisa do IBGE (Censo 2010) estima que em 2014 a população tenha alcançado 438.354 habitantes.

Figura 31 - Localização de São José do Rio Preto em relação ao Estado de São Paulo e ao Brasil

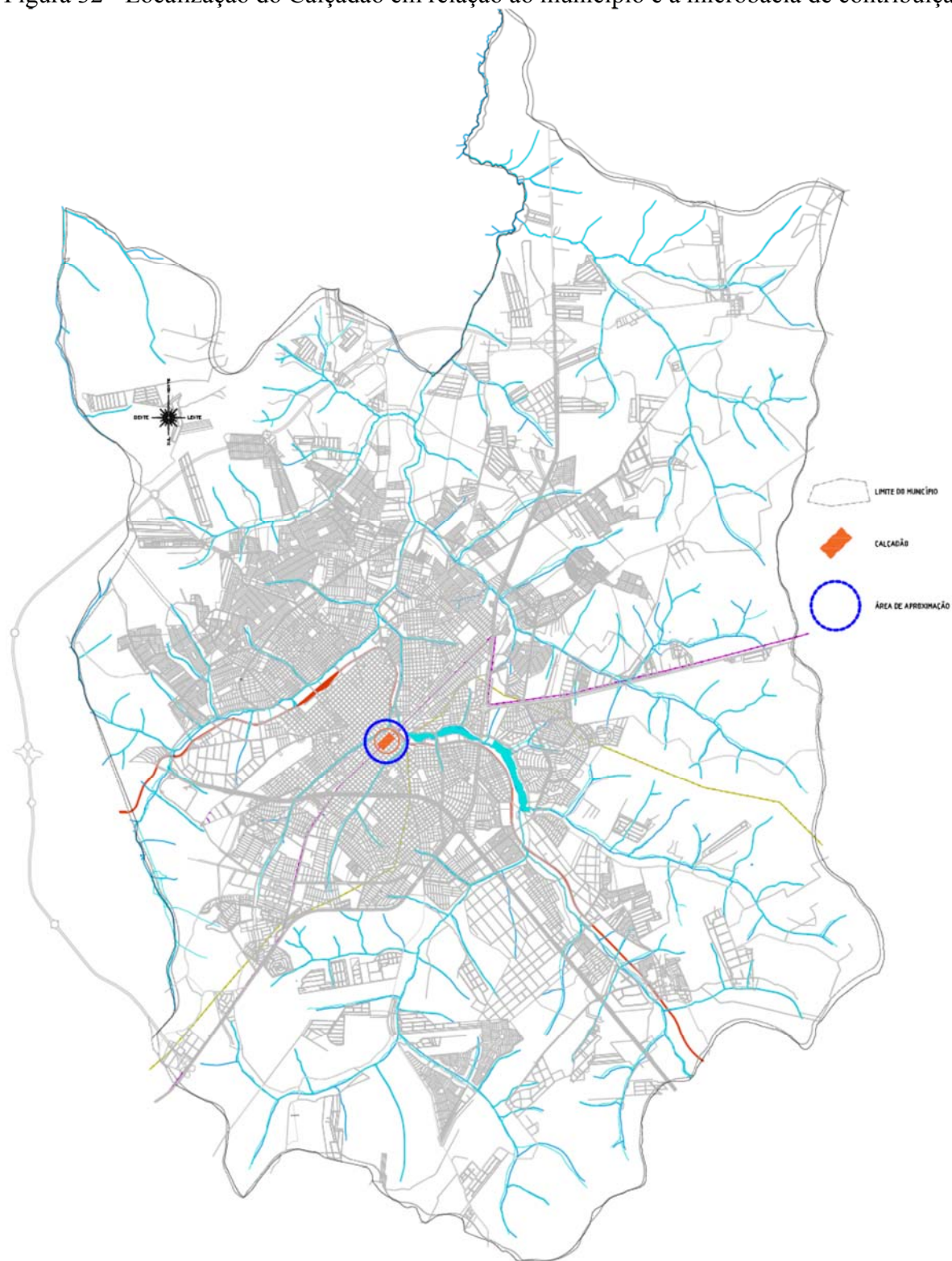


Fonte: Rio Preto Classificados (Acesso em 2015)

A alta impermeabilização do solo decorrente do processo de urbanização de São José do Rio Preto contribui de maneira significativa para a ocorrência de enchentes e inundações nas principais avenidas da cidade, construídas sobre rios que foram canalizados no passado.

O ECPP escolhido para este estudo, popularmente conhecido como Calçadão, localizado em relação ao município na Figura 32, apresenta uma área total de 67.646m<sup>2</sup>, considerando somente as áreas destinadas aos ECPP e pequenos espaços gramados o total é de 30.738m<sup>2</sup>, a área destinada as quadras com edificações é de 36.908m<sup>2</sup>.

Figura 32 - Localização do Calçadão em relação ao município e a microbacia de contribuição



Fonte: Autora (2015)

#### 4.3.1. Caracterização da área de estudo 2 – ECPP Calçadão

O local pode ser um grande contribuinte para os eventos de enchentes na Avenida Bady Bassit e na região da Rodoviária Municipal, pois está localizado em uma área alta entre duas principais avenidas da cidade que cobrem dois importantes córregos do município que foram canalizados. Próximos ao local foram mapeados cerca de 5 pontos de inundação, como pode ser visto na Figura 33.

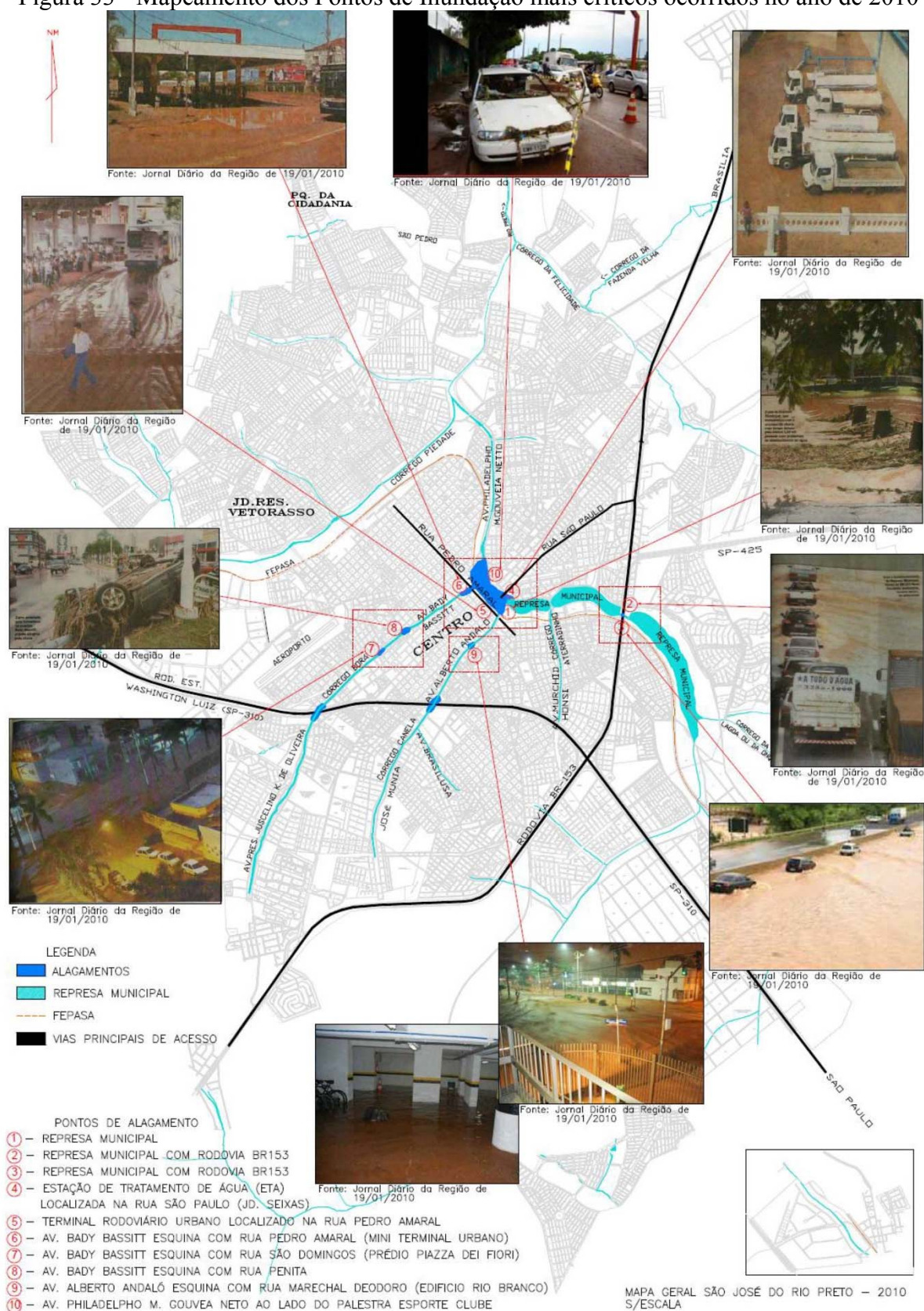
Segundo José Carlos de Lima Bueno (Apud Pateis, 2007), autor do projeto original do Calçadão, as obras do espaço foram concluídas em 1980, foi o resultado de um projeto que visava tornar a área central mais moderna e dinâmica, que nasceu da ideia da valorização do pedestre e do transporte coletivo. Porém o que de fato ocorreu foi a desvalorização dos imóveis residenciais na região, afastando as pessoas da área central em horários fora do funcionamento do comércio. Em 2011, o ECPP de estudo passou por uma revitalização projetada pelo Arquiteto Marcelo de Camargo Pala, projetada a mais de 15 anos, porém apenas três ruas do quadrilátero foram reformadas. Anteriormente todo o Calçadão era pavimentado com pedras portuguesas, após a revitalização estas três ruas foram pavimentadas com piso intertravado e concreto convencional.

O novo desenho das calçadas não contemplou espaços para faixas gramadas e plantio de árvores em sua maior parte, ou então a utilização de valas de infiltração ou jardins de chuva para infiltrar a água que escoaria dos passeios. O sistema de drenagem empregado no local é o convencional, conectado diretamente no sistema subterrâneo de escoamento de águas pluviais. Este desenho pode ser observado nas imagens levantadas em 18/06/2015 (Anexo D). Isso significa que grande parte deste espaço está impermeabilizado, e que além de contribuir para a ocorrência de inundações e enchentes na microbacia ao qual o espaço pertence também contribui para a formação de ilhas de calor. Se o espaço estivesse pavimentado com pavimentos permeáveis, este efeito poderia ser amenizado, pois segundo Wang et al. (2010), os pavimentos permeáveis são os mais seguros para o caminhar dos pedestres e ainda aumentam as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera diminuindo a temperatura ambiente.

O Anexo D, apresenta o levantamento fotográfico do espaço, que permite determinar os pisos utilizados e aproximar a área de cada tipo. Há no ECPP calçadão duas grandes praças, a Praça Rui Barbosa (Anexo E) e Dom José Marcondes (Anexo F), que embora tenham árvores com grandes copas, possuem áreas muito impermeabilizadas com pequenos canteiros de áreas permeáveis.



Figura 33 - Mapeamento dos Pontos de Inundação mais críticos ocorridos no ano de 2010



Fonte: Parra et al. (2011)

Após o levantamento fotográfico, a caracterização do espaço foi realizada, observando os aspectos de físicos e de manutenção dos ECPP. Esta caracterização é detalhada no Quadro 3, as praças foram separadas do restante do ECPP para efeito de comparação.

Quadro 3 - Tabela síntese de descrição do ECPP Calçada

<b>Descrição dos ECPP Calçada</b>	
<b>LOCAL</b>	<b>A</b> Pedra portuguesa
	<b>B</b> Piso intertravado e concreto convencional, bons aspectos de manutenção
	<b>C</b> Piso intertravado, bons aspectos de manutenção
	<b>D</b> Concreto convencional, semicoberto por uma marquise
	<b>E</b> Concreto convencional, semicoberto por uma marquise
	<b>F</b> Intertravado e concreto convencional, semicoberto por uma marquise
	<b>G</b> Concreto convencional e piso intertravado
	<b>H</b> Concreto convencional e pedra portuguesa
	<b>I</b> Pedra portuguesa
	<b>J</b> Pedra portuguesa, empoçamento de água próximo as grelhas de captação de água de chuva
	<b>L</b> Pedra portuguesa, espaço em manutenção
	<b>M</b> Concreto convencional
	<b>N</b> Piso intertravado
	<b>O</b> Intertravado e concreto convencional, semicoberto por uma marquise
<b>P</b> Pedra portuguesa	
<b>Descrição dos ECPP Calçada Praça Rui Barbosa</b>	
<b>LOCAL</b>	<b>A</b> Pavimentação com pedra portuguesa presença de desnível
	<b>B</b> Concreto convencional
	<b>C</b> Pavimentação com pedra portuguesa e paralelepípedo
	<b>D</b> Pavimentação com pedra portuguesa
	<b>E</b> Pavimentação com pedra portuguesa
	<b>F</b> Concreto convencional e paralelepípedo
	<b>G</b> Concreto convencional
	<b>H</b> Concreto convencional e paralelepípedo
	Obs. Presença de folhas que caem das árvores e fezes de pombos
<b>Descrição dos ECPP Calçada Praça Dom José Marcondes</b>	
<b>LOCAL</b>	<b>A</b> Piso intertravado
	<b>B</b> Piso intertravado
	<b>C</b> Piso intertravado
	<b>D</b> Piso intertravado
	<b>E</b> Piso intertravado e concreto convencional
	<b>F</b> Piso intertravado
Obs. Os espaços apresentam boa manutenção, exceto varrição das folhas das árvores	



Os projetos encontrados na Prefeitura Municipal, são apenas da Revitalização ocorrida em 2011 (Anexo G), e foram utilizados para a avaliação do comportamento do ECPP. Porém no levantamento fotográfico foi observado que as obras não foram executadas de maneira idêntica ao projeto, visto que em informação oral, obtida na Prefeitura, muitos detalhes técnicos foram resolvidos no local, pois não foram previstos, como a drenagem por exemplo.

Uma questão que deve ser observada no local é que não foi atendida a Legislação Municipal 10.822 de 17 de novembro de 2010(SÃO JOSÉ DO RIO PRETO,2010), referente ao Programa de Recuperação e Preservação da Permeabilidade do solo, através da implantação das “Calçadas Verdes” (Anexo H).

A lei se refere a implantação de uma faixa gramada de 0,60m de largura em toda a extensão das calçadas de no mínimo 2,00m, restando para o passeio de pedestres o mínimo de 1,20m. O objetivo desta lei é auxiliar na redução dos riscos de enchentes através da diminuição do escoamento superficial das águas de chuvas, do escoamento de sedimentos para rede drenagem, rios e lençol freático, bem como a diminuição das ilhas de calor. Esta lei deveria estar sendo aplicada desde a sua publicação no ano de 2010, e vale para áreas particulares e públicas.

Segundo reportagem do Jornal Diário da Região (26/05/2011) as obras de revitalização do ECPP calçadão começaram em 24 de maio de 2011, isso significa que foi após a publicação da Lei em questão. Em vista da época em que o projeto foi elaborado há mais de 15 anos, os responsáveis pela execução da obra, poderiam ter adequado o projeto da mesma forma que adequaram a execução para que fosse atendida a legislação e as necessidades atuais da cidade.

