

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

**PROJETO PAISAGÍSTICO COMO INSTRUMENTO DE  
INTEGRAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS À  
PAISAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO APLICADO EM  
PLANOS DE INFILTRAÇÃO DO CAMPUS DA UFSCAR**

**TÁSSIA ROMANNE DUARTE DA SILVA PEREIRA**

São Carlos  
2016

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

**PROJETO PAISAGÍSTICO COMO INSTRUMENTO DE  
INTEGRAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS À  
PAISAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO APLICADO EM  
PLANOS DE INFILTRAÇÃO DO CAMPUS DA UFSCAR**

**TÁSSIA ROMANNE DUARTE DA SILVA PEREIRA**

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

Orientação: Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa

Co-orientação: Prof. Dra. Luciana Márcia Gonçalves

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

---

**Folha de Aprovação**

---

Membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Tássia Romanne Duarte da Silva Pereira, realizada em 06/06/2016:

Profa. Dra. Luciana Marcia Gonçalves  
UFSCar

Profa. Dra. Cláudia Fabrino Machado Mattiuz  
USP

Profa. Dra. Renata Bovo Peres  
UFSCar

## AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus queridos pais Eliane e Manoel, irmãs Manoela e Rebeca pela torcida e orgulho, mesmo que desmerecidos, e aos meus sobrinhos Felícia e Miguel pelas interrupções precisas, alegres e contagiantes.

Ao Jean pelo amor incondicional.

Ao orientador Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa e co-orientadora Prof. Dra. Luciana Márcia Gonçalves pela paciência, auxílio e correções.

À Prof. Dra. Claudia F.M. Mattiuz (ESALQ/USP) e Prof. Ms. Kelly C. Magalhães (UNESP) pelas contribuições.

Aos meu queridos amigos-irmãos arquitetos Márcio A. Lima Jr., Nathália O. B. Dias e Thales C. Simões que mesmo distante acompanharam todo este processo, apoiando, ajudando e torcendo.

Aos colegas e amigos do Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar e do Grupo G Hidro que sempre estiveram presentes contribuindo direta e indiretamente para a conclusão deste trabalho.

As minhas mais novas amigas de infância Arq. Geovana Geloni Parra e Tec. Amb. Maria Angélica Chaves pelo carinho, auxílio (seja em finais de semana como feriados), e comemorações nas conquistas.

À amiga Eng. Amb. Thays S. Ferreira que iniciou juntamente comigo esta fase.

Ao jardineiro sr. Paulo (e equipe) por compartilhar sua experiência profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) que financiou a construção dos planos de infiltração e do projeto paisagístico por meio do projeto Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano (Maplu II).

Muito Obrigada!!

## RESUMO

A busca por soluções alternativas e sustentáveis para o manejo de águas pluviais urbanas corroborou para o aumento da utilização de técnicas compensatórias. Mas, apesar desse incremento quantitativo, as técnicas compensatórias vêm sendo inseridas no contexto urbano sem a devida integração com a paisagem, seja por simplesmente atenderem as exigências legais ou por exploração comercial do conceito. Essa prática indevida pode criar áreas com pouca ou nenhuma manutenção e abandonadas, comprometendo a funcionalidade da técnica e a relação com a comunidade. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar diretrizes para elaboração e execução de projeto paisagístico em técnicas compensatórias visando sua integração à paisagem urbana. As diretrizes basearam-se no Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LID), no método tradicional de elaboração de projeto de paisagismo e em recomendações internacionais relacionadas às técnicas e foram sintetizadas em sete etapas sequenciais de projeto. O resultado deu-se pela aplicação as diretrizes em dois planos de infiltração da microbacia experimental do *campus* da Universidade Federal de São Carlos- SP. Como conclusão, as diretrizes proporcionaram um desenho mais livre para as técnicas compensatórias, criaram uma identidade para o reconhecimento da comunidade e a multifuncionalidade de forma a integrar áreas livres e verdes à função hidrológica.

*Palavras chave: técnicas compensatórias, paisagismo, desenvolvimento urbano de baixo impacto, plano de infiltração.*

## ABSTRACT

*The search for alternative and sustainable solutions for the management of urban stormwater corroborated for the increase of Best Managements Practices (BMPs) use. However, despite this quantitative increase, BMPs have been inserted in the urban context without proper integration with the landscape, whether by legal requirements or by commercial exploration of sustainable urban development. This insertion can create abandoned areas with little or no maintenance, compromising the BMPs functionality and the relationship with the community. The aim of this study was to develop and apply guidelines for the preparation and execution of the landscape design on BMPs targeting their integration into the urban landscape. The guidelines were based on the Low Impact Development, the traditional method of preparation of landscaping design and international recommendations related to BMPs. They were synthesized in seven sequential project steps and applied to two existing infiltration plans in experimental campus watershed of the Universidade Federal de São Carlos - SP. As a result, the guidelines provided a freer design for BMPs, created an identity and multifunctionality, integrating open and green spaces to the hydrologic function.*

*Keywords: BMPs, landscaping, low impact development, infiltration plan.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação das Técnicas Compensatórias .....	26
Figura 2: Poço de infiltração construído na microbacia experimental do G-Hidro, campus da UFSCar – São Carlos - SP .....	28
Figura 3: Sistema Filtro-Vala-Trincheira construído na microbacia experimental do G-Hidro, campus da UFSCar – São Carlos - SP .....	29
Figura 4: Canal gramado para escoamento superficial direto construído na microbacia experimental do G- Hidro, campus da UFSCar – São Carlos - SP .....	29
Figura 5: Jardim de Chuva.....	30
Figura 6: Cisterna subterrânea implantada em edificação do Residencial Damha Golf na cidade de São Carlos- SP .....	31
Figura 7: Barril de chuva .....	31
Figura 8: Modelo de assentamento de pavimento intertravado e Pavimento intertravado e bloco de concreto vazado implantados em estacionamento da UFSCar-São Carlos-SP.....	32
Figura 9: Bacias de retenção .....	34
Figura 10: Corte esquemático de um canal de brita .....	35
Figura 11: Plano de infiltração construído na microbacia experimental do G-Hidro, campus da UFSCar – São Carlos - SP .....	36
Figura 12: Loteamento High Point .....	42
Figura 13: Alterações no ciclo hidrológico em decorrência da urbanização.....	45
Figura 14: Exemplos de técnicas compensatórias com formas diferenciadas e integradas à paisagem. ....	56
Figura 15: Critérios para elaboração de projeto paisagístico tradicional .....	58
Figura 16: Critérios gerais para projeto paisagístico em técnicas compensatórias conforme manuais de LID .....	58
Figura 17: Localização da Microbacia experimental no campus da UFSCar- São Carlos-SP.	63
Figura 18: Microbacia Experimental.....	77
Figura 19: Curvas de nível da microbacia. ....	78
Figura 20: Edifícios cujas populações compõem os usuários da microbacia entrevistados.....	79
Figura 21: Exemplos de edifícios da microbacia como referenciais para os usuários e visitantes. ....	81
Figura 22: Áreas de circulação e permanência dos usuários da microbacia. ....	82
Figura 23: Microbacia Experimental e localização das técnicas compensatórias implantadas pelo grupo G-Hidro na UFSCar-São Carlos- SP.....	84

Figura 24: Formas e técnicas propostas para área A .....	86
Figura 25: Formas e técnicas propostas para área B .....	86
Figura 26: Formas finais adotadas para os planos de infiltração das áreas A e D respectivamente. ....	87
Figura 27: Construção do Plano de Infiltração da área "A". ....	87
Figura 28: Construção do Plano de Infiltração da área "D". ....	87
Figura 29: Direcionamento das águas pluviais que infiltram no PI-1. ....	88
Figura 30: Plano de Infiltração 1. ....	89
Figura 31: Direcionamento das águas pluviais que infiltram no PI- 2. ....	90
Figura 32: Plano de Infiltração 2. ....	90
Figura 33: Anteprojeto para os PI-1 e PI-2. ....	92
Figura 34: Levantamento de projetos complementares para o PI-1. ....	95
Figura 35: Levantamento de projetos complementares para o PI-2. ....	95
Figura 36: Projeto paisagístico final para o PI-1. ....	96
Figura 37: Visualização 3D do projeto paisagístico para o PI-1. ....	97
Figura 38: Projeto paisagístico final para o PI-2. ....	97
Figura 39: Visualização 3D do projeto paisagístico para o PI-2. ....	98
Figura 40: Projeto de Plantio para PI-1: .....	99
Figura 41: Projeto de Plantio para PI -2. ....	100
Figura 42: Delimitação da área PI-1.....	101
Figura 43: Delimitação da área PI-2.....	102
Figura 44: Técnica de remoção da grama.....	102
Figura 45: Remoção da grama.....	103
Figura 46: Delimitador .....	103
Figura 47: Limpeza e correção do solo .....	104
Figura 48: Plantio de espécies. ....	104
Figura 49: Implantação do projeto finalizada no PI-1.....	105
Figura 50: Implantação do projeto finalizada no PI-2.....	105
Figura 51: Desenvolvimento das espécies.....	106
Figura 52: Danos causados por formigas cortadeiras no <i>hemerocalis</i> .....	107
Figura 53: Placas informativas sobre os Planos de Infiltração.....	109

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características urbanísticas da microbacia experimental .....	80
Tabela 2: Índices urbanísticos da microbacia em relação a Zona 5A do Plano Diretor do Município de São Carlos-SP. ....	81
Tabela 3: Custos do paisagismo dos Planos de Infiltração.....	108
Tabela 4: Custos de manutenção específica das áreas de canteiros .....	108

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diretrizes para elaboração de projeto paisagístico em TCs integradas à paisagem.	59
Quadro 2: Exemplos de plantas palustres.....	70
Quadro 3: Exemplos de forrações. ....	71
Quadro 4: Exemplos de plantas para controle de poluentes.....	72
Quadro 5: Exemplos de plantas com raízes que podem prejudicar as TCs. ....	73
Quadro 6: Exemplos de plantas para controle de acesso.....	73
Quadro 7: Exemplo de quadro de especificação de espécies. ....	74
Quadro 8: Descrição dos índices urbanísticos pelo Plano Diretor do município de São Carlos-SP.....	81
Quadro 9: Espécies selecionadas para os PI-1 e PI-2.....	93

## **SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

ABAP - Associação dos Brasileira de Arquitetos Paisagistas

ASLA - *American Society of Landscape Architects*

CAU - Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil

FVT - Sistema Filtro-Vala-Trincheira

G-Hidro - Grupo de Estudos em Sistemas Hídricos Urbanos da Universidade Federal de São Carlos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LID - *Low Impact Development*

pH – potencial Hidrogeniônico

PI- Plano de Infiltração

PVC- policloreto de polivinila

SP – Estado de São Paulo

SUDS - *Sustainable Urban Drainage Systems*

TCs - Técnicas Compensatórias

Tr - Tempo de Retorno

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

WSUD - *Water Sensitive Urban Design*

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	3
RESUMO .....	4
ABSTRACT .....	5
LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE TABELAS .....	8
LISTA DE QUADROS .....	8
SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	9
SUMÁRIO.....	10
CAPÍTULO I : CONTEXTUALIZAÇÃO .....	13
1.1 INTRODUÇÃO .....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1Objetivos Específicos .....	16
CAPÍTULO II : REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
2.1 A PAISAGEM, O PAISAGISMO E A ARQUITETURA PAISAGÍSTICA .....	18
2.1.1 A paisagem.....	18
2.1.2 O paisagismo .....	20
2.1.3 A arquitetura paisagística .....	21
2.1.4 Adotando definições .....	23
2.2 AS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	24
2.2.1 Exemplos de técnicas compensatórias estruturais .....	27
2.2.1.1 Poço de infiltração .....	27
2.2.1.2 Trincheiras .....	28
2.2.1.3 Valas e valetas .....	29
2.2.2.4 Jardins de chuva, biorretenção e canteiro pluvial .....	29
2.2.1.5 Cisternas.....	30
2.2.1.6 Barril de chuva.....	31
2.2.1.7 Pavimento permeável ou poroso.....	32
2.2.1.8 Bacias .....	33
2.2.1.9 Telhados verdes .....	34
2.2.1.10 Planos de infiltração.....	35
2.3 O DESENVOLVIMENTO URBANO DE BAIXO IMPACTO.....	36

2.4 O PROJETO PAISAGÍSTICO.....	42
2.4.1 Elaboração De Projeto Paisagístico Tradicional.....	43
2.4.2 Elaboração de Projeto Paisagístico dentro do contexto do Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto .....	44
2.4.3 Elaboração de Projeto Paisagístico Para Técnicas Compensatórias segundo recomendações internacionais e nacionais.....	46
2.4.3.1 Características da região .....	46
2.4.3.2 Listagem de recomendações gerais para projeto paisagístico para todas as tipologias TCs .....	47
2.4.3.3 Recomendações específicas para cada tipologia de TC.....	49
2.4.3.4 Seleção de espécies .....	53
2.4.3.5 Refinamento dos critérios anteriormente abordados.....	54
CAPÍTULO III: METODOLOGIA .....	57
3.1 ADAPTAÇÃO DE CRITÉRIOS DE PROJETO PAISAGÍSTICO EM TCs.....	57
3.2 CRITÉRIOS PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PAISAGÍSTICOS EM TCS.....	60
3.2.1 Condicionantes hidrológicos e paisagísticos.....	60
3.2.2 Condicionantes de dimensionamento.....	61
3.3 IMPLANTAÇÃO DE PROJETO PAISAGÍSTICO EM TC DA MICROBACIA EXPERIMENTAL .....	62
3.3.1 Elaboração e implantação do projeto paisagístico .....	63
3.3.2 Levantamento de custos de implantação .....	64
3.3.3 Manutenção prevista em projeto .....	64
CAPÍTULO IV: DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETO PAISAGÍSTICO EM TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	65
4.1 PESQUISA CONTEXTUAL.....	65
4.1.1 Inventário .....	65
4.1.2 Análise .....	67
4.1.3 Diretrizes para proposta .....	67
4.2 ESTUDO PRELIMINAR.....	68
4.3 ANTEPROJETO .....	69
4.4 PROJETO DE PRÉ-EXECUÇÃO .....	74
4.5 PROJETO EXECUTIVO E DE PLANTIO .....	74
4.6 IMPLANTAÇÃO.....	75

4.7 MANUTENÇÃO .....	75
CAPÍTULO V: APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES.....	77
1.1 PESQUISA CONTEXTUAL .....	77
5.1.1 Inventário .....	77
5.1.2 Análise.....	82
5.1.3 Diretrizes .....	83
5.2 ESTUDO PRELIMINAR .....	85
5.2.1 Linguagem projetual .....	85
5.2.2 Viabilidade física .....	91
5.2.3 Viabilidade econômica.....	91
5.3 ANTEPROJETO.....	91
5.4 PROJETO DE PRÉ-EXECUÇÃO.....	94
5.5 PROJETO EXECUTIVO E DE PLANTIO.....	98
5.6 IMPLANTAÇÃO DO PROJETOS: ETAPAS DE EXECUÇÃO .....	101
5.6.1 Preparo da área.....	101
5.6.2. Locação do projeto .....	101
5.6.3 Preparo do solo .....	102
5.6.4 Plantio das espécies .....	104
5.7 MANUTENÇÃO .....	105
5.7.1 Intercorrências e manutenção .....	106
5.8 LEVANTAMENTO DE CUSTOS .....	107
5.9 AVALIAÇÃO DAS INTERCORRENCIAS .....	109
CAPÍTULO VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	113
ANEXO A –DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS.....	121
ANEXO B –ANÁLISE DO SOLO .....	124

# CAPÍTULO

# I

## CONTEXTUALIZAÇÃO

### 1.1 INTRODUÇÃO

O acelerado processo de urbanização das últimas décadas tem acarretado intensos impactos ao meio ambiente. Com crescimento das atividades urbanas e o avanço das indústrias trazendo com eles a oportunidade de emprego e qualidade de vida, em meados do século XX, houve um processo de urbanização acelerado. Até 1950 a população urbana era inferior a população rural, no entanto a partir desta década iniciou-se um processo migratório na região sudeste do Brasil que logo se confirmou nas demais regiões do país. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a população urbana passou a prevalecer sobre a rural já na década de 60 em algumas regiões e em 1970 mais da metade dos brasileiros já viviam em áreas urbanas, e, conforme o censo de 2010, a taxa de urbanização atingiu o valor de 84%.

O planejamento e a infraestrutura urbanos, mais especificadamente o serviço de saneamento básico, não acompanharam este intenso e rápido processo de urbanização, impactando diretamente no meio ambiente e na paisagem urbana. A expansão para a periferia, pela população de baixa renda que tinha um difícil acesso as áreas mais centrais, conforme Rolnik (1997), levou em muitos casos a ocupação de áreas de preservação ambiental, como áreas de proteção de mananciais. Nesta ocupação, de acordo com Gorski (2010), houve a eliminação de matas ciliares trazendo como consequência a erosão e assoreamento dos corpos d'água assim como também o lançamento do esgoto *in natura*.