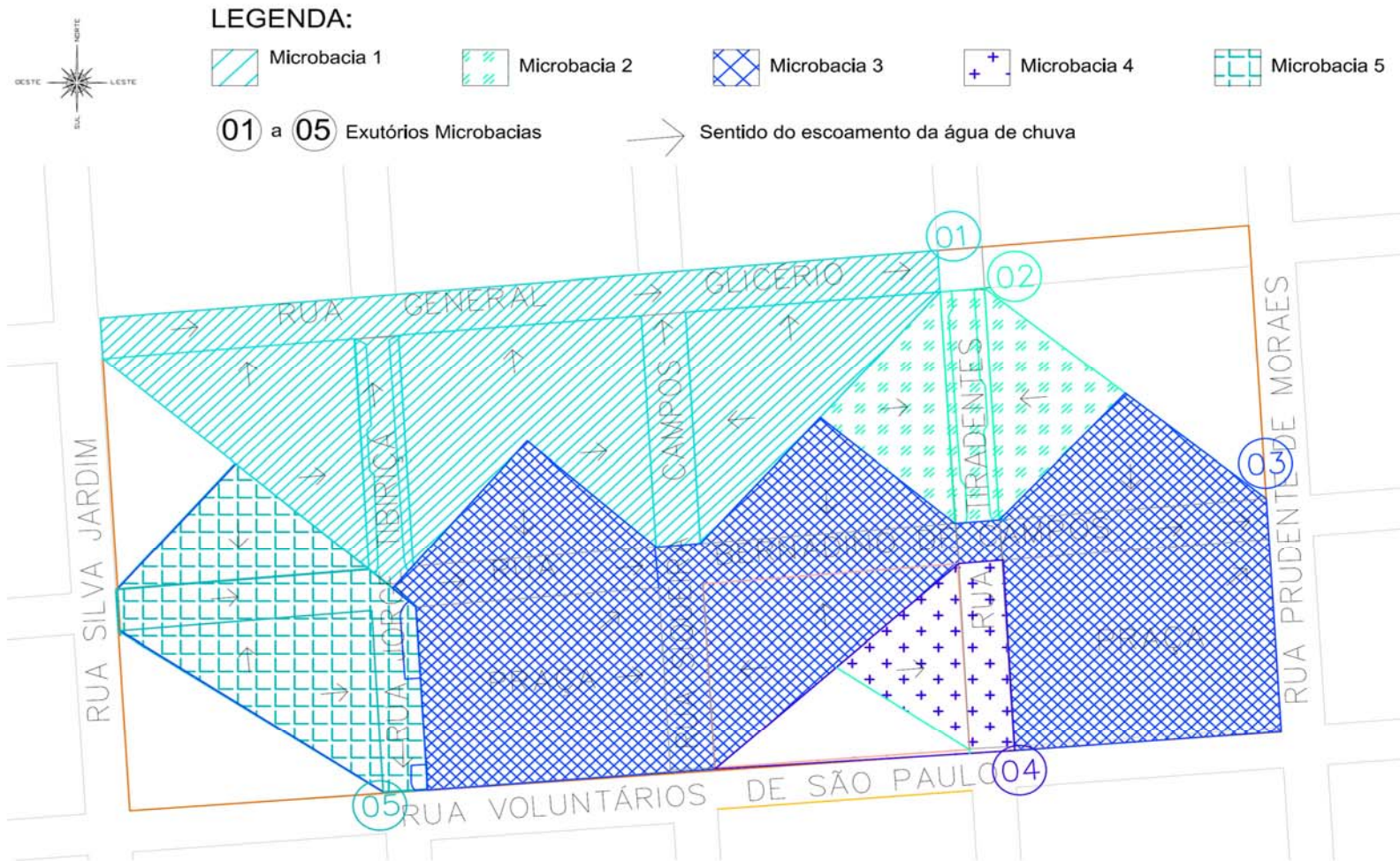
#### 4.3.2. Avaliação do comportamento hidrológico do ECPP Calçadão

Podemos verificar pelo levantamento fotográfico que as poucas áreas permeáveis existentes no espaço são exclusivas e de dimensão mínima para as árvores plantadas, ou alguns jardins um pouco elevados do nível do solo, ou com pequenas guias laterais que impedem que a água escoada pelos ECPP ao redor infiltre nestas pequenas áreas verdes.

As praças Rui Barbosa e Dom José Marcondes, existentes no Calçadão também foram consideradas para o cálculo de contribuição para o escoamento superficial. Através das plantas fornecidas pela Secretaria de Municipal de Planejamento Estratégico, Ciência, Tecnologia e Inovação foi possível contabilizar as áreas impermeabilizadas e também os jardins.

Para melhor entendimento do espaço e da sua contribuição para o escoamento superficial, o ECPP foi dividido em cinco microbacias, de acordo com os seus exutórios. A Figura 34 ilustra esta divisão mostrando o sentido do escoamento das águas.

Figura 34 - Divisão por microbacias ECPP calçada



Fonte: Autora (2015)

A partir desta divisão em microbacias, a mesma metodologia aplicada no ECPP UFSCar foi utilizada nos cálculos deste ECPP. Três cenários mostram em tabelas, os resultados da situação real, favorável e desfavorável, que no caso ao invés de se utilizar de gramados para o escoamento e infiltração de água de chuva, foi utilizado o piso drenante poroso, considerado entre todos os pavimentos o com maior potencial de infiltração.

A escolha da troca de pavimentação ao invés da proposta de um novo desenho urbano para a cidade, se justifica pela necessidade de se manter grandes espaços de circulação para os pedestres, com garantia de boa acessibilidade.

Os cenários são apresentados separados por cada microbacia existente no ECPP. A microbacia 1 tem área de 23.241m<sup>2</sup>, a Tabela 11 mostra o cenário real da microbacia 1. Neste cenário há três tipos de ECPP, de concreto comum, piso intertravado e pedra portuguesa. Juntos estes ECPPs correspondem a 22,1% do escoamento superficial, e uma área total de contribuição para o escoamento superficial de 18.809m<sup>2</sup>. No cenário favorável (Tabela 12), após a troca de todo o ECPP pelo piso drenante poroso, este valor cai para 13.570m<sup>2</sup> de contribuição, sendo o ECPP responsável somente por 0,2%. Na Tabela 13 o cenário desfavorável, troca todos os ECPPs e áreas verdes por pisos de concreto convencional, que possui o maior coeficiente de escoamento superficial, com esta mudança a área de contribuição sobre para 21.328m<sup>2</sup>, e o ECPP passa a contribuir em 33,6%.

Tabela 11 - Cenário real microbacia 1 ECPP Calçada

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coeficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 1	23.241	100,0%		18.809	80,9%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	15.032	64,7%	0,9	13.529	58,2%
ECPP CONCRETO COMUM	133	0,6%	0,95	126	22,1%
ECPP PISO INTERTRAVADO	1.440	6,2%	0,78	1.123	
ECPP PEDRA PORTUGUESA	6.466	27,8%	0,6	3.879	
ÁREA GRAMADA	15	0,1%	0,21	3	0,0%
MARQUISES SOBRE ECPP DE CONCRETO	156	1%	0,95	148	1%

Fonte: Autora(2015)

Tabela 12 - Cenário favorável microbacia 1

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 1	23.241	100,0%		13.570	58,4%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	15.032	64,7%	0,9	13.529	58,2%
ECPP CONCRETO POROSO	8.209	35,3%	0,005	41	0,2%

Fonte: Autora (2015)

Tabela 13 - Cenário desfavorável microbacia 1

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 1	23.241	100,0%		21.328	91,8%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	15.032	64,7%	0,9	13.529	58,2%
ECPP CONCRETO CONVENCIONAL	8.209	35,3%	0,95	7.799	33,6%

Fonte: Autora (2015)

A microbacia 2 tem área igual a 6.040m<sup>2</sup>, na Tabela 14, referente ao cenário real, a área de contribuição para o escoamento superficial total é de 5.357m<sup>2</sup>, 11,9% dessa área é proveniente dos ECPPs. O cenário favorável (Tabela 15) mostra que esse valor poderia ser reduzido para 4.065m<sup>2</sup> de área de contribuição total, ficando o ECPP responsável por apenas 0,1% desta contribuição. Já na Tabela 16, o cenário desfavorável equivale a uma contribuição para o escoamento superficial de 5.513m<sup>2</sup>, e o ECPP passa a contribuir em 24,1%.

Tabela 14 - Cenário real microbacia 2

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 2	6.040	100,0%		5.357	88,7%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	4.508	74,6%	0,9	4.058	67,2%
ECPP INTERTRAVADO	920	15,2%	0,78	717	11,9%
MARQUISES SOBRE CALÇAMENTO DE CONCRETO	612	10%	0,95	581	10%

Fonte: Autora (2015)

Tabela 15 - Cenário favorável microbacia 2

CARACTERÍSTICAS DA BACIA EXPERIMENTAL	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA TOTAL DA MICRO BACIA 2	6.040	100,0%		4.065	67,3%
TOTAL ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	4.508	74,6%	0,9	4.058	67,2%
PISO CONCRETO POROSO	1.532	25,4%	0,005	8	0,1%

Fonte: Autora (2015)

Tabela 16 - Cenário desfavorável microbacia 2

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 2	6.040	100,0%		5.513	91,3%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	4.508	74,6%	0,9	4.058	67,2%
ECPP CONCRETO CONVENCIONAL	1.532	25,4%	0,95	1.455	24,1%

Fonte: Autora (2015)

A microbacia 3 é a maior microbacia existente no ECPP Calçadão sua área corresponde a 35.711m<sup>2</sup>, e abrange as praças Rui Barbosa e Dom José Marcondes, os tipos de ECPPs existentes são: piso intertravado, pedra portuguesa, paralelepípedo e concreto convencional. A área de contribuição para o escoamento superficial no cenário real apresentado na Tabela 17, é de 25.637m<sup>2</sup>, desta área 43,1% é proveniente dos ECPP.

Tabela 17 - Cenário real microbacia 3

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 3	35.711	100%		25.637	71,8%
TOTAL ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	10.055	28%	0,9	9.050	25,3%
PISO INTERTRAVADO	6.058	17%	0,8	4.725	43,1%
PEDRA PORTUGUESA	15.413	43%	0,6	9.248	
PARALELEPIPEDO	94,16	0%	0,8	75	
PISO CONCRETO CONVENCIONAL	1.398,71	4%	1,0	1.329	
TOTAL ÁREA GRAMADA	1.853	5%	0,2	389	1,1%
ESPELHO D'ÁGUA	471	1%	1,0	471	1,3%
MARQUISES SOBRE CALÇAMENTO DE CONCRETO	368	1%	1,0	350	1%

Fonte: Autora (2015)

As Tabelas 18 e 19, mostram respectivamente os cenários ideal e desfavorável. No cenário favorável a área de contribuição é de 9.165m<sup>2</sup>, correspondendo ao ECPP 0,3% desta contribuição, enquanto no cenário desfavorável a área de contribuição é de 30.865m<sup>2</sup>, sendo 61,1% proveniente dos ECPPs.

Tabela 18 - Cenário favorável microbacia 3

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 3	35.711	100,0%		11.588	32,4%
TOTAL ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	10.055	28,2%	0,9	11.473	32,1%
PISO CONCRETO POROSO	22.963	64,3%	0,005	115	0,3%

Fonte: Autora (2015)

Tabela 19 - Cenário desfavorável microbacia 3

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 3	35.711	100,0%		33.288	93,2%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	10.055	28,2%	0,9	11.473	32,1%
PISO CONCRETO CONVENCIONAL	22.963	64,3%	0,95	21.815	61,1%

Fonte: Autora (2015)

As Tabelas 20, 21 e 22 são referentes a microbacia 4, que tem uma área de 2.970m<sup>2</sup>. O cenário real desta bacia (Tabela 20), mostra que a sua área de contribuição para o escoamento superficial é de 2.614m<sup>2</sup>, há ECPP de piso intertravado e de concreto convencional, juntos correspondem a 34,6% da contribuição. No cenário favorável (Tabela 21), a área de contribuição se reduz em aproximadamente 1000m<sup>2</sup>, sendo os ECPPs responsáveis apenas por 0,2% da contribuição, já em um cenário desfavorável (Tabela 22) a área de contribuição para o escoamento superficial sobe para 2.733m<sup>2</sup>, sendo 38,6% provenientes dos ECPPs.

Tabela 20 - Cenário real microbacia 4

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 4	2.970	100,0%		2.614	88,0%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	1.762	59,3%	0,9	1.586	53,4%
ECPP INTERTRAVADO	703	23,7%	0,78	549	34,6%
ECPP CONCRETO CONVENCIONAL	505	17%	0,95	479	

Fonte: Autora (2015)

Tabela 21 - Cenário favorável microbacia 4

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 4	2.970	100,0%		1.592	53,6%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	1.762	59,3%	0,9	1.586	53,4%
ECPP CONCRETO POROSO	1.208	40,7%	0,005	6	0,2%

Fonte: Autora (2015)

Tabela 22 – Cenário desfavorável microbacia 4

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 4	2.970	100,0%		2.733	92,0%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	1.762	59,3%	0,9	1.586	53,4%
ECPP CONCRETO CONVENCIONAL	1.208	40,7%	0,95	1.148	38,6%

Fonte: Autora (2015)

A microbacia 5 de área 8.497m<sup>2</sup> (Tabela 23) tem dois tipos de ECPPs, piso intertravado e concreto convencional. A área total de contribuição é de 7.527m<sup>2</sup>, os ECPP são responsáveis por 17% deste escoamento superficial. No cenário favorável (Tabela 24) a área de contribuição cai para 5.010m<sup>2</sup>, sendo contribuição dos ECPPs somente 0,2%, e em um cenário desfavorável (Tabela 25) a contribuição sobe para 7.795m<sup>2</sup>, sendo 32,9% de contribuição dos ECPPs.

Tabela 23 - Cenário real microbacia 5

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 5	8.497	100,0%		7.527	88,6%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	5.550	65,3%	0,9	4.995	58,8%
ECPP INTERTRAVADO	1.578	18,6%	0,78	1.231	17,0%
ECPP CONCRETO CONVENCIONAL	228	2,7%	0,95	217	
MARQUISES SOBRE CALÇAMENTO DE CONCRETO	1.142	13%	0,95	1.085	13%

Fonte: Autora (2015)

Tabela 24 - Cenário favorável microbacia 5

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 5	8.497	100,0%		5.010	59,0%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	5.550	65,3%	0,9	4.995	58,8%
ECPP CONCRETO POROSO	2.947	34,7%	0,005	15	0,2%

Fonte: Autora (2015)

Tabela 25 - Cenário desfavorável microbacia 5

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA MICRO BACIA 5	8.497	100,0%		7.795	91,7%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	5.550	65,3%	0,9	4.995	58,8%
ECPP CONCRETO CONVENCIONAL	2.947	34,7%	0,95	2.800	32,9%

Fonte: Autora (2015)

#### 4.4. Área de Estudo 3 – ECPP Bairro

O ECPP escolhido como área de estudo 3 situa-se no bairro Jardim Indianapolis, em São José do Rio Preto. A escolha de uma bairro como terceiro objeto de estudo, que deve seguir a legislação de parcelamento e uso e ocupação do solo municipal, se justifica com o objetivo



de comparar os resultados encontrados no ECPP UFSCar, que é uma área atípica e onde não se aplica uma legislação municipal relativa ao tema, bem como os resultados encontrados no ECPP Calçadão, área altamente impermeabilizada e somente destinada ao deslocamento de pedestres.