Desta maneira, ações como desmatamento, impermeabilização do solo, retificação e canalização dos cursos d'água, entre outros provocam impactos negativos na qualidade de vida urbana e também sérios danos ao ciclo hidrológico. A remoção da cobertura vegetal contribui para a diminuição do armazenamento de água no solo, no aumento do escoamento superficial e consequentemente no aumento das ocorrências de enchentes, estas cada vez mais frequentes gerando prejuízos econômicos e até mesmo a perda de vidas humanas.

Neste contexto, para minimizar ou resolver os problemas relativos à drenagem das águas pluviais são realizados projetos de drenagem baseados no preceito higienista ou *sistema clássico de drenagem*. De acordo com Baptista et al. (2005) esses projetos priorizam a rápida evacuação da água através de condutos, preferencialmente subterrâneos (como a canalização

dos corpos d'água), afastando a presença da água na paisagem urbana, facilitando a circulação viária e o desenvolvimento urbano. Entretanto, esta abordagem clássica tem se afirmado como insuficiente e até mesmo ineficaz pois os problemas de inundações não são resolvidos e sim transferidos para as áreas a jusante.

Devido ao questionamento dos impactos negativos do sistema clássico de drenagem das águas pluviais, conforme Souza (2012), surgiram tecnologias de drenagem alternativas e o uso de *técnicas compensatórias* já no final da década de 70.

As técnicas compensatórias de manejo de águas pluviais- TCs, segundo Baptista et al. (2005), possuem o conceito de resolver o problema da drenagem na fonte, buscando compensar os efeitos da urbanização através da retenção ou armazenamento de água, pela infiltração e melhoria da qualidade infiltrada. A busca por soluções alternativas e sustentáveis vem aumentando a utilização de técnicas compensatórias. São exemplos de TCs os dispositivos de drenagem como bacias de detenção, planos de infiltração, poços de infiltração, valas, trincheiras, biorretenção e outros.

Somado ao conceito das técnicas compensatórias, surge na década de 80 o *Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (Low Impact Development - LID)* como um novo modo para pensar o desenho das áreas urbanizadas. Conforme Tavanti e Barbassa (2012), este é um novo paradigma para planejar e projetar a paisagem urbana para compensar os processos naturais alterados em função da urbanização, tendo como base a gestão das águas pluviais, considerando simultaneamente os aspectos urbanísticos, hidrológicos e ambientais.

Apesar do surgimento das TCs e do LID corroborando para o incremento quantitativo no uso das TCs, os dispositivos projetados poucas vezes se integram à paisagem, podendo comprometer inclusive a eficácia em seus resultados.

Estes dispositivos quando inseridos no contexto urbano sem a devida integração com a paisagem urbana, se tornam áreas com situação agravada pela pouca ou nenhuma manutenção, gerando acúmulo de lixo e conseqüente afastamento da comunidade. Isto muitas vezes ocorre porque estes dispositivos são implantados apenas como exigências legais ou suposta proposta de urbanismo sustentável oferecida por empreendedores ou incorporadoras que visam explorar comercialmente o conceito, ou até mesmo por desconhecimento da funcionalidade do dispositivo e/ou falta de recursos públicos para manutenção dos mesmos.

É neste ponto que surge a importância da integração da técnica compensatória ao seu ambiente inserido, onde objetiva-se que a paisagem local possa ser valorizada e mantenha com seus usuários relações de pertencimento e apropriação, garantindo seus valores culturais, sociais e ambientais, ou seja, a sustentabilidade.

Para que possa ser realizada a integração e possivelmente gerar atratividade entre a paisagem urbana e técnica compensatória, a arquitetura paisagística, mais especificadamente, o projeto paisagístico, se destaca como uma proposta viável e eficiente. Espaços que possuem a presença de vegetação (árvores, arbustos, floreiras, entre outros) corroboram para que haja a criação de valores estéticos e funcionais que podem favorecer a aceitação e a apropriação pela comunidade.

As TCs apresentam critérios de dimensionamento relacionados à capacidade de drenagem particulares a cada técnica, com isto para que o projeto paisagístico não interfira negativamente na funcionalidade das TCs. Desta forma, a inserção de projetos paisagísticos, como fator de integração entre técnica e paisagem urbana, deve ser elaborada concomitantemente a fase de dimensionamento do projeto de drenagem, para não interferir na funcionalidade da técnica ao mesmo tempo em que vegetação selecionada seja adequada a esta funcionalidade (como porte, resistência a permanência de água, entre outros) para que o projeto de paisagismo não seja prejudicado.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Para diminuir ou solucionar os problemas que a impermeabilização do solo e a rápida condução aos cursos d'água causam no ciclo hidrológico, tem-se adotado como medida considerada como alternativa ou compensatória ao sistema higienista a aplicação de técnicas compensatórias de drenagem urbana nos projetos urbanísticos.

Grande parte das aplicações das técnicas atendem o âmbito da exigência legal. É possível citar como uma das primeiras exigências legais a Lei Federal de Parcelamento do Solo 6.766 de 1979. Nesta lei os equipamentos de escoamento e coleta de águas pluviais são estabelecidos como infra-estrutura básica e devem ser indicados nos projetos de loteamentos. Nestes termos, as técnicas compensatórias se enquadram como infra-estrutura, destacando-se como uma solução para o escoamento e coleta das águas mitigando as áreas que são constantemente afetadas, atendendo assim as exigências legais.

Desta forma, as técnicas compensatórias devem ser consideradas uma diretriz projetual para loteamentos ou *retrofit* urbano, pois são estruturas que facilitam a infiltração das águas pluviais e/ou armazenam temporariamente determinado volume da vazão de pico, minimizando enchentes a jusante. Soma-se a isto o fato de abrangerem várias escalas, desde pequenas intervenções no lote como poços de infiltração e pavimentos porosos, como obras

de porte mais significativos como as bacias de retenção ou detenção, implantadas à jusante de uma micro bacia hidrográfica.

Conforme Baptista et al. (2005), a implantação de uma obra de armazenamento ou infiltração não deve ser encarada apenas como uma necessidade técnica, mas também como uma oportunidade de valorização do espaço ou para desempenho de outras funções. Sabendo que a existência áreas verdes é um fator importante na aceitação da comunidade, pois podem promover o bem estar das pessoas e despertar sensações agradáveis e conforme Abbud (2010) que convidam ao encontro das pessoas, como permanecer e praticar alguma atividade ou simplesmente admirar o entorno e os elementos da paisagem, o projeto paisagístico se destaca como solução viável e altamente eficiente contribuindo diretamente para a integração das técnicas compensatórias de manejo de águas na paisagem urbana.

O projeto paisagístico desenvolvido para técnicas compensatórias contribui com a funcionalidade das mesmas e agrega qualidade estética, fato que colabora com a apropriação do lugar pela comunidade, que pode levar a manutenção e cuidado por parte dos próprios usuários, somados a ações de gestão, como programas municipais relacionados à educação ambiental, entre outros.

### 1.3 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver diretrizes para elaboração e execução de projetos paisagísticos em técnicas compensatórias e aplica-las em técnicas construídas em escala real no campus da UFSCar – São Carlos – SP , visando sua integração à paisagem urbana.

#### 1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- i. Elaborar diretrizes projetuais a partir de critérios encontrados na literatura sobre métodos de desenvolvimento de projetos paisagísticos;
- ii. Explorar princípios para concepção projetual e dimensionamento das TCs através projeto paisagístico;

- iii. Implantar projeto paisagístico em TC existente a microbacia experimental do campus da UFSCar- São Carlos;
- iv. Levantar custos;
- v. Levantar critérios de manutenção do projeto paisagístico implantado na microbacia experimental do campus da UFSCar- São Carlos;
- vi. Contribuir com bibliografia específica de projeto paisagístico em TCs à partir da definição das diretrizes e resultado da experimentação.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 A PAISAGEM, O PAISAGISMO E A ARQUITETURA PAISAGÍSTICA

A paisagem, o paisagismo e a arquitetura paisagística são conceitos que por vezes se confundem, entretanto, apesar de partirem de um mesmo atributo, considerando aqui este atributo como sendo as intervenções e relações humanas, cada um apresenta características particulares. Dada a amplitude dos conceitos, é relevante esclarecer resumidamente a definição dos mesmos adotada neste trabalho.