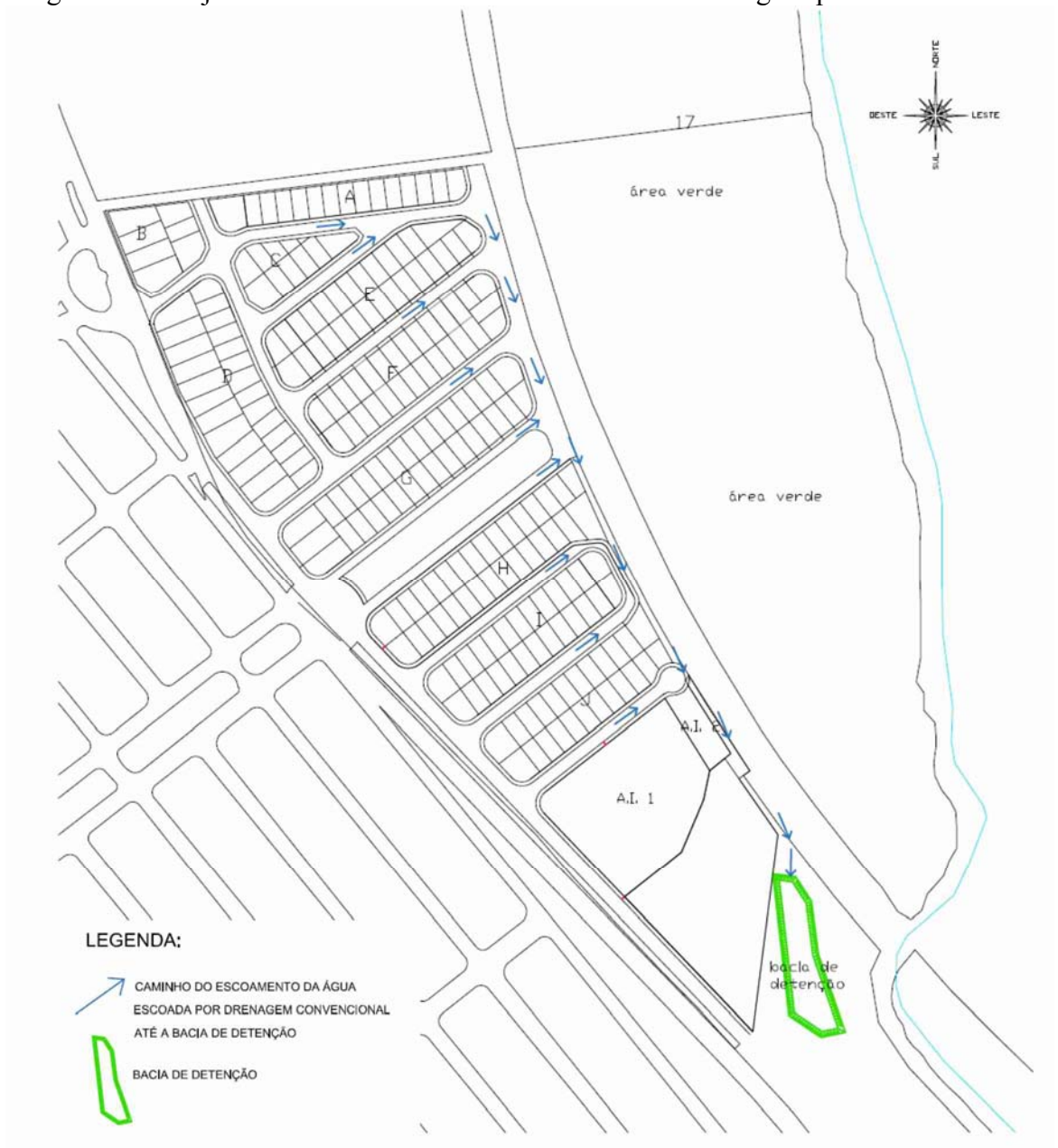
A escolha deste bairro, aconteceu a partir da seleção de loteamentos abertos, que tivessem sido implantados após a Legislação Municipal 10.822/2010 de 17 de novembro de 2010, que dispõe sobre o Programa de Recuperação e Preservação da Permeabilidade do Solo, além do embelezamento do espaço no município de São José do Rio Preto, com a implantação das “Calçadas Verdes” (Anexo H), e a Lei Municipal 10.290 de 24 de dezembro de 2008, que cria no município o Programa de Gestão das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e da outras providências. (Anexo I). Esta lei determina que todas as edificações a serem construídas com área maior que 100m<sup>2</sup> devem possuir dispositivo de retenção ou detenção de águas pluviais, e todo novo empreendimento que importe em parcelamento do solo urbano ou incorporação imobiliária deverá prever na sua implantação o limite de vazão máxima específica. Sendo que toda construção a ser construída em um novo empreendimento que atenda a esta lei está desobrigado de construir o dispositivo individual de retenção ou detenção de águas pluviais.

O alvará de construção do loteamento é datado do ano de 2008, e já atende a legislação 10.290/2008, a autorização para a construção de edificações ocorreu em 2010, portanto grande parte das construções existentes no local são obrigadas a atender a Lei 10.822/2010. Esta lei determina que todas as calçadas tenham no mínimo 2,00m de largura, a faixa permeável deve distar 0,10m do meio fio e ter 0,60m de largura, e a faixa para pedestres no mínimo 1,20m de largura. Nessas faixas permeáveis somente podem ser plantadas gramas e árvores, sendo que estas devem mantidas com poda e manutenção necessárias, e não devem ser plantadas árvores cujas raízes prejudiquem as calçadas e os elementos de drenagem.

#### 4.4.1. Caracterização da área de estudo 3 – ECPP Bairro

O projeto do bairro foi fornecido pela Secretaria Municipal de Obras, neste projeto está implantada a bacia de detenção de águas de chuva, a topografia do local, e a divisão dos lotes. Para melhor visualização e contextualização do espaço, o projeto fornecido pela Secretaria (Anexo J) foi adaptado, evidenciando o caminho das águas pluviais para a rede de drenagem e em seguida para a bacia de detenção/retenção (Figura 35).

Figura 35 – Projeto do ECPP – Bairro indicando caminho das águas pluviais



Fonte: Adaptado de Secretaria Municipal de Obras (2015)

Foi realizado um levantamento fotográfico no local, para verificar as condições dos ECPPs existentes, os tipos de pisos, e quais deles atendiam a Lei 10.822/2010 (Anexo K), e a caracterização dos espaços de A à Q apresentada no Quadro 4.

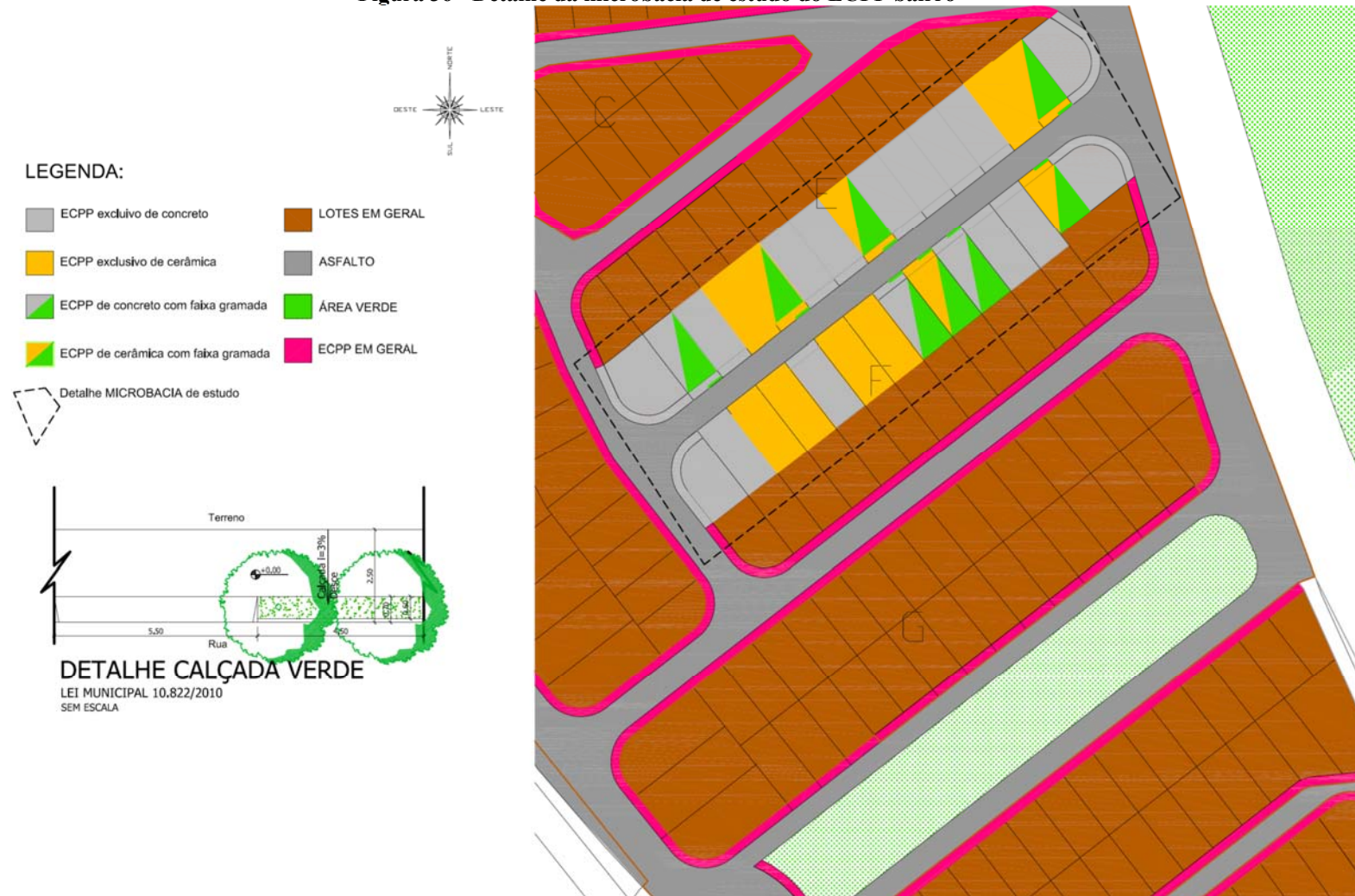
Quadro 4 – Quadro síntese descrição do ECPP Bairro

<b>Descrição ECPP Bairro</b>	
<b>LOCAL</b>	<b>A</b> Presença de calçamento de concreto convencional com faixa gramada, na imagem apresentada a calçada está em bom aspecto porém serve também para estacionamento de um caminhão.
	<b>B</b> Presença de calçamento de concreto convencional.
	<b>C</b> Presença de calçamento de concreto convencional, manutenção inadequada devido ao crescimento de vegetação entre rachaduras do pavimento, bem como o bloqueio do passeio por meio de materiais de construção.
	<b>D</b> Presença de calçamento de concreto convencional com faixa gramada, espaço bem arborizado, grama bem aparada, com um bom aspecto de manutenção.
	<b>E</b> Presença de calçamento de concreto convencional e de cerâmica com e sem faixa gramada.
	<b>F</b> Presença de calçamento de concreto convencional com faixa gramada.
	<b>G</b> Presença de calçamento de concreto convencional e cerâmica.
	<b>H</b> Espaço sem calçamento para pedestres, lixo acumulado na sarjeta, vegetação alta.
	<b>I</b> Presença de calçamento convencional, canteiro central da via sem calçada para pedestres, alguns locais a manutenção é realizada pelos moradores.
	<b>J</b> Espaço não edificado com vegetação alta, cercado, e sem pavimentação.
	<b>L</b> Presença de calçamento de concreto convencional com faixa gramada em algumas residências, locais desnivelados.
	<b>M</b> Presença de calçamento de concreto convencional com faixa gramada, área de contorno de quadra com continuação da calçada feita com britas pelos próprios moradores
	<b>N</b> Presença de calçamento de concreto convencional e de cerâmica com e sem faixa gramada.
	<b>O</b> Presença de calçamento em cerâmica, ao invés da utilização da faixa gramada, os moradores executaram um jardim.
	<b>P</b> Presença de calçamento de concreto convencional com faixa gramada.
<b>Q</b> Presença de calçamento de concreto convencional e de cerâmica com e sem faixa gramada.	

Fonte: Autora (2015)

Após este levantamento fotográfico, foram escolhidos os quarteirões que mais estavam adequados a Lei, e assim traçada uma microbacia de estudo (Figura 36).

Figura 36 - Detalhe da microbacia de estudo do ECPP bairro



Fonte: Autora (2015)

#### 4.4.2. Avaliação do comportamento hidrológico do ECPP Bairro

A microbacia de estudo foi submetida, assim como os outros ECPPs de estudo, a três cenários apresentados em tabelas, cenário real (Tabela 26), cenário favorável (Tabela 27) e cenário desfavorável (Tabela 28). No caso do ECPP Bairro, o cenário favorável aplica o concreto convencional em todas as calçadas, porém escoando a água de chuva proveniente dele para as faixas gramadas consideradas existentes em todos os ECPPs, e as faixas gramadas por sua vez absorvendo esta água de chuva. E no cenário desfavorável são considerados todos os ECPPs de concreto convencional, porém com escoamento da água de chuva diretamente conectado à rede de drenagem convencional.

Tabela 26 - Cenário real microbacia ECPP Bairro

CARACTERÍSTICAS ECPP BAIRO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
Área Microbacia	8.721,74	100,0%		7.348	84,2%
Lotes Densamente ocupados	3.475,29	39,8%	0,95	3.302	37,9%
Lotes não ocupados	2.309,87	26,5%	0,60	1.386	15,9%
Áreas Verdes dentro do Lote	135,42	1,6%	0,21	28	0,3%
Área Asfaltada	1936	22,2%	0,95	1.839	21,1%
Área ECPP Cerâmica	261,5	3%	0,90	235,35	3%
Área ECPP Concreto	582,06	7%	0,95	552,957	6%
Faixa Gramada	21,6	0%	0,21	4,536	0%

Fonte: Autora (2015)

A Tabela 26 mostra os resultados do cenário real da microbacia do ECPP Bairro, a microbacia de área de 8.721,74m<sup>2</sup>, tem uma área de contribuição para o escoamento superficial de 7.348m<sup>2</sup>, sendo proveniente cerca de 9% dos ECPPs cerâmica e concreto.

O cenário favorável indicado na Tabela 27, contribui com 4.752m<sup>2</sup> para o escoamento superficial, desta área somente 2% é de contribuição dos ECPPs.

Tabela 27 - Cenário favorável microbacia ECPP bairro

CARACTERÍSTICAS ECPP BAIRRO	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
Área Microbacia	8.721,74	100,0%		4.752	54,5%
Lotes Ocupados	5.032,49	57,7%	0,50	2.516	28,9%
Áreas Verdes dentro do Lote	888,08	10,2%	0,21	186	2,1%
Área Asfaltada	1936	22,2%	0,95	1.839	21,1%
Área ECPP	865,16	10%	0,21	181,6836	2%
Total Faixa Gramada	133,36	2%	0,21	28,0056	0%

Fonte: Autora (2015)

A Tabela 28 mostra os resultados da aplicação de um cenário desfavorável. Neste cenário a área de contribuição para o escoamento superficial é de 8.412m<sup>2</sup>, e desta área 11% é proveniente dos ECPP.