##### 2.1.1 A PAISAGEM

A paisagem envolve múltiplos conceitos. Conforme Schutzer (2008) a palavra paisagem teve origem no Renascimento para indicar uma nova relação entre os seres humanos e seu ambiente. Tendo como base a etimologia da palavra, é possível observar, segundo Martins (2004) e Schenk (2008), que o prefixo diz respeito a país, no sentido de território, enquanto que o sufixo (do latim *age*, em português *agem*) representa “coleção”, “ação” e/ou “resultado de ação”. Compreendendo o significado do sufixo da palavra paisagem como “coleção”, pode-se inferir que o território pode ser “classificado” ou “agrupado” e, para Martins (2004), entende-se como coleção ou classes de Terra. Compreendendo o sufixo como “ação” ou “resultado de ação” pode-se entender como a transformação do território. Esta última compreensão para a palavra paisagem, como ação ou resultado de ação sobre um território, pode ser definida como um processo em que necessariamente existe um território, um lugar de pertencimento, e este está associado a um povo que interage com este território e também interfere no mesmo. Da mesma maneira, a Lei 8/2005 da Catalunha<sup>1</sup>, o termo paisagem é adotado conforme a terminologia internacional dada pela Convenção Europeia da Paisagem<sup>2</sup>, onde entende-se paisagem como uma área compreendida pela comunidade, resultado de interação de fatores naturais e humanos.

Entretanto, o geógrafo Milton Santos<sup>3</sup> desenvolveu minuciosamente o termo e definiu a paisagem como sendo o “resultado de ação”, ou seja, apenas um dos significados

---

<sup>1</sup> Lei de 8 de junho de 2005, que descreve sobre a proteção, gestão e ordenação da paisagem, publicada no *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, núm. 4407.

<sup>2</sup> Convenção Europeia da Paisagem, realizada em Florença em 20 de Outubro de 2000.

<sup>3</sup> Geógrafo brasileiro reconhecido mundialmente e ganhador do premio internacional de geografia, Vautrin Lud. Fonte: Geodrit. Disponível em [www.ub.edu](http://www.ub.edu).

encontrados para o sufixo. Em seus conhecidos textos, traz como significado de algo material e imutável, em que a paisagem, conforme Santos (2006), corresponde à *ação social passada*, concluída, diferente do significado de “*ação*”. Para ele a paisagem resulta em uma imagem daquilo que já foi produzido pela ação do homem. Dando abrangência ao tema, Milton Santos difere ainda claramente o “*resultado de ação*” da “*ação*”, onde defende a ação como sendo o presente e a denomina de “*espaço*”, que diferentemente da “*paisagem*”, é dinâmico e é onde está ocorrendo às interações e intervenções da sociedade.

Soma-se as definições descritas anteriormente que, para o senso comum, segundo Schutzer (2008), paisagem também é tudo o que se pode abarcar com a vista, o mesmo significado encontrado nos dicionários. Da mesma maneira, o consagrado paisagista Roberto Burle Marx define paisagem como o “*sentido da visão e representa tudo aquilo que é possível abarcar com o olhar, tudo aquilo que pode ser descortinado de um determinado lugar, sinônimo de panorama, de vista*” (BURLE MARX, 1987, p.55 apud KAHTOUNI, 2007). Este entendimento possivelmente está relacionado com a origem da palavras *landscape* (paisagem em inglês) e *landshaft* (alemão), onde ambas, conforme Martins (2004), tem origem no baixo alemão antigo, onde o sufixo *cape* tem o sentido de “descrever” e *cap* “cobrir”, com isto pode-se compreender esta definição de paisagem como a observação, o que se abarca com o olhar.

O entendimento de paisagem como arte, mais especificadamente a pintura, também é um senso comum. Pode-se associar este entendimento aos feitos do cientista polivalente e explorador alemão Alexander von Humboldt, que já no final do século XVIII demonstrava sua preocupação em descrever através de textos e da pintura as observações realizadas em suas viagens (inclusive na América do Sul). Conforme Schenk (2008), Humboldt:

[...] percebia na arte de pintar paisagens e apresentá-las ao observador remoto, um meio de fazê-lo participar desse momento único de comunhão e totalidade; ele recomendava aos pintores que, evitando as estufas ou obras de botânica, trabalhassem nos sítios de onde extraíam suas paisagens, de modo que pudessem entrar em comunicação com a natureza e, graças a isso, obter uma representação que possuísse a emoção dos lugares mesmo. (SCHENK, 2008, p.9)

As paisagens representadas através da pintura naquele período, notadamente se tratavam de paisagens predominantemente naturais (representação de um território natural sem a intervenção humana) e rurais, onde a imagem do campo e do verde se destacavam. Em

meados do século XX a relação de paisagem ligada ao campo e a representação dele passa a ser superada pela relação com a cidade, surgindo assim o termo de *paisagem urbana*.

A busca pelas novas oportunidades de emprego nas cidades, oferecidos pelo processo de industrialização acelerado, trouxe uma nova percepção da paisagem, ou seja a paisagem urbana, que agora abarca edifícios, casas, estradas, pontes, ruas, carros, aviões, parques, entre outros, dentro de um território que vive em constante movimento. A comunidade vivente no território, aos poucos deixa sua característica registrada por interferir e produzir o mesmo (*resultado da ação*), vemos então a *paisagem cultural*, ou seja, a identidade da ação do homem registrada em seu território. Consequentemente cada território terá a sua paisagem cultural diferenciada uma das outras por conta das tradições, ritos e necessidades do povo que nele habita e modifica. Nestes termos a paisagem cultural pode ser também entendida como sinônimo da paisagem urbana, enquanto relacionado ao fato da urbanização ser uma produção do homem.

É importante ressaltar também que o termo *jardim* também foi tratado como paisagem. A origem da palavra jardim provavelmente surgiu do radial nórdico e saxão *garth*, que significa “cintura” ou “cerca”, podemos entender então a referência a “algo fechado”. Sobre a origem do jardim, pouco é possível afirmar, no entanto no desenrolar da história é caracterizado, segundo Kahtouni (2007), como “*um território recluso, reservado, propício a meditação ao idílio e as primeiras atividades acadêmicas, na Grécia, reservado a poucos eleitos*”. Com o advento do modernismo os jardins passam a ser mais acessíveis e hoje entende-se jardim como um espaço, geralmente aberto, para exibição e/ou cultivos de plantas. O jardim, portanto, não é sinônimo, mas sim integrante da paisagem.

A paisagem, portanto, tem sua ótica abrangente, podendo ser considerada como arte, como construção e como ação do homem sobre o ambiente. Contudo, a paisagem pode ser definida como qualquer parte de um território que comporta as ações dos meios naturais e também humanos e suas interações, sejam elas passadas ou presentes.

### 2.1.2 O PAISAGISMO

Para o senso comum, o termo paisagismo está diretamente associado a um projeto de “jardim” (projeto paisagístico), mais especificadamente, associado ao plantio de espécies vegetais que contém e seguem um padrão estético, intencionando, segundo Schutzer (2008) restabelecer o convívio do homem com a natureza, sobretudo no meio urbano.

Entretanto, como abordado anteriormente, sobre o conceito de paisagem, as alterações realizadas pelo homem refletem nas características naturais do local, contudo essas alterações passaram a ser planejadas, estudadas, e são nestes termos (estudo e planejamento) que se enquadra o conceito de paisagismo. O paisagismo, segundo Macedo (1999), *pode designar as variadas escalas e formas de atuação e estudos sobre a paisagem*.

Com o desenvolvimento das cidades, especialmente com o surgimento das grandes cidades industriais, a proximidade com a natureza, assim como também a relação e interação do homem com a mesma foi se perdendo cada vez mais. Aspectos como jornada de trabalho intensa, abertura de vias de acessos, bairros e aglomerados para compreender novos trabalhadores, novas áreas destinadas para construção de indústrias, entre outros, corroboraram para a diminuição dos *espaços verdes*. Com isto, já no final no século XIX, surgiu uma nova corrente europeia: a busca pela natureza. Segundo Schutzer (2008), praças e parques começaram a ser implementados nas grandes cidades com a finalidade de reconstituir a natureza nas cidades. Algumas cidades americanas e grandes cidades europeias começaram a intervir em suas paisagens através da criação de novas praças e parques, compreendendo a importância da presença de espaços abertos e verdes para a sociedade.

Esta intervenção planejada, que busca compreender e implementar a paisagem urbana com o objetivo de requalificá-la tanto funcionalmente, esteticamente, e ambientalmente, segundo Schutzer(2008), é o paisagismo.

Desta forma, o conceito de paisagismo está diretamente associado ao estudo e planejamento, a associação dele com a atividade de plantio ordenado de espécies vegetais para a qualificação tanto estética quanto funcional e ambiental da paisagem urbana não está sendo distorcida pelo senso comum, porém para esta atividade deu-se a definição *de arquitetura paisagística*.

### 2.1.3 A ARQUITETURA PAISAGÍSTICA

A *arquitetura paisagística*, ou *arquitetura da paisagem*, pode ser definida, conforme Macedo (1999), como uma “*ação de projeto específica que passa por um processo de criação a partir de um programa dado*”.

Pode-se afirmar, conforme Schenk (2008), que o pioneirismo da prática da arquitetura da paisagem pode ser atribuída ao arquiteto norte-americano Frederick Law Olmsted (1822-1903). Olmsted realizou grandes projetos nos Estados Unidos da América, dentre eles o

Central Park (Nova York, EUA), defendendo a nova ideologia da necessidade de criar e preservar espaços verdes dentro das cidades, analisando e respeitando todas as características da paisagem. Para isto, ele considerava, além da preservação da paisagem natural, outras funções como a preservação das características regionais, recreação e integração das características hidrológicas, denominando este processo de *landscape architecture*, ou seja, arquitetura da paisagem, que levou a criação do campo disciplinar (no Brasil atrelada ao ensino de arquitetura) e a profissão (arquiteto paisagista).

Grande expoente da arquitetura paisagística no Brasil é o artista plástico Roberto Burle Marx, segundo Chacel (2001), que se destacou por seu trabalho como paisagista, criando uma identidade com a paisagem brasileira, inovando a linguagem paisagística através da incorporação de plantas nativas. As suas criações trouxeram como consequência a difusão da profissão no país. A característica projetual desenvolvida por Burle Marx atraiu vários profissionais e grandes nomes da arquitetura paisagística e, no Brasil, muitos foram seus discípulos, dentre eles Haruyoshi Ono<sup>4</sup> e Fernando Chacel<sup>5</sup>.

A profissão de arquiteto paisagista foi institucionalizada nos Estados Unidos em 1899 com a criação da *American Society of Landscape Architects* (Asla). Nos Estados Unidos, assim como em alguns países europeus, entre outros, existe graduação específica para a arquitetura paisagística, diferentemente do ocorre no Brasil, em que esta atividade é considerada parte das atribuições do arquiteto e urbanista. O Decreto Federal nº. 23.569 de 11 de dezembro de 1933, onde são descritas as atribuições de cada profissão, diz que o projeto, direção e fiscalização das obras de Arquitetura Paisagística é responsabilidade do arquiteto ou engenheiro arquiteto. Um marco para esta atividade no Brasil foi a fundação da Associação dos Brasileira de Arquitetos Paisagistas – ABAP, através de Rosa Grena Kliass<sup>6</sup> e Fernando Chacel em 1976 com o apoio de vários profissionais, dentre eles Burle Marx e o biólogo e ambientalista Luiz Emydio de Mello Filho<sup>7</sup>. Mesmo reconhecendo o caráter multidisciplinar da Arquitetura Paisagística (que interage com diversas áreas, como arquitetura, biologia,

---

<sup>4</sup> Arquiteto Paisagista, sócio e colaborador no escritório de paisagismo de Burle Marx

<sup>5</sup> Arquiteto Paisagista, estagiário de Burle Marx e um dos fundadores da Associação Brasileira de Arquitetos Paisagistas.

<sup>6</sup> Arquiteta Paisagista, ícone do paisagismo brasileiro e uma dos fundadores da Associação Brasileira de Arquitetos Paisagistas.

<sup>7</sup> Botânico (1913-2002), exerceu mandatos de chefe da divisão de Botânica no Museu Nacional, Foi Presidente da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, onde exerceu também outros cargos; diretor da Secretaria de Parques e Jardins da cidade do Rio de Janeiro; membro do Conselho Estadual de Cultura onde exerceu a presidência; presidente da Sociedade Botânica do Brasil, onde exerceu também outros cargos; membro do Conselho do Sítio Roberto Burle Marx, desde a sua criação; da Fundação Botânica Margaret Mee. Foi agraciado com o título de Professor Emérito pela UFRJ. Orientou alunos de graduação e pós-graduação e foi agraciado com diversos prêmios e medalhas. Fonte: Sociedade Botânica do Brasil. Disponível em <http://www.botanica.org.br>

agronomia, engenharia florestal e artes plásticas.), a Lei nº. 12.378 de dezembro de 2010, que regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo, confirmou a sua incumbência ao arquiteto e urbanista dizendo que a “*concepção e execução de projetos para espaços externos, livres e abertos, privados ou públicos, como parques e praças, considerados isoladamente ou em sistemas, dentro de várias escalas, inclusive a territorial*”. Entretanto, hoje no Brasil, grande parte dos centros irradiadores da atividade não têm sido exclusivos aos cursos de arquitetura, mas também de engenharia agrônômica, que oferecem disciplinas de paisagismo em sua grade curricular, Ferreira (2012). Hoje existe o Projeto de Lei 2043/11 que busca a regularização e a autonomia da atividade no país.

Contudo, mesmo abarcando profissionais de várias áreas que atuam como “*paisagistas*”, conforme afirmado anteriormente, esta atividade está diretamente ligada a uma ação projetual. Macedo (1999) complementa que a ação paisagística é “*uma preconcepção tridimensional, desenvolvida de modo a qualificar ambiental, estética e funcionalmente um espaço livre determinado, que pode, de acordo com a escala do projeto, ter um significado complementar ou estrutural em relação ao espaço*”.

#### 2.1.4 ADOTANDO DEFINIÇÕES

Levando em consideração as características particulares de cada conceito desenvolvidas resumidamente neste trabalho e apresentadas anteriormente, assumiu-se como definição dos conceitos abordados, que:

- *a paisagem ou paisagem urbana é o lugar onde ocorrem as intervenções e interações da sociedade, como a alteração da topografia, a remoção da cobertura vegetal, a impermeabilização do solo, a canalização e retificação de cursos d’água, entre outros, que fazem parte da urbanização convencional reproduzida ao longo dos séculos e que geralmente acarretam em grandes problemas relacionados ao escoamento e drenagem das águas pluviais no meio urbano, prejudicando não apenas o meio ambiente como também o próprio homem e suas inter-relações;*
- *o paisagismo é o estudo e planejamento da paisagem visando qualificar ações e interações do homem na paisagem;*
- *a arquitetura paisagística ou projeto paisagístico é o desenvolvimento projetual para a concretização do paisagismo.*

Tendo em vista que, pensar na paisagem urbana sob a ótica do projeto paisagístico vai além das questões de composição harmonica de espécies vegetais, tamanhos e cores com o ambiente inserido, o projeto cria e/ou majora o interesse por parte da comunidade e potencializa as obras que poderiam ser o resultado de um projeto de engenharia, ou seja, o projeto paisagístico pode abranger uma dimensão estética, funcional e a noção de pertencimento e identidade de uma comunidade.

Desta maneira, pode-se afirmar que por meio da arquitetura paisagística é possível elaborar projetos que visam à sustentabilidade da paisagem urbana. Com isto, a multifuncionalidade é fator determinante para a elaboração desses projetos e está diretamente relacionada com a agregação de valores culturais, sociais, econômicos, ambientais como também estéticos, corroborando para uma paisagem urbana sustentável e funcional.

## 2.2 AS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para abordar a temática das técnicas compensatórias (TCs) é preciso enquadrá-las no processo de evolução no tratamento de drenagem urbana das águas pluviais.

Conforme Baptista et al. (2005), pode-se afirmar que as primeiras obras relacionadas à evacuação das águas pluviais e cloacais datam da Idade Antiga estão associadas às realizações dos povos mesopotâmicos, gregos e especialmente os romanos (com edificações que perduram até a atualidade). Na Idade Média a ocupação do espaço se dava de acordo com as classes sociais, onde os mais abastados ocupavam as partes mais elevadas, e os demais ficaram sujeitos às inundações periódicas por estarem na parte mais baixa das cidades. Também neste período é notado a ausência de sistemas sanitários, sendo uma época marcada pelo termo “*tout à la rue*”, onde tanto o lixo como as águas residuais eram lançados no sistema viário. Ainda segundo Baptista et al. (2005), durante o Renascimento, no século XVI verificou-se as primeiras preocupações relacionadas à insalubridade, surgindo assim as primeiras e tímidas canalizações.

Já no século XVIII, de acordo com Souza et al. (2012), surgiram as primeiras constatações que associavam a mortalidade às áreas alagadas. Essas constatações, surgidas na Itália, logo foram difundidas em países como Alemanha, Inglaterra e França, desencadeando um processo de extinção de terras úmidas como medida de saúde pública.

No século XIX com o avanço da ciência, mais especificadamente, das áreas da epidemiologia e microbiologia, conforme Baptista et al. (2005) e Souza et al.(2012), associados a precariedade da infraestrutura, evidenciou-se a relação da presença das águas

como transmissor de doenças. Desta forma, a rápida evacuação das águas, tanto pluviais como as servidas, foi a solução encontrada, desencadeando o conceito *higienista* de drenagem.