Tabela 28 - Cenário desfavorável microbacia ECPP bairro

CARACTERÍSTICAS DA BACIA EXPERIMENTAL	m <sup>2</sup>	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
Área Microbacia	8.721,74	100,0%		8.412	96,5%
Lotes Ocupados	5.920,58	67,9%	0,95	5.625	64,5%
Área Asfaltada	1.936	22,2%	0,95	1.839	21,1%
Área ECPP	998,52	11%	0,95	948,594	11%

Fonte: Autora (2015)

#### 4.5. Síntese da avaliação do comportamento hidrológico dos ECPPs

Após os cálculos dos escoamentos superficiais e suas contribuições para os três ECPPs foram elaboradas Tabelas sínteses somando todos os exutórios e microbacias, objetivando simplificar a análise dos resultados nos objetos de estudo.

Nesta Tabela 29 referente a síntese do ECPP UFSCar, é observado que o cenário real em comparação a área de contribuição em m<sup>2</sup> do escoamento superficial, está pouco acima do que seria o cenário ideal, em relação ao cenário desfavorável, este está contribuindo 20% a menos com o escoamento superficial.

Mas para o estudo de caso da microbacia experimental do campus o cenário ideal seria uma solução facilmente de ser implantada, devido à grande área gramada ao redor dos ECPPs, sem a necessidade de alteração dos tipos de pavimentações.

Tabela 29- Síntese dos cenários do ECPP UFSCar

CARACTERÍSTICAS DA MICROBACIA EXPERIMENTAL	m <sup>2</sup>	%	Cenário Real		Cenário Favorável		Cenário Desfavorável	
			Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA DA MICROBACIA	49.268	100%	11.999	24%	10.346	21%	21.894	44%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS DESCONECTADAS	5.101	10%	1.071	2%	1.071	2%	4.591	9%
ÁREA ECPP	5.572	11%	2.822	6%	1.169	2%	5.293	11%
TOTAL ÁREA DESTINADA A VEÍCULOS	5.277	11%	1.108	2%	1.108	2%	5.013	10%
TOTAL ÁREA GRAMADA	33.319	68%	6.997	14%	6.997	14%	6.997	14%

Fonte: Autora (2015)

A Tabela 30, se refere a síntese dos cenários do ECPP Calçada, nela estão inseridos as 5 microbacias e seus 3 cenários. A utilização do piso drenante em todo o ECPP, possibilitaria que este contribuísse com apenas 0,2% do escoamento superficial do cenário ideal, enquanto que no cenário real contribui com 35%, ficando apenas 11% abaixo do cenário desfavorável.

Tabela 30 - Síntese dos cenários do ECPP Calçada

CARACTERÍSTICAS ECPP CALÇADÃO	m <sup>2</sup>	%	Cenário Real		Cenário Favorável		Cenário Desfavorável	
			Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
ÁREA 5 MICROBACIAS	67.646	100%	59.944	78%	33.402	44%	68.234	89%
ÁREA EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS	36.908	55%	33.218	43%	33.218	43,4%	33.218	43%
ÁREA ECPP	30.738	45%	26.725	35%	185	0,2%	35.017	46%

Fonte: Autora (2015)

Na Tabela 31, são apresentados a síntese dos cenários do ECPP Bairro, no cenário real os ECPPs correspondem a cerca de 9% da contribuição para o escoamento superficial, cenário muito próximo ao cenário desfavorável em que o ECPP contribui em 11% para o escoamento superficial, onde os ECPPs são considerados 100% impermeabilizados por concreto

convencional. No cenário favorável, o escoamento da água de chuva direcionado para as faixas gramadas, considerando que todas as edificações atendem a este critério, os ECPPs contribuem apenas em 2% para o escoamento superficial.

Tabela 31 - Síntese dos cenários do ECPP Bairro

CARACTERÍSTICAS DO ECPP BAIRRO	m <sup>2</sup>	%	Cenário Real		Cenário Favorável		Cenário Desfavorável	
			Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m <sup>2</sup> )	Escoamento Superficial
Área de Estudo	8.722	100%	7.348	84%	4.752	54%	8.412	96%
Área de Lotes ocupados	3.475	40%	3.302	38%	2.516	29%	5.625	64%
Área Lotes não ocupados	2.310	26%	1.386	16%	-	-	-	-
Áreas Verdes dentro do Lote	135	2%	28	0%	186	2%	-	-
Área Asfáltada	1.936	22%	1.839	21%	1.839	21%	1.839	21%
Área ECPP	844	10%	788	9%	182	2%	949	11%
Faixa Gramada	22	0%	5	0%	28	0%		

Fonte: Autora(2015)

As Tabelas 29, 30 e 31 sintetizam os resultados encontrados nos cálculos do escoamento superficial nos três cenários propostos: o cenário real, que apresenta os dados referentes a situação em que se encontra o ECPP; o cenário favorável, em que são propostas alternativas de pavimentação ou de direcionamento das águas de chuva para gramados próximos aos pavimentos; e o cenário desfavorável, onde é considerado que todo o espaço é impermeabilizado por concreto convencional.

O cenário real do ECPP UFSCar contribui 24% em relação ao total de contribuição, enquanto que o cenário favorável contribuiria em 21%, e o cenário desfavorável 44%. Enquanto que no ECPP Calçadão, o cenário real contribui 78%, o cenário favorável 44% e o desfavorável 89%. O ECPP Bairro apresenta valores intermediários ao ECPP UFSCar e ao ECPP Calçadão, no cenário real o total de contribuição é de 84%, o cenário favorável 54%, e o cenário ruim 96%.

As formas de urbanização presentes nos três espaços são muito distintas entre si, o ECPP UFSCar não segue as legislações urbanísticas da cidade a qual está implantado, apenas o Plano de Macrozoneamento da Universidade, que não impõe taxas de ocupação.



Já o ECPP Calçadão, implantado na década de 70 na cidade de São José do Rio Preto, segue o princípio de maior qualidade e espaço para o caminhar do pedestre, com suas vias totalmente impermeabilizadas, sem espaços verdes, e de exclusividade para pedestres, por estar no quadrilátero central da cidade, também não segue a legislação de uso e ocupação do solo vigente. O ECPP Bairro, de urbanização recente, já apresenta uma cena mais generalizada das cidades, seu projeto atende as legislações federais e municipais vigentes.

Nos cenários favoráveis, o ECPP UFSCar e o ECPP Bairro, alcançaram índices iguais de contribuição dos ECPPs, isto porque a solução dada para ambos prevê o direcionamento das águas da chuva para os gramados em volta dos ECPPs no caso da UFSCar, e no caso do bairro, para as faixas gramadas, como determina a Lei municipal 10.822.

O cenário favorável do ECPP Calçadão alcançou o índice de 0,2% de escoamento superficial, isso porque foi considerada a troca da pavimentação por pisos drenantes, que possibilitam infiltração quase total da água de chuva, seu índice de infiltração é muito próximo ao do solo gramado como visto na bibliografia.

Porém, no cenário desfavorável os ECPPs do Calçadão contribuiriam em 46% do escoamento superficial, por ser considerado como totalmente impermeabilizado por concreto convencional. O ECPP Bairro contribuiria em apenas 11%, por ser uma área menor destinada aos ECPPs, o mesmo ocorre com o ECPP UFSCar, que por estar em uma área rica em espaços gramados, acabou contribuindo no cenário ruim em apenas 11% de escoamento superficial.

Para os cálculos da contribuição do escoamento superficial nos três ECPPs foram considerados os coeficientes de escoamento determinados pelos trabalhos acadêmicos e pelos catálogos dos fornecedores. MONDANI (2015) trabalhou com ensaios de permeabilidade em 6 locais diferentes dentro do campus da UFSCar que foram executados com pavimentação permeável, para o trabalho ele utilizou a norma ASTM C1701, encontrou resultados muito diferentes em áreas muito próximas, o que sugere irregularidade no material devido ao controle técnico no procedimento de fabricação das placas. Os valores de permeabilidade encontrados por MONDANI(2015) variaram da ordem de 300 a 3.000mm/h em um dos pontos de estudo, enquanto, segundo PARRA e TEIXEIRA (2015), os fabricantes chegaram a valores da ordem de até 23.000 mm/h.

Portanto, a aplicação de pavimentos permeáveis e pisos drenantes deve ser executada com cautela, sempre associada a níveis adequados de infiltração no solo. Em muitos casos, quando houver áreas de infiltração disponíveis (por exemplo, gramados), pode ser mais viável empregar soluções projetuais que utilizam pavimento impermeáveis, mas direcionam o escoamento superficial para tais áreas.

#### 4.6. Comparação simplificada dos custos de implantação dos pisos hidrologicamente funcionais nos ECPP de estudo

A fim de estabelecer parâmetros econômicos de instalação dos pisos hidrologicamente funcionais, foi feita uma cotação com revendedores dos pisos estudados. De dois representantes procurados, apenas um colaborou apresentando orçamento referente a um tipo de piso drenante para as áreas dos ECPPs UFSCar, Calçadão e Bairro. Estes valores referem-se apenas ao custo das peças para instalação.

A Tabela 32, indica o orçamento para o ECPP UFSCar, com três tamanhos diferentes de placas drenantes, todas com 6mm de espessura, exclusiva para o uso de pedestres.

Tabela 32 – Orçamento piso drenante para ECPP UFSCar

ECPP UFSCAR	ÁREA (m <sup>2</sup> )	5.572
	R\$/m <sup>2</sup>	TOTAL EM REAIS
Piso drenante 40x40x6	R\$ 58,00	R\$ 323.176,00
Piso drenante 50x50x6	R\$ 55,00	R\$ 306.460,00
Piso drenante 60x60x6	R\$ 64,00	R\$ 356.608,00

Fonte: Representante (2015)

Na Tabela 33 está o orçamento do ECPP Calçadão, para o qual foram escolhidas somente placas de 6cm de espessura, visto que o espaço é de uso exclusivo de pedestres.

Tabela 33 - Orçamento piso drenante para ECPP Calçadão

ECPP CALÇADÃO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	31.000
	R\$/m <sup>2</sup>	TOTAL EM REAIS
Piso drenante 40x40x6	R\$ 58,00	R\$ 1.798.000,00
Piso drenante 50x50x6	R\$ 55,00	R\$ 1.705.000,00
Piso drenante 60x60x6	R\$ 64,00	R\$ 1.984.000,00

Fonte: Representante (2015)

O mesmo acontece para o ECPP Bairro (Tabela 34), porém neste caso foi considerada apenas o ECPP de uma residência, com área de 25m<sup>2</sup>. As placas utilizadas neste ECPP são de 8cm de espessura, já que em alguns casos terá tráfego leve de veículos.

Tabela 34 - Orçamento piso drenante para ECPP Bairro

ECPP BAIRRO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	25
	R\$/m <sup>2</sup>	TOTAL EM REAIS
Piso drenante 40x40x8	R\$ 72,00	R\$ 1.800,00
Piso drenante 50x50x8	R\$ 69,00	R\$ 1.725,00
Piso drenante 60x60x8	R\$ 83,00	R\$ 2.075,00

Fonte: Representante (2015)

Porém, como visto na bibliografia (MOURA 2004), existem ainda os custos de instalação e também os custos referentes às camadas de geotêxtil e ao reservatório de pedras. Portanto, o custo do piso drenante sairia ainda mais elevado do que os apresentados nas referidas tabelas.

Em consulta a construtores da região de São José do Rio Preto, o orçamento para o custo da construção de ECPP de concreto convencional está em média R\$30,00/m<sup>2</sup>. Já em São Carlos, o custo da construção dos ECPP de concreto convencional obtido foi de R\$25,00/m<sup>2</sup>, em consulta realizada com construtor da região. Os custos totais dos três ECPPs são apresentados nas tabelas 35, 36 e 37.

Tabela 35 – Orçamento concreto convencional ECPP UFSCar

ECPP UFSCAR	ÁREA (m <sup>2</sup> )	5.572
	R\$/m <sup>2</sup>	TOTAL EM REAIS
Piso de concreto convencional	R\$ 25,00	R\$ 139.300,00

Fonte: Comunicação pessoal de construtor em São Carlos (2015)

Tabela 36 - Orçamento piso drenante para ECPP Calçadão

ECPP CALÇADÃO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	31.000
	R\$/m <sup>2</sup>	TOTAL EM REAIS
Piso de concreto convencional	R\$ 30,00	R\$ 930.000,00

Fonte: Comunicação pessoal de construtor em São José do Rio Preto (2015)

Tabela 37 - Orçamento piso drenante para ECPP Bairro

ECPP BAIRRO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	25
	R\$/m <sup>2</sup>	TOTAL EM REAIS
Piso de concreto convencional	R\$ 30,00	R\$ 750,00

Fonte: Comunicação pessoal de construtor em São José do Rio Preto (2015)

Portanto, os dados indicam que o custo dos pavimentos drenantes seria, no mínimo, o dobro do custo dos pavimentos de concreto convencional

Este fato reforça a observação anteriormente feita de que o uso do piso de concreto convencional, aliado a alternativas de direcionamento do escoamento, poderia ser mais vantajoso, inclusive do ponto de vista de custos. Porém, o piso drenante pode ser vantajoso como solução para locais onde não seja possível aliar áreas de infiltração (espaços gramados) com os pisos de concreto impermeável, pois o estudo econômico passaria a incluir os custos do sistema de drenagem convencional.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho permitiu chegar-se a algumas conclusões, apresentadas a seguir em função dos aspectos abordados.

Com relação à avaliação das informações relativas aos pisos drenantes identificados no mercado, observou-se que cada fabricante realiza o teste de permeabilidade de uma maneira, sendo que apenas um deles menciona realizar o teste segundo a ABCP. A Norma Brasileira para pavimentos permeáveis de concreto (NBR 16416), publicada em setembro de 2015, ainda não é totalmente seguida pelos fabricantes, enquanto isso, é possível observar que cada um utiliza a metodologia que mais lhe convém. A partir da ampla divulgação da normatização será possível equiparar os índices de permeabilidade e de instalação com mais precisão. Além das divergências dos métodos, houve uma diversidade de valores de permeabilidade (entre 5000 mm/h e 23000 mm/h). Estes valores também divergiram de dados obtidos em campo em pisos drenantes de ECPPs da UFSCar, que variaram ao redor de 300 a 3000 mm/h. Pode-se atribuir a ocorrência destes valores menores tanto ao próprio tipo de pavimento, ao método de instalação ou a uma colmatação ao longo do tempo.

O assentamento dos pisos permeáveis deve procurar atender aos padrões estabelecidos pelo fabricante, porém deve-se atentar para a compactação do solo e para o confinamento das placas. Se o solo for muito compactado, o piso permeável deixa de exercer sua função, como foi possível observar com os valores encontrados nos trabalhos científicos.

É importante salientar que a manutenção também é fundamental, pois, como observado na caracterização feita no ECPP UFSCar, o piso acaba se degradando e se tornando de difícil acesso quando não há manutenção (observada, por exemplo, pelo crescimento de vegetação).

Com relação aos ECPPs estudados, observou-se que a impermeabilização causada pelos mesmos pode ser equivalente ao das próprias edificações existentes, o que foi bem caracterizado na área da UFSCar, o que não ocorreu nas outras duas áreas estudadas, nas quais as áreas das edificações ou vias para veículos foram maiores. Mesmo assim, a sua contribuição para o escoamento superficial é significativa. Neste sentido, as comparações feitas a partir de diferentes cenários permitiram identificar as reduções de escoamento que poderiam ser obtidas projetando-se os ECPPs de modo hidrológicamente funcional.

Por exemplo, constatou-se que, no ECPP UFSCar, embora haja uma grande área gramada ao redor destes espaços, elas não são utilizadas como áreas para infiltração, pois vários trechos contêm guias laterais que impedem o acesso do escoamento superficial (ou o gramado situa-se numa cota superior). Isto faz com que tais trechos tornem-se canais de água de chuva

que vão direto para a rede de drenagem. A solução neste caso seria apenas direcionar adequadamente o escoamento das águas de chuva para estes locais de infiltração, sem a necessidade de implantar pisos drenantes.

No caso do ECPP Calçadão de uma cidade média, a necessidade de áreas pavimentadas é maior, em função do maior número de usuários, dificultando a implantação de áreas mais permeáveis, como gramados. Deste modo, passa a ser mais importante o uso de pisos drenantes, que possuem taxas de permeabilidade altas, desde que associados a sistemas de reservação ou infiltração nos espaços abaixo dos mesmos. Porém, um desenho urbano de mais qualidade também seria adequado, com o maior emprego de faixas gramadas, maior arborização e espaços ajardinados.

Para alcançar o cenário favorável no ECPP Bairro, como já existe legislação específica que obrigue a execução das faixas gramadas, chamadas “Calçadas Verdes”, seria necessário uma maior fiscalização do poder público, tanto na implantação dos ECPPs, quanto posteriormente, pois em muitos casos as faixas gramadas foram concretadas após a obtenção do “Habite-se”. Além disto, também é necessário garantir que o escoamento seja direcionado para o locais gramados, sem a colocação de guias que sirvam de obstáculos.

A comparação de custos realizada mostrou que, considerando-se apenas a implantação dos ECPPs, os pisos drenantes chegam a custar praticamente o dobro do concreto convencional. Portanto, soluções em que o piso impermeável seja mantido, mas a água encaminhada para infiltração podem ser mais viáveis. Entretanto, quando tais áreas não estão disponíveis, o custo das duas soluções deve incorporar valores associados à rede de drenagem, o que pode trazer economia significativa para a solução com piso permeável.

De modo geral, conclui-se que, para que um ECPP seja considerado hidrológicamente funcional, não é necessário que o mesmo seja permeável. Soluções projetuais que permitam um encaminhamento adequado do escoamento superficial podem ser obtidas mesmo com a impermeabilização. Nem sempre uma grande área impermeabilizada destinada a pedestres contribui de maneira significativa para o escoamento superficial, um exemplo é o ECPP UFSCar que contribui em 6% para o escoamento, enquanto que o ECPP Bairro contribui em apenas 9%, já o ECPP Calçadão contribui em 35%, pois é todo direcionado para a rede de drenagem.

Portanto, é possível projetar e executar grandes áreas para pedestres, mesclando áreas pavimentadas, com grandes áreas verdes, que auxiliam na infiltração da água de chuva, reduzindo gastos com a drenagem urbana convencional, melhorando a qualidade de caminhada

do pedestre, com uma paisagem mais agradável, além do auxílio a manutenção de uma temperatura mais amena.

Em função do trabalho desenvolvido, podem ser feitas algumas recomendações. Sugere-se, por exemplo, a análise dos ECPPs sob a ótica dos usuários, para isso devem ser definidos os agentes envolvidos, a amostra, a elaboração de um questionário, sua aplicação e finalmente a análise dos resultados encontrados. Os resultados poderão indicar quais os tipos de pavimentos são mais aceitos para aplicação no contexto urbano, unindo os aspectos hidrológicos quanto os aspectos relativos ao conforto e custo benefício para o pedestre usuário. Também é possível elaborar uma proposta de projeto para os ECPPs de estudo visando a redução dos espaços impermeabilizados para pedestres, utilizando pisos hidrológicamente funcionais, direcionando a água de chuva para as áreas verdes, e contribuindo para o paisagismo local.

Uma forma de avaliar com maior precisão os benefícios técnicos e financeiros do uso da drenagem mais sustentável, seria a quantificação teórica dos custos envolvidos na execução do ECPP Bairro de maneira convencional, calculando os gastos com tubulações da rede de drenagem, e calcular os custos envolvidos na execução do mesmo ECPP de forma a utilizar as faixas gramadas e técnicas compensatórias.





## REFERÊNCIAS

ACQUADRENO. **PISOS DRENANTES**. Disponível em < [www.acquadreno.com.br](http://www.acquadreno.com.br) > Acesso em 27/10/2014

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM 1701/C 1701 M -09**: Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete. PENNSYLVANIA, 2009. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015. 148 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16146**: Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015. 31 p.

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 5, nº 3, 46-54p. jul./set, 2000.

BAPTISTA, Márcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266 p.

BARBOSA, R. S.; MOURA, P. M. (2014). Análise da Permeabilidade de Pavimento Intertravado Vazado. **In Anais do X Encontro Nacional de Águas Urbanas**, São Paulo, Set. 2014

BRASIL. **Lei Federal nº6766** de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília. 1979.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Brasil: 2007. 180 p.

BRASTON PISOS PERSONALIZADOS. **Megadreno**. Disponível em: <[www.braston.com.br](http://www.braston.com.br)> Acesso em: 15/02/2015;

BRUNO, L. O.; AMORIM, R. S. S.; SILVEIRA A. **Estudo da redução do escoamento superficial direto em superfícies permeáveis**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 18, nº 2, 237-247p. abr./jun., 2013.

CANHOLI, Aluísio P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CASTELLATO PISOS E REVESTIMENTOS. **Guia Ekko Plus**: Disponível em < [www.castellato.com.br](http://www.castellato.com.br) > Acesso em 27/10/2014

FERGUSON, B. K. **A Unified Model for the Integrated Design of the City. Management of environmental quality: An international journal**, Vol. 23, nº 2, 2012 140-149p. Out, 2011.

FERREIRA, M.; SANCHES, S. **Índice de qualidades das calçadas – IQC**. Revista Nacional dos Transportes Públicos - ANTP, ano 23, 2º trimestre, 2001.

GRIBBIN, John E. **Introdução à Hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. [Tradução Glauco Peres Damas]. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 494 p.

GORSKI, Maria C. B. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação**. São Paulo; Editora Senac São Paulo, 2010

IBGE CIDADES. **CENSO 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=354980#>> Acesso em 18/06/2015.

JABUR, A. S.; DORNELLES, F.; SILVEIRA, A. L. L.; GOLDENFUM, J. A.; OKAWA, C. M. P.; GASPARINI, R. R. **Determinação da capacidade de infiltração de pavimentos permeáveis**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 20, nº 4, 937-945p. out/dez, 2015.

JUNIOR, L. L. C.; BARBASSA, A. P. **Parâmetros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 11, nº 1, 46-54p. jan. /mar., 2006.

KING, W. G.; BRUETSCH, A. P.; KEVERN, J. T. **Slip-related characterization of gait kinetics: Investigation of pervious concrete as a slip-resistant walking surface**. Safety Science, 57, 52-59p. mar, 2013.

LABORATÓRIO FALCÃO BAUER. **Relatório de ensaio Piso Drenante**. Disponível em: <[www.braston.com.br](http://www.braston.com.br)> Acesso em: 15/02/2015.

MARYLAND. **Low-impact development: An Integrated Design Approach**. 1999

MONDANI, L. U. **ANÁLISE DA PERMEABILIDADE DE PAVIMENTOS POROSOS EM ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO E PERMENÊNCIA DE PEDESTRES (ECPD) NA UFSCAR**. 2015. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

MOURA, P. M. **Contribuição para a Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana**. 164p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

MOURA, T. A. M. **Estudo experimental de superfícies permeáveis para o controle do escoamento superficial em ambientes urbanos**. 117p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

ORLANDI, S. C.; FERREIRA, M. **Percepção do portador de deficiência física com relação à qualidade dos espaços de circulação urbana**. Revista Nacional dos Transportes Públicos - ANTP, ano 27, 1º trimestre, 2004.

OTERPREM BLOCOS E PISOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO. **Produtos**. <<http://www.oterpren.com.br/>> Acesso em 20/10/2014

PARRA, G. G.; MASIERO, E.; BARBATO, R. C.; BELENTANI, V. M. R. Histórico das Inundações em São José do Rio Preto. In: **ELECS - Encontro Latino-Americano sobre edificações e Comunidades Sustentáveis**, 2011, Vitória. 1 CD-ROM

PARRA, G. G.; TEIXEIRA, B. A. N. **Análise da permeabilidade e dos métodos de Instalação de pavimentos permeáveis contidos em artigos científicos e em catálogos técnicos**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, Vol. 03, Nº.15, p. 142-157, 2015.

PATEIS, C.S. **Reestruturação urbana e transformações na área central em cidades médias: o caso de São José do Rio Preto - SP**. 135p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

PAVIMENTO INTERTRAVADO PERMEÁVEL - MELHORES PRÁTICAS. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011. 24p.

PINTO, LILIANE L. C. A.; SUZUKI, CARLOS Y; MARTINS, BERNUCCI, L.; VIRGILLIS, A.; BATEZINI, R. **Considerações sobre o Dimensionamento Hidráulico e Estrutural de Pavimentos Permeáveis**. Revista Pavimentação. ANO VII, nº25, 28-40. Jul.-set, 2012.

PINTO, LILIANE L. C. A.; PORTO, RUBEM LA LAINA; MARTINS, JOSÉ RODOLFO S.; SUZUKI, CARLOS Y. (2014). Estudo Comparativo da Eficiência Hidráulica de 2 Tipos de Pavimentos Permeáveis. In **Anais do X Encontro Nacional de Águas Urbanas**, São Paulo, Set. 2014. 1 CD-ROM

PROJETO TÉCNICO: PAVIMENTO PERMEÁVEL. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011. 24p.

RIO PRETO CLASSIFICADOS. Localização. Disponível em: <[http://riopretoclassificados.com.br/localizacao\\_sao\\_jose\\_rio\\_preto.php](http://riopretoclassificados.com.br/localizacao_sao_jose_rio_preto.php)>. Acesso em: 9/12/2015

SÃO JOSÉ DO RIO PRETO. **Lei Complementar nº 224** de 06 de Outubro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de São José do Rio Preto. São José do Rio Preto. 2006.

SÃO JOSÉ DO RIO PRETO. **Lei Municipal 10.290** de 24 de dezembro de 2008. Cria no município o Programa de Gestão das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e da outras providências.

SÃO JOSÉ DO RIO PRETO. **Lei municipal nº10.822** de 17 de novembro de 2010. Institui o Programa de Recuperação e Preservação da Permeabilidade do solo. São José do Rio Preto. 2010.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria de Coordenação das Subprefeituras. **Conheça as regras para arrumar a sua calçada**. São Paulo, 21 p.

SÃO PAULO. **Lei municipal nº15442** de 9 de Setembro de 2011. Dispõe sobre a limpeza de imóveis, o fechamento de terrenos não edificados e a construção e manutenção de passeios, bem como cria o Disque-Calçadas. São Paulo. 2011.

TAVANTI, D. R. **Desenvolvimento de baixo impacto aplicado ao processo de planejamento urbano**. 151p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

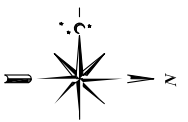
TUCCI, Carlos E. M., **Gestão das Inundações Urbanas**. Porto Alegre, RS, 2005. 200p.

VALERETO, E. Prefeito confere início das obras na área do Calçadão. **Diário da Região**, São José do Rio Preto, 26 mai. 2011. Disponível em: <<http://www.diariodaregiao.com.br/cidades/prefeitoconferein%C3%ADciodasobrasna%C3%A1readocal%C3%A7ad%C3%A3o1.246787>>. Acesso em: 09 dez. 2015.

WANG, D.; WANG, L.; CHENG, K.; LIN, J. **Benefit Analysis of Permeable Pavement on Sidewalks**. **International Journal of Pavement Research and Technology**, Vol. 3, nº 4, 207-215p. Jul. 2010.

SOUZA, C. F; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C E. M. **Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 17, nº 2, 9-18. abr/jun, 2012.





**LEGENDA:**

- Edifícios
- Caminhos de pedestres de concreto convencional
- Caminhos de pedestres de pavimento intertravado
- Caminhos de pedestres de pavimento drenante ou poroso
- Gramados
- (A) a (J)** Pontos de Levantamento fotográfico
- 1** Filtro - Vala - Trincheira
- 2** Poço de Infiltração
- 3** Plano de Retenção
- 4** Plano de Retenção
- 5** Canal em Grama
- 6** Plano e Poço de Infiltração



**LOCAL A**



18/03/2014



03/09/2014



09/02/2015



09/03/2015

**LOCAL B**



18/03/2014



09/02/2015



09/03/2015

**LOCAL C**



18/03/2014



09/02/2015



09/03/2015

**LOCAL D**



REGIAO 18/03/2014



09/02/2015



09/03/2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**

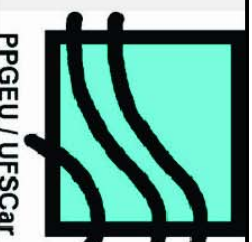
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana**