O *higienismo* tem como características a canalização dos cursos d'água, evacuação das águas pluviais e servidas por meio de condutos subterrâneos e a impermeabilização do solo. Dentre as realizações higienistas, vale ressaltar o trabalho do engenheiro Saturnino de Brito, no início do século XX que, segundo Gorski (2010) e Souza et al. (2012), possuía uma visão mais abrangente sobre os recursos hídricos e, diferentemente da prática higienista, já defendia um sistema de separador absoluto entre as águas pluviais e cloacais, em seus projetos se preocupava em adequar as técnicas de drenagem ao comportamento da precipitação local e tinha como objetivo, além de sanear, embelezar e prever a expansão da cidade.

As características higienistas de drenagem predominam até os dias de hoje e de acordo com Baptista et al. (2005) são a base dos *sistemas clássicos de drenagem*, que são constituídos de:

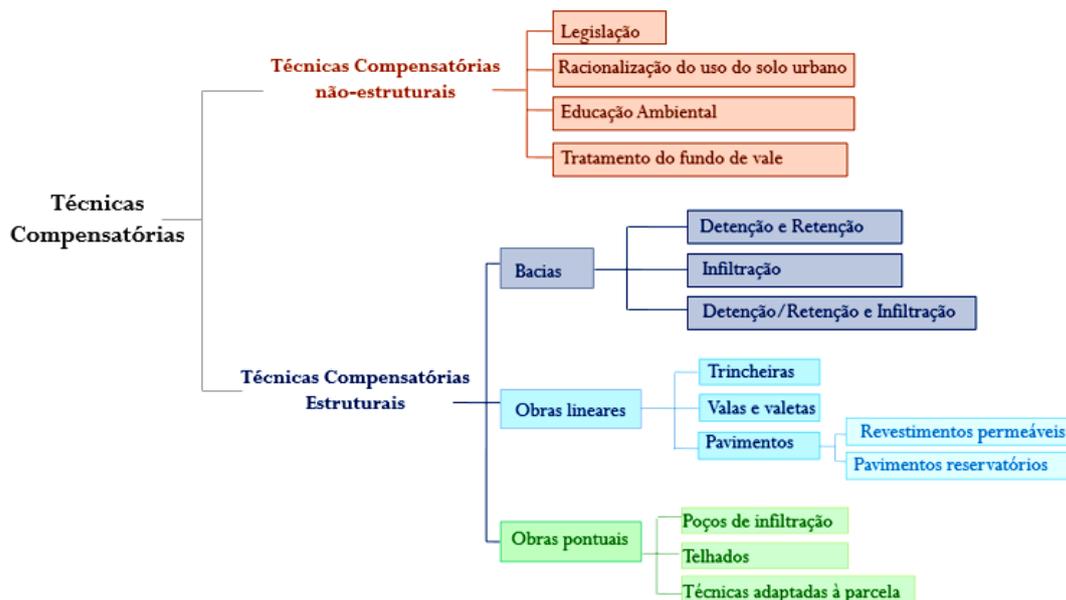
[...]basicamente, de dispositivos de micro-drenagem, que efetuam o transporte das águas superficiais nas ruas (sarjetas), sua captação quando a capacidade de vazão é superada (bocas de lobo), e de condutos, usualmente enterrados, destinados ao transporte dessas águas até desagüe ou até sistemas de macro-drenagem, constituídos de canais abertos ou enterrados de porte significativo (galerias). (BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N; BARRAUD, S. 2005, p.23)

Apesar da implantação de dispositivos de drenagem na paisagem urbana, o sistema clássico de drenagem não acompanhou o acelerado processo de urbanização ocorrido em meados do século XX. O sistema de drenagem implantado para receber determinada capacidade de volume das águas pluviais, na maioria das vezes, é o mesmo que recebe a soma dos volumes, advindos de áreas urbanas já consolidadas e das ampliações das áreas adjacentes. Soma-se a isto o desenvolvimento urbano convencional, que apesar da consolidação de legislações específicas (como o Estatuto da Cidade, Lei 10.257 de 10 de julho de 2001), apresenta a ocorrência de muitas cidades com uma ocupação e uso do solo mais livre, suprimindo muitas vezes a paisagem natural e as questões que envolvem a hidrologia da região, como a canalização dos cursos d'água, a ocupação de áreas ribeirinhas e o alto nível de impermeabilização do solo entre outros. Como consequência disto, nota-se o aumento de enchentes, perdas materiais, contaminação por doenças de veiculação hídrica, entre outros.

Conforme Souza et al. (2012), na tentativa de sanar os problemas relacionados a drenagem, foram desenvolvidos métodos compensatórios para o manejo de águas pluviais denominados como “*Best Management Practices*” – “técnicas compensatórias” (TCs). As “TCs” ou “tecnologias alternativas” de drenagem visam neutralizar os impactos da urbanização sobre os processos hidrológicos através de soluções alternativas. Elas possuem o conceito de resolver o problema da drenagem das águas na fonte e, para isto, é adotada uma escala de planejamento que abrange a bacia hidrográfica e conforme a necessidade de cada local implanta-se dispositivos de armazenamento e infiltração. Através destes métodos compensatórios, a neutralização dos efeitos da urbanização é dada pela retenção e armazenamento de água, pela infiltração e melhoria da qualidade infiltrada. Segundo Souza et al. (2012), na década de 70, as TCs já eram recomendadas mundialmente, enquanto no Brasil na década de 90.

De acordo com Baptista et al. (2005), as técnicas podem assumir múltiplas formas e diferentes escalas e podem ser classificadas de duas maneiras: não-estruturais e estruturais, Figura 1. As TCs não-estruturais dizem respeito aos aspectos normativos e preventivos, muitas vezes ligados a sensibilização da população, como legislação, educação ambiental, sistemas de alerta e mapas de inundação, entre outros. As TCs estruturais podem ser consideradas como obras que favorecem o retardamento dos escoamentos, como bacias de detenção, poços, valas, trincheiras, pavimento permeável, telhado verde, entre outros. Devido à necessidade da compensação, é possível associar duas ou mais técnicas para atingir as condições de pré-desenvolvimento urbano e/ou a configuração projetual desejada.

Figura 1: Classificação das Técnicas Compensatórias



Fonte: Adaptado de Baptista, Nascimento e Barroud 2005.

Para a seleção e implantação das TCs existem alguns critérios que devem ser observados, pois condicionam a sua implantação. Segundo Baptista et al. (2005), esses critérios dizem respeito as características físicas, urbanísticas, ambientais e sanitárias e socio-econômicas. As características físicas envolvem a topografia, ao solo e ao caminho natural de drenagem. As características urbanísticas dizem respeito a disponibilidade de área, as redes de telefonia, água e esgoto. As características ambientais e sanitárias estão relacionadas ao risco de poluição.

Considerando os conceitos abordados anteriormente, as técnicas compensatórias são integrantes do paisagismo, pois para a implantação consideram o planejamento da bacia hidrográfica buscando a requalificação do espaço urbano.

### 2.2.1 EXEMPLOS DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS ESTRUTURAIIS

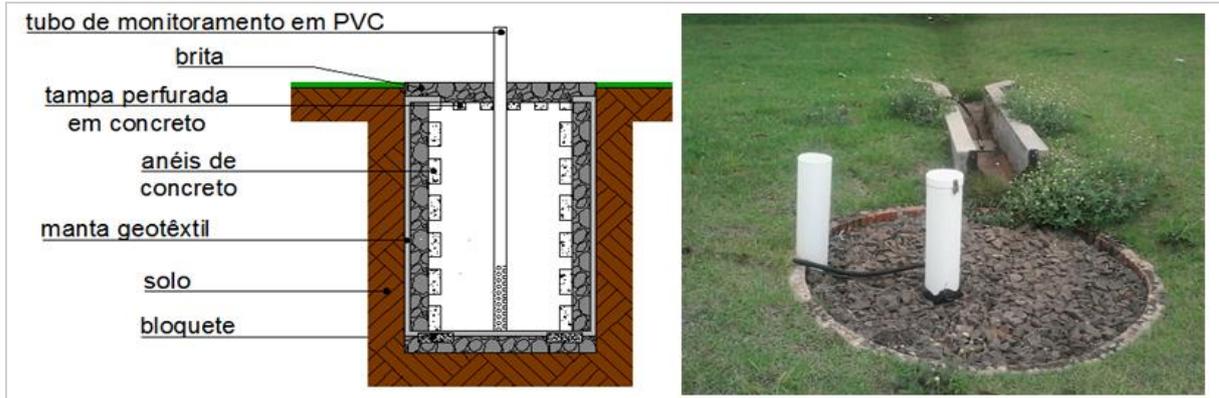
Dada à abrangência das formas e escalas, cabe exemplificar as técnicas compensatórias mais utilizadas.

#### 2.2.1.1 Poço de infiltração

Os poços de infiltração, conforme Baptista et al. (2005), são TCs estruturais localizadas e dizem respeito a um espaço escavado, em formato cilíndrico preenchido parcialmente com agregados, podendo ser instalados na escala de um lote convencional, pois demandam de espaços reduzidos e também podem ser associados a arquitetura paisagística do lote. O poço de infiltração pode ser pré-moldado, sendo constituído de anéis de concreto com orifícios nas laterais e com necessidade de preenchimento mínimo de agregados na base. Quando o poço é feito manualmente ele deve ser totalmente preenchido com agregados para que sua parede lateral não ceda. Eles são projetados para controlar, manter e infiltrar lentamente o escoamento dos telhados de edificações e das áreas adjacentes. Para isto, a instalação de água pluvial das edificações é desconectada da rede convencional e direcionada para o poço, podendo ser encaminhada por escoamento superficial ou também por uma rede de drenagem, onde é mantida e infiltrada no solo. Esta técnica apresenta um custo frequentemente baixo e demanda manutenção periódica. O Grupo de Estudos em Sistemas Hídricos Urbanos da Universidade Federal de São Carlos, G-Hidro, vem desenvolvendo estudos relacionados aos poços de infiltração, dentre eles é possível destacar os trabalhos

realizados por Sobrinha (2012)<sup>8</sup> e Ferreira e Barbassa (2014)<sup>9</sup>. Na Figura 2 é apresentado um corte esquemático de um poço de infiltração e um poço implantado na microbacia experimental da UFSCar pelo G-hidro.

Figura 2: Poço de infiltração construído na microbacia experimental do G-Hidro, campus da UFSCar – São Carlos - SP



Fonte: G-hidro.

#### 2.2.1.2 Trincheiras

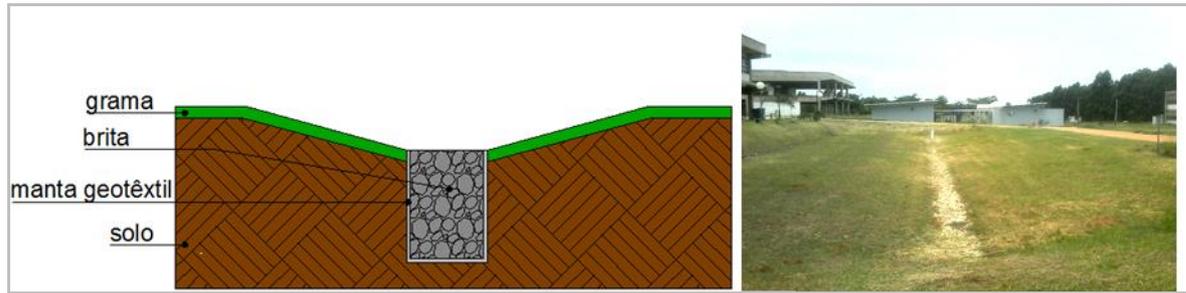
As trincheiras são técnicas lineares e são implantadas junto à superfície ou a pequena profundidade, conforme Baptista et al. (2005). Por possuírem uma dimensão longitudinal maior que a largura é frequentemente implantada junto ao sistema viário. As trincheiras são pequenas escavações preenchidas com agregados, como seixos ou brita e podem servir para a infiltração como também para retenção, desta forma, as águas podem infiltrar no solo, como também serem direcionadas para o sistema de drenagem, atuando como um controle de vazão. Elas recebem as águas pluviais através do direcionamento do escoamento superficial, mas também podem receber as águas através de um sistema convencional de drenagem. Na Figura 3 é possível visualizar uma corte esquemático de uma trincheira e uma trincheira associada a um sistema conjugado com filtro e vala, denominado como FVT - Filtro-Vala-Trincheira implantada na microbacia experimental da UFSCar pelo grupo G-Hidro, com trabalho específico desenvolvido por Lucas (2011)<sup>10</sup>.

<sup>8</sup> FERREIRA, T. S. ; BARBASSA, A.P. *Controle de enchentes na fonte por poços de infiltração de diferentes concepções: projeto e construção das estruturas*. 6º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS.2014.

<sup>9</sup> SOBRINHA, L.A. *Monitoramento e modelagem de um poço de infiltração de águas pluviais em escala real e com filtro na tampa*. São Carlos: UFSCar, 2012.147f.

<sup>10</sup> LUCAS, A. H. *Monitoramento e modelagem de um sistema filtro - vala - trincheira de infiltração em escala real*. -- São Carlos : UFSCar, 2011. 159 f.

Figura 3: Sistema Filtro-Vala-Trincheira construído na microbacia experimental do G-Hidro, campus da UFSCar – São Carlos - SP

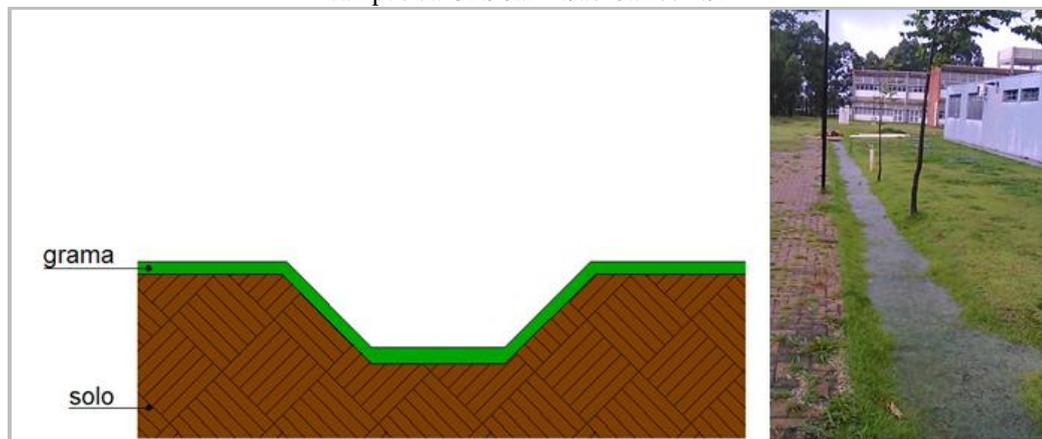


Fonte: G-Hidro.

### 2.2.1.3 Valas e valetas

As valas e valetas (ou canais) são técnicas lineares implantadas para direcionar, armazenar temporariamente e favorecer a infiltração das águas pluviais. Elas correspondem a depressões escavadas no solo e as águas são introduzidas geralmente através do escoamento superficial. As valas e valetas também possuem um grande potencial paisagístico, pois podem ser revestida com vegetação, sendo mais comum seu revestimento com gramíneas. É possível visualizar um corte esquemático na Figura 4 e um canal gramado em funcionamento, implantado na microbacia experimental da UFSCar pelo grupo G-Hidro.

Figura 4: Canal gramado para escoamento superficial direto construído na microbacia experimental do G-Hidro, campus da UFSCar – São Carlos - SP



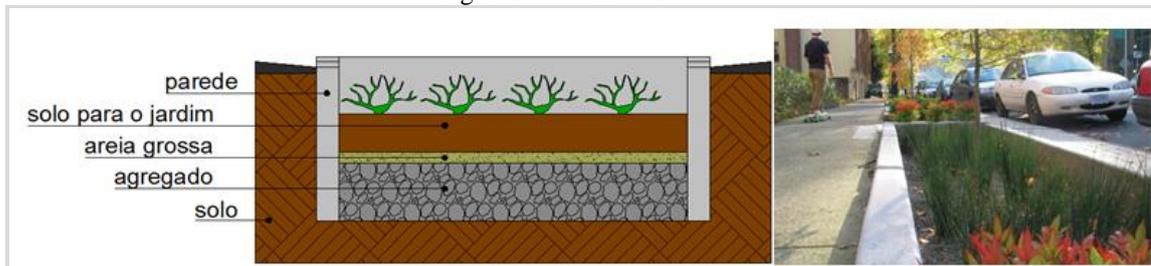
Fonte: G-hidro.

### 2.2.2.4 Jardins de chuva, biorretenção e canteiro pluvial

Estas são TCs pontuais e podem ser definidas como depressões rasas com alto potencial paisagístico, Figura 5. Ambas dizem respeito a áreas ajardinadas, entretanto o canteiro pluvial é mais compacto, adaptado a pequenos espaços urbanos. De acordo com Cormier e Pellegrino (2008), através da adição de plantas, aumenta-se a evapotranspiração e a remoção dos poluentes, corroborando com o aumento da qualidade da água infiltrada. O

plantio condicionado de espécies vegetais somados ao tratamento do solo com compostos auxiliam o desenvolvimento de microrganismos e bactérias que removem os poluentes difusos trazidos pelo escoamento superficial. Este tratamento envolve processos como a adsorção, filtração, volatilização, troca de íons e decomposição. Estas técnicas podem receber as águas de coberturas como das áreas impermeabilizadas adjacentes e quando o solo não é propício para infiltração podem ser implantados extravasores que direcionam as águas pluviais para a rede de drenagem convencional.