**ANEXO A**

**Esc. 1:1500**

**LOCAIS A,B,C,D**

**Levantamento dos Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres em Bacia de Estudo no Campus UFSCar**



PPGEU/UFSCar





18/03/2014



03/09/2014



09/02/2015



09/03/2015



18/03/2014



09/02/2015



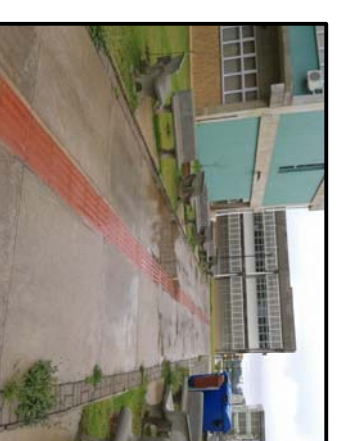
09/03/2015



18/03/2014



09/02/2015



09/03/2015





LOCAL H



18/03/2014



09/02/2015



09/03/2015

LOCAL I



18/03/2014



09/02/2015



09/03/2015

LOCAL J



18/03/2014

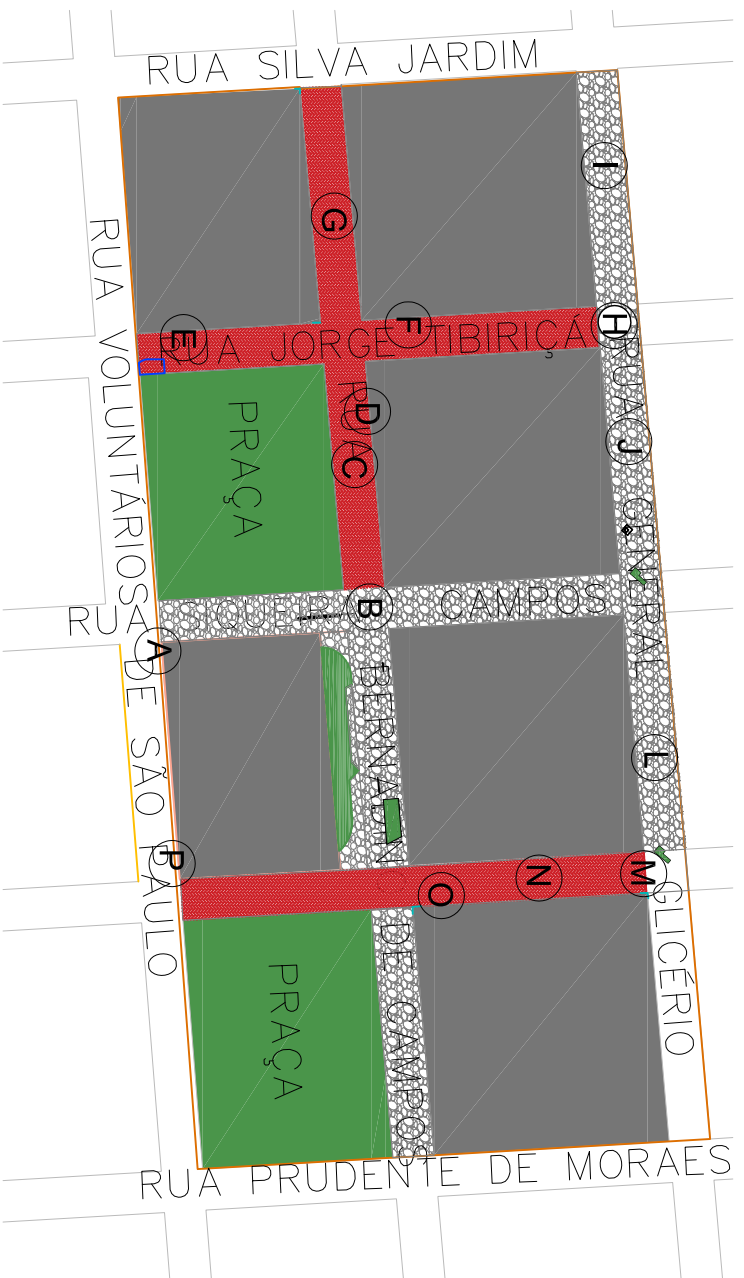


09/02/2015



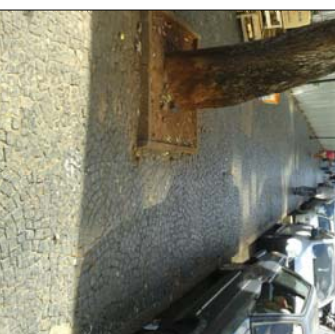
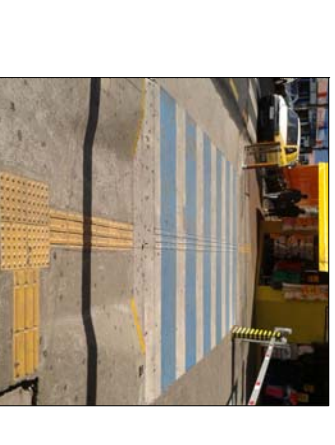
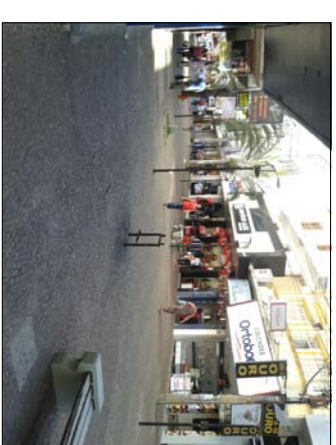
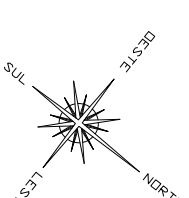
09/03/2015





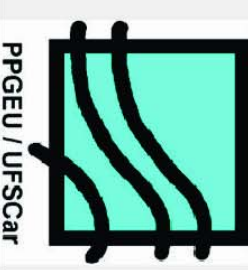
**LEGENDA:**

- ECPP pavimento Intertravado
- ECPP pedra portuguesa
- A a P Pontos de Levantamento fotográfico









**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

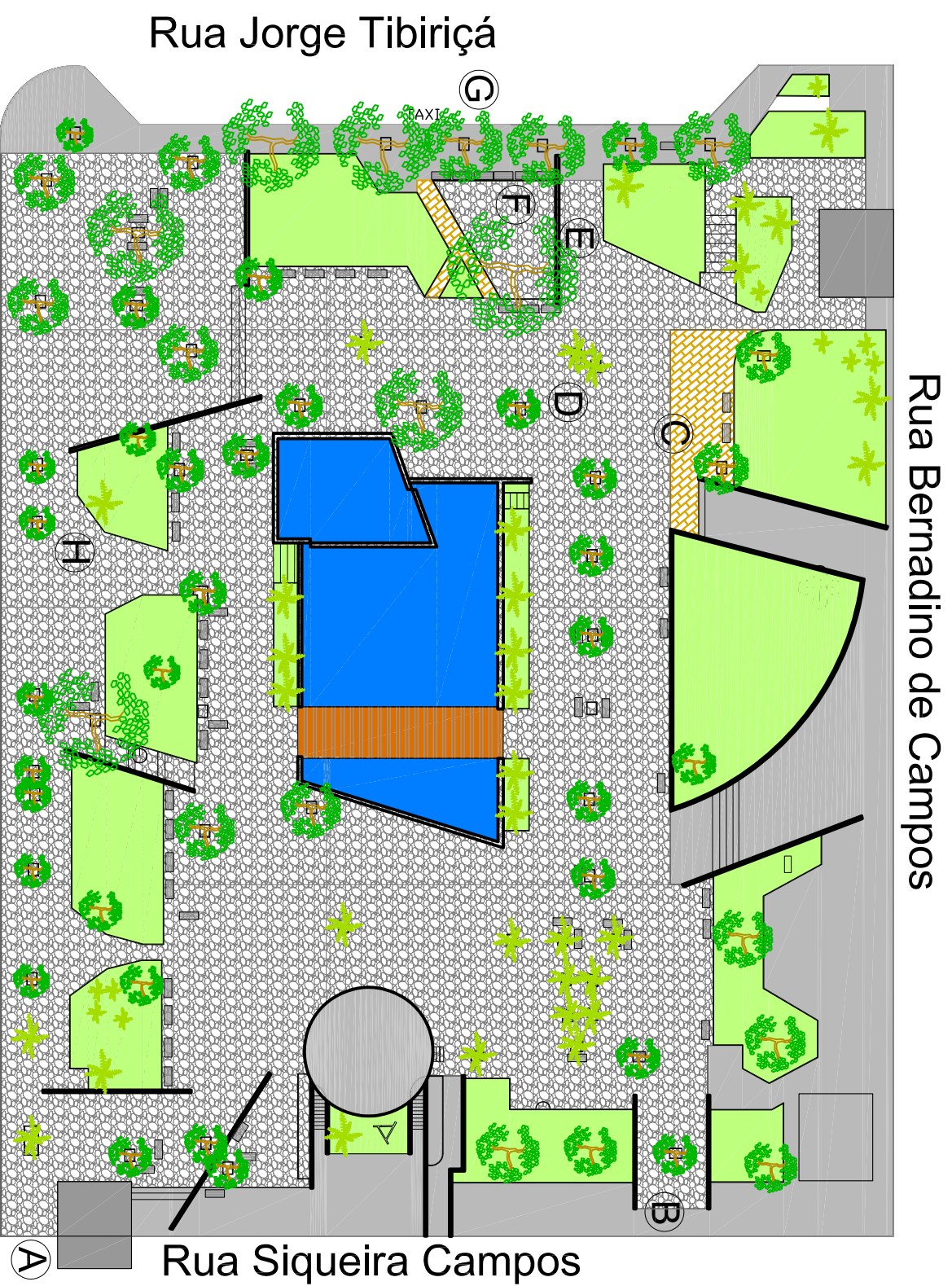
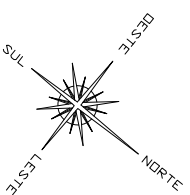
**ANEXO D**  
 Esc. 1:500  
 Calçada





LEGENDA:

-  ECPP pavimento intertravado
-  ECPP pedra portuguesa
-  ECPP paralelepípedo
-  Gramados
-  a  Pontos de Levantamento fotográfico



LOCAL A



LOCAL B



LOCAL C



LOCAL D



LOCAL E



LOCAL F



LOCAL G



LOCAL H

Rua Bernadino de Campos

Rua Jorge Tibiriçá

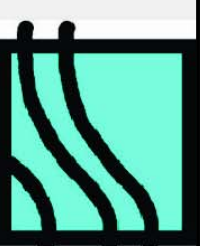
Rua Siqueira Campos



Levantamento dos Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres - ECPP Calçada





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

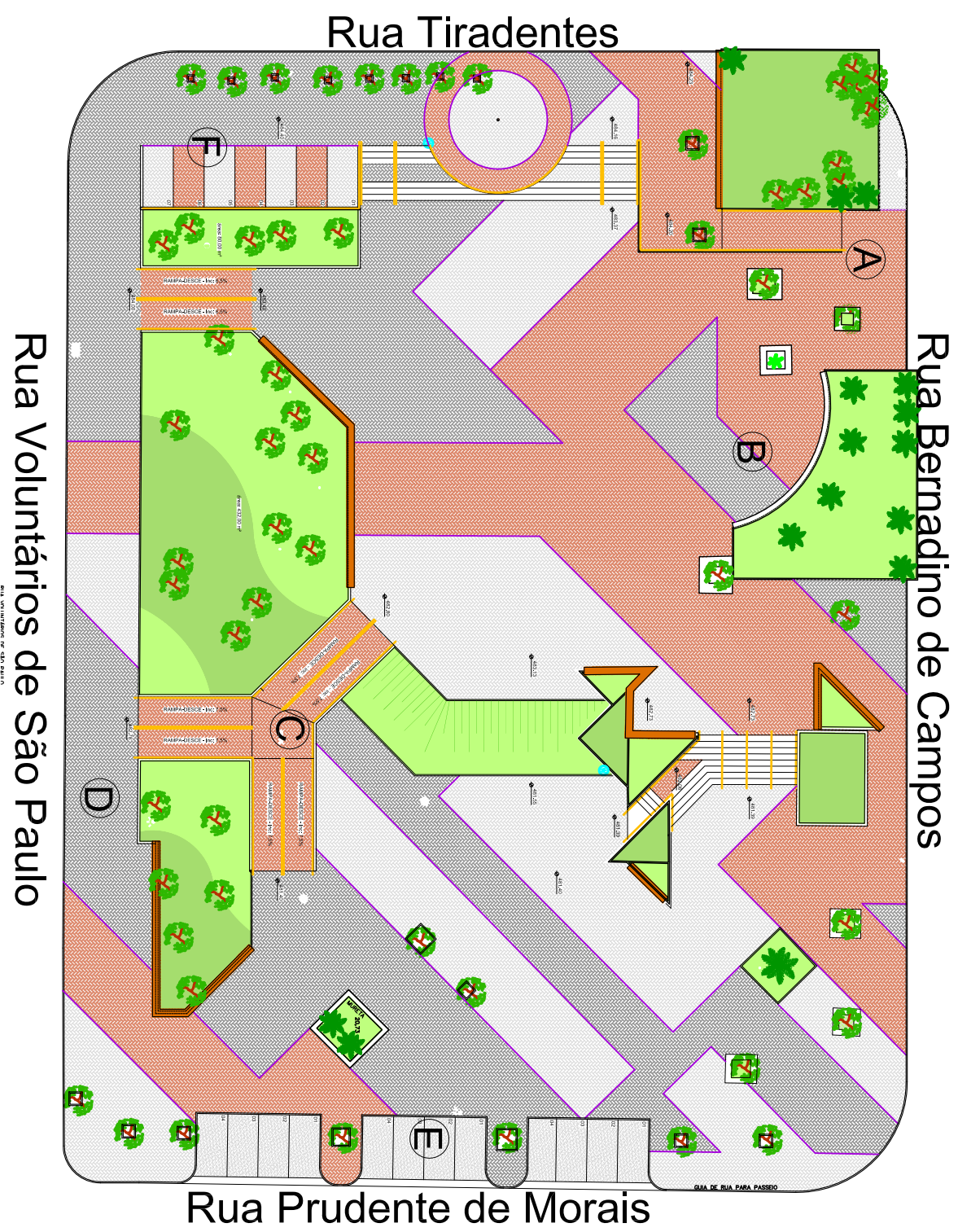
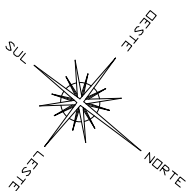
ANEXO E  
Esc. 1:500  
Praça Rui Barbosa





LEGENDA:

-  EOPP pavimento hietravado
-  Gramados
-  Árvores/palmeiras
-  (A) a (F) Pontos de Levantamento fotográfico



LOCAL A



LOCAL B



LOCAL C



LOCAL D



LOCAL E

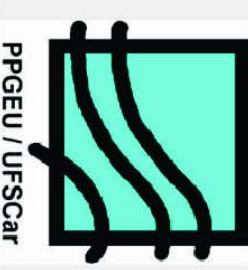


LOCAL F

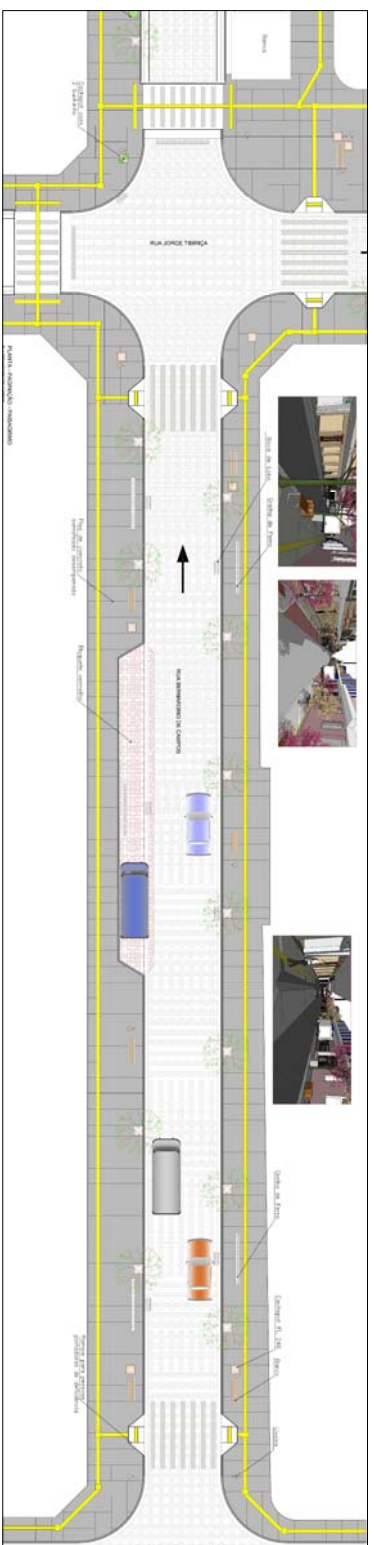


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
 CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

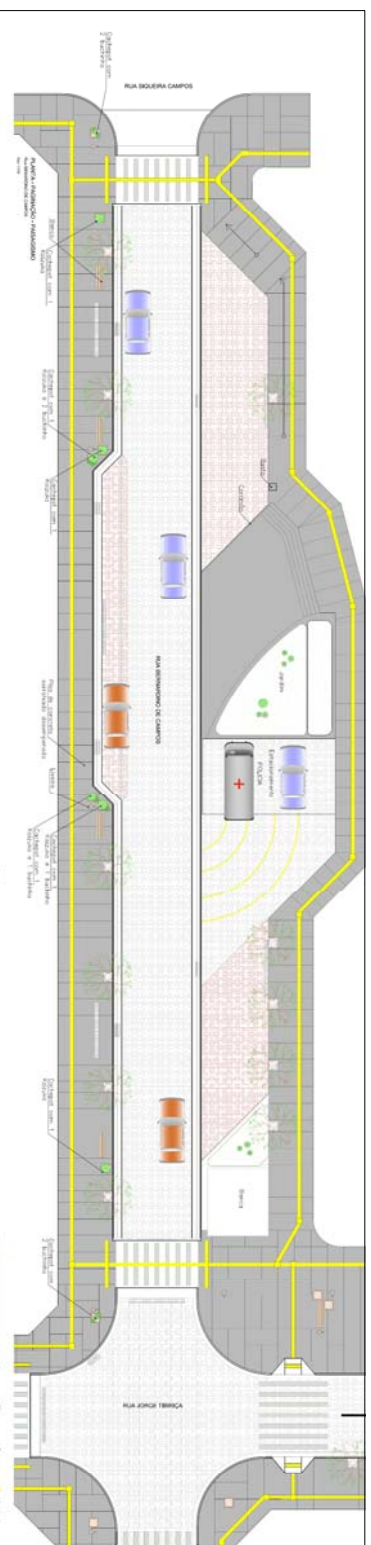
ANEXO F  
 Esc. 1:500  
 Praça D. José Marcondes



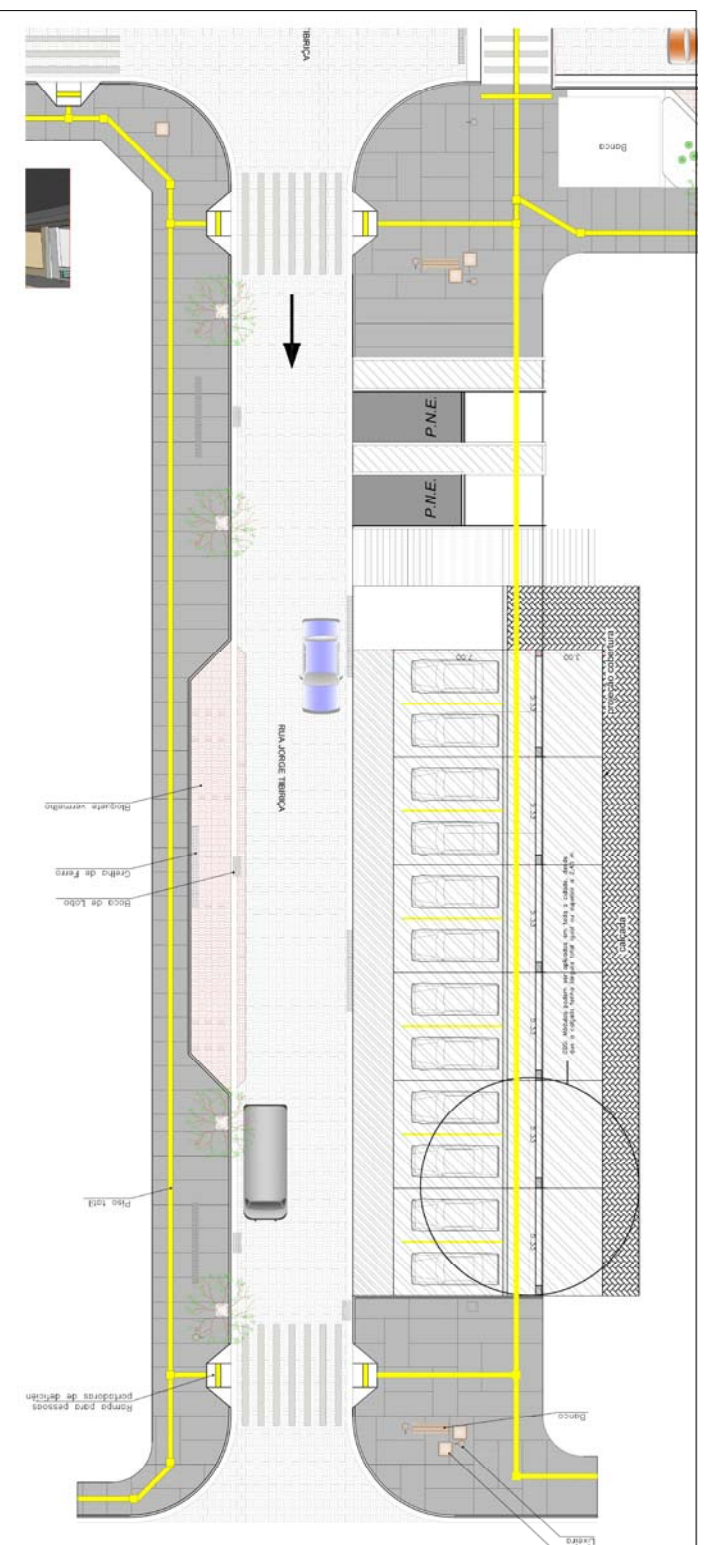




**Rua Bernadino de Campos (entre Silva Jardim e Jorge Tibiriçá)**



**Rua Bernadino de Campos (entre Siqueira Campos e Jorge Tibiriçá)**



**Rua Jorge Tibiriçá (entre Bernadino de Campos e Voluntários de São Paulo)**



## ANEXO – H

Legislação Municipal 10.822/2010 de 17 de novembro de 2010, que dispõe sobre o Programa de Recuperação e Preservação da Permeabilidade do Solo, além do embelezamento do espaço no município de São José do Rio Preto, com a implantação das “Calçadas Verdes”.



### **LEI Nº 10.822 DE 17 DE NOVEMBRO DE 2010**

*Dispõe sobre o Programa de Recuperação e Preservação da Permeabilidade do Solo, além do embelezamento do espaço, no Município de São José do Rio Preto, com a implantação das “Calçadas Verdes”.*

**VALDOMIRO LOPES DA SILVA JÚNIOR**, Prefeito do Município de São José do Rio Preto, Estado de São Paulo, usando das atribuições que lhe são conferidas por Lei;

**FAZ SABER** que a Câmara Municipal aprovou e ele sanciona e promulga a seguinte Lei:

**Art. 1º** - Fica criado, no Município de São José do Rio Preto, o Programa de Recuperação e Preservação da Permeabilidade do Solo, através da implantação das “Calçadas Verdes”.

**Art. 2º** - Entende-se por “Calçada Verde” aquela que não é toda pavimentada, possuindo uma faixa de grama, arbusto, floração, etc ao longo de sua extensão.

**Art. 3º** - Este programa tem como principais objetivos estabelecer medidas destinadas a diminuir o montante de áreas de solo impermeabilizado, em São José do Rio Preto e Distritos de Tallado e Engenheiro Schmitt, contribuindo assim para:

- I - diminuição do risco de enchentes;
- II - diminuição do volume de água escoado pelo sistema de drenagem;
- III - diminuição dos gastos gerados pela sobrecarga da rede captação de águas pluviais;
- IV - aumentar a infiltração das águas pluviais no solo, possibilitando um melhor reabastecimento dos aquíferos;
- V - melhoria na drenagem urbana;
- VI - diminuição de sedimentos que adentram a rede de captação de águas pluviais, devido à diminuição da vazão;
- VII - melhoria na qualidade da água pluvial coletada que, com a diminuição da vazão, transportará menor quantidade de poluentes;
- VIII - diminuição das “Ilhas de Calor”;
- IX - melhoria na qualidade de vida da população;
- X - diminuição de gastos em saúde devidos a doenças de veiculação hídrica.

**Art. 4º** - As disposições desta Lei são requisitos de observância obrigatória nos requerimentos, plantas ou planos de:

- I - loteamentos ou condomínios;
- II - construção de novas edificações;



- III - estacionamentos;
- IV - construção de calçadas;
- V - edificações públicas ou privadas.

**Art. 5º** - Nos projetos concernentes à implantação das "Calçadas Verdes", além das normas já estabelecidas em leis, inclusive, no tocante à acessibilidade, deverá ser previsto canteiro sem pavimentação, com as seguintes características:

**I** - para a implantação das "Calçadas Verdes", com uma faixa de canteiro, deverão as calçadas ter a largura mínima de 2,00 m (dois metros), sendo que o canteiro permeável deverá ter no mínimo a dimensão de 0,60 m (sessenta centímetros), distando no mínimo 0,10 (dez centímetros) do meio fio e conter uma área de passagem de pedestre de no mínimo 1,20 m (um metro e vinte centímetros);

**II** - para a implantação das "Calçadas Verdes", com duas faixas de canteiro, deverão as calçadas ter a largura mínima de 2,50 m (dois metros e cinquenta centímetros), tendo, no mínimo, as dimensões de 0,60 m (sessenta centímetros) de canteiro a partir de 0,10 m (dez centímetros) do meio fio, 1,20 m (um metro e vinte centímetros) de faixa de passagem de pedestres e 0,50 m (cinquenta centímetros) de canteiro junto às testadas ou divisas de frente dos imóveis;

**III** - nos canteiros próximos ao meio fio, só poderão ser plantadas grama e árvores, não sendo permitido o plantio de arbustos ou outras forrações;

**IV** - nos canteiros junto às testadas ou divisas dos imóveis, será permitido o plantio de arbustos e forrações, desde que não interfiram nas estruturas e utilização dos imóveis limítrofes;

**V** - as espécies de arbustos e forrações em nenhuma hipótese poderão conter espinhos, serem resistentes à poda ou mesmo conterem princípios tóxicos;

**VI** - não devem ser utilizadas em áreas adjacentes à circulação plantas cujas raízes possam causar danos ao pavimento da calçada, dificultando o deslocamento ou prejudicando os elementos de drenagem.

**Art. 6º** - As "Calçadas Verdes" terão que ser mantidas, de maneira a se apresentarem permanentemente conservadas, com as podas e manutenções necessárias.

**Art. 7º** - Esta Lei entra em vigor sessenta dias após sua publicação.

Prefeitura Municipal de São José do Rio Preto, 17 de novembro de 2010.

**VALDOMIRO LOPES DA SILVA JÚNIOR**  
**PREFEITO MUNICIPAL**

**LUIZ ANTONIO TAYOLARO**  
**PROCURADOR-GERAL DO MUNICÍPIO**

Registrada no Livro de Leis e, em seguida publicada por afixação na mesma data e local de costume e, pelo Instrumento Local.

**Autógrafo nº 11.744/2010**

**Projeto de Lei nº 286/09**

**Autor da proposição: Vereadora Alessandra Trigo**

## ANEXO – I

Lei Municipal 10.290 de 24 de dezembro de 2008, que cria no município o Programa de Gestão das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e da outras providências.



### **LEI Nº 10.290 DE 24 DE DEZEMBRO DE 2008.**

*Cria no Município o Programa Permanente de Gestão das Águas Superficiais (PGAS) da Bacia Hidrográfica do Rio Preto, e dá outras providências.*

**PREFEITO EDINHO ARAÚJO**, do Município de São José do Rio Preto, Estado de São Paulo, usando das atribuições que lhe são conferidas por Lei;

**FAZ SABER** que a Câmara Municipal aprovou e ele sanciona e promulga a seguinte Lei:

**Art. 1º** - Fica criado no Município de São José do Rio Preto, com fundamento nas Leis Federais 6.766/79, 10.257/01 e 11.445/07 e nas Leis Estaduais 7.663/91 e 9.866/97, o Programa Permanente de Gestão das Águas Superficiais (PGAS) da Bacia Hidrográfica do Rio Preto nos termos da presente Lei.

**Art. 2º** - O PGAS tem por objetivos:

I - garantir água para o abastecimento urbano através da continuidade do aproveitamento e uso das águas do Rio Preto, dentro dos limites ambientais e hidrológicos que as condições climatológicas da região e as leis ambientais permitam;

II - realizar obras e serviços de saneamento do solo e da água, que resultem em benefício para toda a população do município, através de ações compatíveis com a sustentabilidade ambiental a serem por estas obras viabilizadas;

III - viabilizar a realização das melhorias de interesse da sociedade, visando o controle das cheias, de modo a minimizar situações de riscos ambientais, econômicos, sociais e humanos delas decorrentes, em função da situação atual e da tendência futura da ocupação do solo dessa bacia; e,

IV - estabelecer as condições de monitoramento, de controle e de conservação ambiental dessa bacia que permitam o permanente acompanhamento desses objetivos.

**Art. 3º** - A consecução dos objetivos do PGAS será garantido e realizado através da implementação de sucessivos Planos de Ação de Combate a Enchentes, que serão atualizados a cada quatro anos.

**Art. 4º** - Os Planos de Ação de Combate a Enchentes serão elaborados atendendo aos seguintes requisitos quanto ao seu detalhamento:

I - identificação de cada item proposto, com a respectiva descrição e localização da obra, atividade ou serviço previsto;

II - descrição dos custos e prazos necessários para a execução de cada item proposto;



São José do Rio Preto  
Gabinete do Prefeito - [www.riopreto.sp.gov.br](http://www.riopreto.sp.gov.br) - e-mail: [gabpref@empro.com.br](mailto:gabpref@empro.com.br)  
Avenida Alberto Andaló, 3038 - CEP 15015-000 - Centro - Fone: (17) 3203-1380 / 3203-1381



III - previsão e destinação de, no mínimo 4 % e no máximo 15 % dos recursos totais das obras, atividades ou serviços previstos, em atividades de administração, fiscalização e monitoramento de informações necessárias para a execução e acompanhamento do respectivo Plano de Ação;

IV - previsão e destinação de, no mínimo 4 % e no máximo 8 % do custo total das obras, atividades ou serviços previstos pelo plano de ação, para atividades de educação e de capacitação, visando garantir uma crescente capacidade de gestão, bem como a participação e engajamento da sociedade nos objetivos do PGAS.

§ 1º - O custo total do Plano de Ação será a somatória dos custos que resultem, exclusivamente, dos incisos II, III e IV acima.

§ 2º - A execução do Plano de Ação estabelecido por esta Lei será acompanhada e fiscalizada por um Núcleo Permanente de Gestão composto por um representante:

- I - da Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento;
- II - da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo;
- III - da Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão Estratégica;
- IV - da Secretaria Municipal de Obras;
- V - do Serviço Municipal Autônomo de Água e Esgoto;
- VI - do Governo do Estado de São Paulo, através do DAEE;
- VII - da Associação dos Engenheiros, Arquitetos e Agrônomos de São José do Rio Preto;
- VIII - do SECOVI;
- IX - do SINDUSCON;
- X - das Faculdades de engenharia com fins civis e ambientais.

Art. 5º - Toda edificação a ser aprovada pelo Poder Público Municipal, cuja superfície impermeável resulte em área superior a 100 (cem) metros quadrados, deverá contemplar em seu projeto a construção de dispositivos de retenção/detenção das águas pluviais que retardem o escoamento destas para a rede pública de drenagem, com previsão de vazão máxima específica igual a 13 (treze) litros por hora por metro quadrado (l/h.m<sup>2</sup>).

§ 1º - A vazão máxima de saída será calculada multiplicando-se a vazão máxima específica pela área total do terreno no qual se insere a edificação.

§ 2º - Os dispositivos de retenção/detenção das águas pluviais deverão atender às normas sanitárias vigentes e à regulamentação técnica específica do órgão municipal responsável pelo sistema de drenagem, podendo ser abertos ou fechados, com ou sem revestimento, dependendo da altura do lençol freático no local, sendo sua capacidade calculada com base nas seguintes equações:

$V = (102,55 + 6,335 \times (A_i - 10)) \times A_t$ , para porcentagem de impermeabilização da área em até 40% (quarenta por cento) ( $A_i \leq 40\%$ )

$V = (292,60 + 6,938 \times (A_i - 40)) \times A_t$ , para porcentagem de impermeabilização da área acima de 40% (quarenta por cento) ( $A_i > 40\%$ )

onde

V = volume do(s) dispositivo(s) de retenção/detenção das águas pluviais em m<sup>3</sup>;



São José do Rio Preto

Gabinete do Prefeito - [www.riopreto.sp.gov.br](http://www.riopreto.sp.gov.br) - e-mail: [gabpref@empro.com.br](mailto:gabpref@empro.com.br)  
Avenida Alberto Andaló, 3030 - CEP 15015-000 - Centro - Fone: (17) 3203-1380 / 3203-1381



Ai = área impermeabilizada (em porcentagem sobre a área total do terreno);

At = área total do terreno em hectares (ha).

§ 3º - Deverá ser instalado um sistema que conduza toda água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos ao(s) dispositivo(s) de retenção/detenção das águas pluviais, de modo que a água precipitada não seja lançada diretamente para ruas e sarjetas.

§ 4º - A água contida pelos dispositivos de retenção/detenção das águas pluviais deverá infiltrar-se no solo, podendo ser despejada por gravidade ou através de bombas, na rede pública de drenagem ou ser conduzida para outro(s) dispositivo(s) de retenção/detenção das águas pluviais para utilização com finalidades não potáveis, atendidas as normas sanitárias vigentes e as condições técnicas específicas estabelecidas pelo órgão municipal responsável pela Vigilância Sanitária.

§ 5º - A localização dos dispositivos de retenção/detenção das águas pluviais, bem como o cálculo do seu volume, deverá estar indicada nos projetos e sua implantação será condição para a emissão do "habite-se".

§ 6º - A obrigação prevista no parágrafo anterior persistirá em caso de opção por condução das águas pluviais para outro dispositivo de armazenamento, objetivando o reuso da água para finalidades não potáveis.

§ 7º - Para edificações com área impermeável inferior a 100 (cem) metros quadrados, de habitação unifamiliar ou não, a limitação de vazão referida no caput deste artigo poderá ser desconsiderada a critério da Secretaria Municipal de Obras.

**Art. 6º** - Todo novo empreendimento que importe em parcelamento do solo urbano ou incorporação imobiliária deverá prever na sua implantação o limite de vazão máxima específica, disposto no artigo 5º desta Lei.

§ 1º - O projeto e a construção dos dispositivos de retenção/detenção deverão compor o projeto do empreendimento a ser aprovado de acordo com as diretrizes expedidas pelos órgãos municipais competentes.

§ 2º - Excluem-se da obrigação prevista no artigo 5º desta Lei, as edificações que vierem a ser individualmente aprovadas em empreendimentos aprovados na vigência desta Lei e que contemplem sistemas de retenção/detenção.

**Art. 7º** - A manutenção das condições naturais da área onde será implantado o empreendimento deverá ser demonstrada através de estudo hidrológico específico.

§ 1º - Quando a área for menor que 100 (cem) hectares os volumes necessários dos dispositivos de retenção/detenção serão determinados nos termos do § 2º do artigo 5º.

§ 2º - Para o cálculo do volume necessário para áreas superiores a 100 (cem) hectares deve ser realizado estudo hidrológico específico, com precipitação de projeto com probabilidade de 1 (uma) em 10 (dez) vezes em qualquer ano.



São José do Rio Preto

Gabinete do Prefeito - [www.riopreto.sp.gov.br](http://www.riopreto.sp.gov.br) - e-mail: [gabpref@empro.com.br](mailto:gabpref@empro.com.br)  
Avenida Alberto Andaló, 3030 - CEP 15015-000 - Centro - Fone: (17) 3203-1380 / 3203-1381





§ 3º - Nos parcelamentos de solo urbano ou incorporações serão consideradas áreas impermeáveis todas as superfícies que não permitem a infiltração da água para o subsolo em condições naturais do terreno.

§ 4º - Pavimentos permeáveis poderão ser considerados como áreas permeáveis, desde que atendido o previsto no § 2º do artigo 5º.

Art. 8º - Fica vedada qualquer impermeabilização adicional de superfície depois da aprovação do projeto de drenagem urbana da edificação ou empreendimento, sujeitando-se o infrator a multa de 1 (uma) UFM ao mês por metro quadrado adicional de impermeabilização, sem prejuízo da obrigação de regularização do fato gerador da multa.

§ 1º - A impermeabilização poderá ser realizada se houver retenção/detenção do volume adicional gerado que será calculado como sendo 65,5 (sessenta e cinco e meio) litros por metro quadrado de área impermeabilizada adicional.

§ 2º - Sanada a irregularidade cessará a aplicação da multa prevista no caput deste artigo.

Art. 9º - Está vedada edificação sobre trecho do sistema público de drenagem pluvial, mesmo em propriedade privada, sujeitando-se o infrator a multa de 1 (uma) UFM ao mês por metro quadrado de cobertura, sem prejuízo da obrigação de regularização do fato gerador da multa.

Parágrafo Único - Sanada a irregularidade cessará a aplicação da multa prevista no caput deste artigo.

Art. 10 - Para novo parcelamento do solo deverá ser preservada a faixa de domínio dos córregos urbanos, de acordo com o Código Florestal.

Parágrafo Único - A área correspondente a faixa de preservação permanente (APP) somente poderá ser incluída no percentual de área pública se na referida faixa for implementado um parque linear de acordo com as diretrizes dos órgãos públicos competentes.

## DO REUSO

Art. 11 - Sempre que houver reuso das águas pluviais para finalidade não potável, inclusive quando destinado a lavagem de veículos ou áreas externas, deverão ser atendidas as normas sanitárias vigentes e as condições técnicas específicas estabelecidas pelo órgão municipal responsável pela Vigilância Sanitária visando:

- I - evitar o consumo indevido, definindo sinalização de alerta padronizada a ser colocada em local visível junto ao ponto de água não potável e determinando os tipos de utilização admitidos para a água não potável;
- II - garantir padrões de qualidade de água apropriados ao tipo de utilização previsto, definindo os dispositivos, processos e tratamentos necessários para a manutenção desta qualidade;
- III - impedir a contaminação do sistema predial destinado a água potável proveniente da rede pública, sendo terminantemente vedada qualquer comunicação entre este sistema e o sistema predial destinado a água não potável.



São José do Rio Preto

Gabinete do Prefeito - [www.riopreto.sp.gov.br](http://www.riopreto.sp.gov.br) - e-mail: [gabpref@sempro.com.br](mailto:gabpref@sempro.com.br)  
Avenida Alberto Andalo, 3030 - CEP 15015-000 - Centro - Fone: (17) 3203-1380 / 3203-1381



#### DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

**Art. 12** - Os locais descobertos para estacionamento ou guarda de veículos para fins comerciais deverão ter trinta por cento de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável.

**Art. 13** - Nas reformas será exigido dispositivo de retenção/detenção das águas pluviais quando a área impermeabilizada acrescida e adicionada à existente, for igual ou superior a 150 (cento e cinquenta) metros quadrados, sendo o dispositivo calculado em relação à área impermeabilizada total.

**Art. 14** - É vedada a destinação das águas pluviais das áreas impermeabilizadas, cobertas ou não, ao sistema público de esgoto sanitário.

**Art. 15** - Nos casos enquadrados nesta Lei, por ocasião do pedido de alvará de construção ou reforma, deverá ser apresentada a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pelo profissional responsável pela execução da obra e declaração assinada pelo proprietário, de que a edificação atende esta Lei.

**Art. 16** - Os equipamentos de retenção/detenção nos projetos de loteamentos fechados ou sob sistema de condomínio, previstos na Lei nº 5.138/92, deverão estar contemplados dentro dos limites da área do imóvel em que se realizará o empreendimento, independentemente da projeção do fechamento do mesmo, vedada a sua inclusão nas áreas reservadas voluntariamente ou por força de lei, pelo empreendedor.

§ 1º - As áreas destinadas aos equipamentos de retenção/detenção não se incluem nos percentuais previstos na Lei nº 5.138/92.

§ 2º - A manutenção dos equipamentos de retenção/detenção será de responsabilidade da associação de moradores, nos casos de loteamentos fechados ou do condomínio no caso de constituição do empreendimento sob esta forma.

**Art. 17** - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Prefeitura Municipal de São José do Rio Preto, 24 de dezembro de 2008.

**PREFEITO EDINHO ARAÚJO**

**MAURO JOSÉ BISPO DE ARAÚJO**  
**PROCURADOR GERAL DO MUNICÍPIO - INTERNO**

Registrada no Livro de Leis e, em seguida publicada por afixação na mesma data e local de costume e, e pela imprensa local.

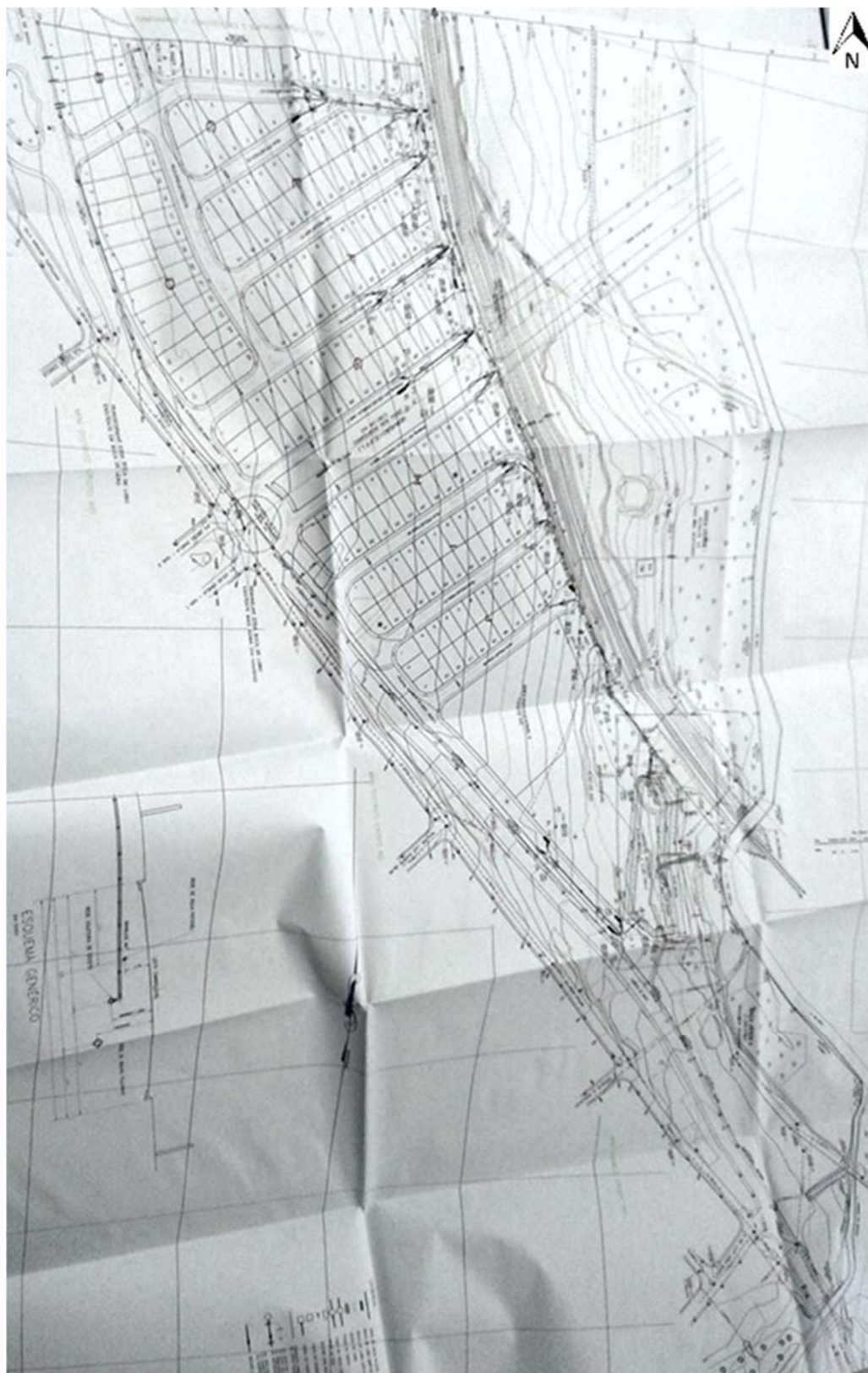


São José do Rio Preto

Gabinete do Prefeito - [www.riopreto.sp.gov.br](http://www.riopreto.sp.gov.br) - e-mail: [gabpref@empro.com.br](mailto:gabpref@empro.com.br)  
Avenida Alberto Andalo, 3030 - CEP 15015-000 - Centro - Fone: (17) 3203-1386 / 3203-1381






## ANEXO – J

Projeto do ECPP Bairro obtido junto à Secretaria Municipal de Obras de São José do Rio Preto

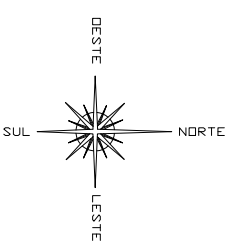




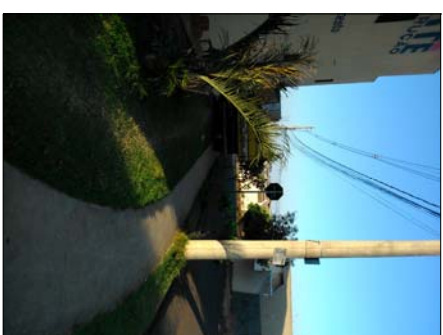
**LEGENDA:**

-  ECPP exclusivo de concreto
-  ECPP exclusivo de cerâmica
-  ECPP de concreto com faixa gramada
-  ECPP de cerâmica com faixa gramada
-  Detalhe espaços analisados

(A) a (Q)  
Pontos de  
Levantamento fotográfico



LOCAL A



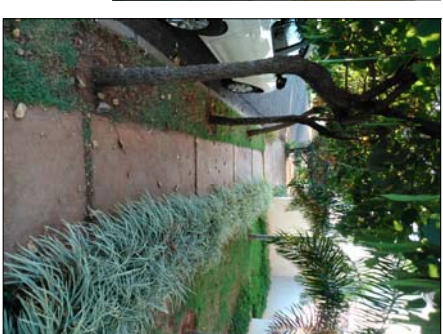
LOCAL B



LOCAL C



LOCAL D



LOCAL E



LOCAL F



LOCAL G



LOCAL H



LOCAL I



LOCAL J



LOCAL L



LOCAL M



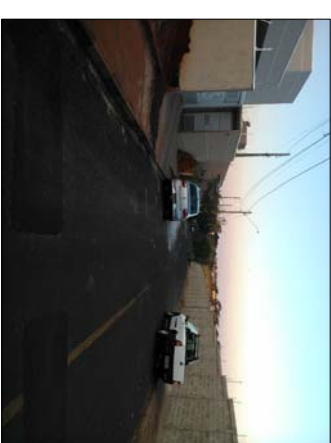
LOCAL N



LOCAL O



LOCAL P



LOCAL Q



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

**ANEXO K**  
Esc. 1:5000  
Bairro Indianópolis - Geral