Figura 5: Jardim de Chuva

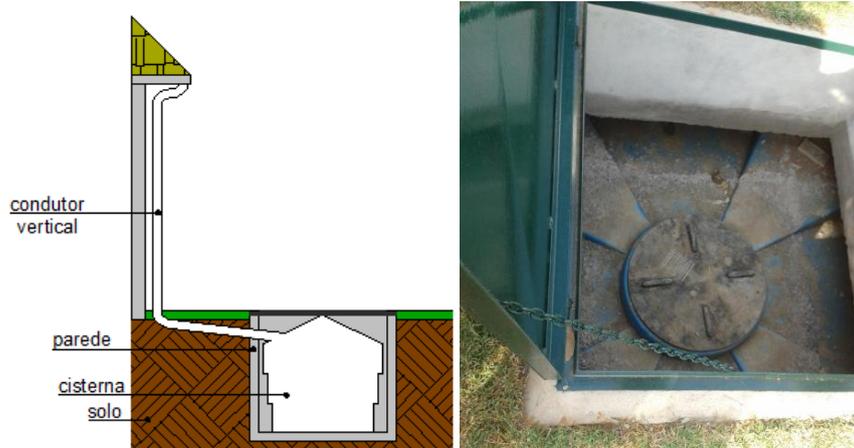


Fonte: Adaptado de <http://solucoesparacidades.com.br> e [www.cidadessustentaveis.org.br](http://www.cidadessustentaveis.org.br).

#### 2.2.1.5 Cisternas

As cisternas são técnicas localizadas e funcionam como reservatório de armazenamento das águas pluviais provenientes das coberturas das edificações. Geralmente possuem formato cilíndrico e podem ser construída com alvenaria, concreto armado, fibra de vidro, polietileno, entre outros, sendo esta última o formato mais comum e facilmente encontrado no mercado e sua instalação pode ser subterrâneas, semienterradas ou no nível do solo. Conforme Baptista et al. (2005) esta técnica tem uso crescente no Brasil por ser recomendado e obrigatório em diversos municípios. Em visita realizada pelo grupo G-Hidro a empreendimentos da Urbanizadora Damha na cidade de São Carlos- SP foi possível visualizar a cisterna, Figura 6, implantada para a captação das águas pluviais em edificação administrativa no Residencial Damha Golf.

Figura 6: Cisterna subterrânea implantada em edificação do Residencial Damha Golf na cidade de São Carlos-SP



Fonte: G-Hidro.

#### 2.2.1.6 BARRIL DE CHUVA

Os barris de chuva são técnicas de baixo custo adaptáveis a vários locais. Esta técnica é basicamente uma cisterna de pequeno porte, constituída da desconexão da instalação pluvial predial da rede de drenagem convencional para a conexão dos condutores verticais em tambores ou barris, que retém um volume predeterminado (por conta da capacidade do tambor ou barril) do escoamento da cobertura da edificação. Podem ser associados ao projeto paisagístico das edificações, como na Figura 7, entretanto é necessário direcionar o volume de transbordamento devido a limitação do volume do barril, associando a outras técnicas ou direcionando para a drenagem convencional. A água pluvial armazenada é comumente utilizada para a rega dos jardins ou lavagem das áreas impermeáveis da edificação.

Figura 7: Barril de chuva



Fonte: <http://reciclaearte.spaceblog.com.br>.

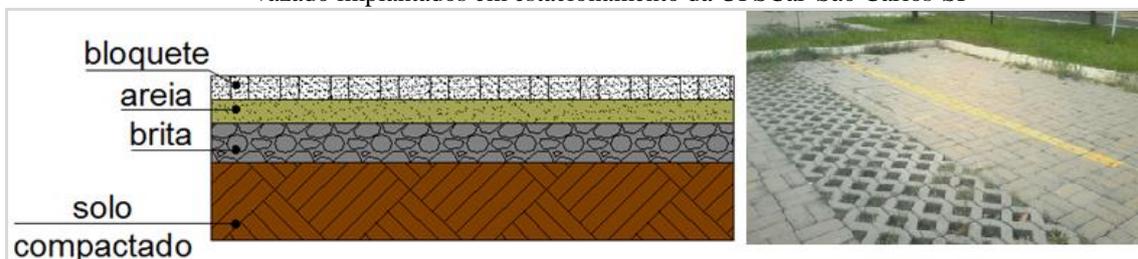
### 2.2.1.7 PAVIMENTO PERMEÁVEL OU POROSO

Os pavimentos permeáveis, ou porosos são revestimentos superficiais que permitem a infiltração, retenção ou detenção das águas pluviais no solo. As características do solo são determinantes para a funcionalidade desta técnica compensatória, pois, conforme Araújo et al. (2000), o pavimento é considerado um dispositivo de infiltração quando o solo apresenta boa capacidade de infiltração, desta maneira o escoamento superficial é desviado através da superfície do pavimento para uma camada de pedra ou areia, que se localiza entre o solo e a superfície do pavimento e infiltra no solo. Para locais que apresentam o solo com baixa capacidade de infiltração, o pavimento permeável pode ser utilizado como um reservatório temporário para amortecimento das vazões, sendo necessária a sua associação com a rede de drenagem convencional. Os pavimentos podem ser considerados porosos quando sua estrutura é constituída por material poroso como o concreto poroso e o asfalto poroso. Existem vários tipos de pavimentos permeáveis, entre eles, os mais comuns são:

- Pavimentos em blocos de concreto intertravado;
- Pavimentos em blocos de concreto vazado;
- Pavimento em concreto poroso;
- Pavimento em asfalto poroso.

Na Figura 8 é possível visualizar um corte esquemático de um pavimento permeável e algumas tipologias de pavimentos implantados em determinado estacionamento na UFSCar, onde foi feita a combinação do pavimento intertravado e do bloco de concreto vazado.

Figura 8: Modelo de assentamento de pavimento intertravado e Pavimento intertravado e bloco de concreto vazado implantados em estacionamento da UFSCar-São Carlos-SP



Fonte: Adaptado de [www.rhinopisos.com.br](http://www.rhinopisos.com.br).

### 2.2.1.8 Bacias

As bacias são técnicas compensatórias estruturais de controle centralizado e podem ser implantadas a céu aberto ou ser cobertas ou subterrâneas. Elas também abrangem variadas escalas, no entanto são geralmente implantadas com grandes dimensões e devido à necessidade de grandes espaços. As bacias cobertas e subterrâneas são recorrentes nas áreas urbanas densamente ocupadas por não disporem de espaço como as áreas de expansão urbana dispõe. Conforme Baptista et al. (2005) as bacias atendem três principais funções, que são:

- O amortecimento de cheias geradas em contexto urbano, como forma de controle de inundações;
- A eventual redução de volume de escoamento, no caso das bacias de infiltração;
- A redução da poluição difusa de origem pluvial.

Conforme Baptista et al. (2005) e Almeida (2014) as bacias podem ser classificadas de acordo com o seu funcionamento:

- Bacia de detenção: quando sua função é armazenar temporariamente determinado volume das águas pluviais;
- Bacia de retenção: quando armazenam e infiltram no solo determinado volume das águas pluviais;
- Bacias mista: quando sua funcionalidade abrange tanto a detenção quanto a retenção das águas pluviais.

Quando implantadas a céu aberto, as bacias podem ser projetadas para serem multifuncionais, isto é, oferecer outro uso para a comunidade além do hidrológico, associado ao aspecto social e paisagístico, como quadras poliesportivas e parques. Na Figura 9 é apresentado alguns tipos de bacia.

Figura 9: Bacias de detenção



Fonte: a) Bacia de detenção Parque Ecológico Primeiro de Maio em Belo Horizonte - MG, fonte [www.portalpbh.pbh.gov.br](http://www.portalpbh.pbh.gov.br); b) Bacia de retenção implantada no campus da UFSCar, fonte a autora; c) Bacia de detenção com fins esportivos em Porto Alegre - RS, fonte [www.2portoalegre.rs.gov.br](http://www.2portoalegre.rs.gov.br); d) Bacia de detenção implantada no Residencial Damha Golf, fonte Ghidro.

#### 2.2.1.9 Telhados verdes

Telhados verdes, segundo Jobim (2013), são sistemas construtivos que, de maneira geral, possuem uma manta, substrato e vegetação e são sobrepostos em coberturas planas ou inclinadas de edificações, com o objetivo de trazer benefícios sócio-econômicos e ambientais, tais quais o isolamento térmico e acústico, a biodiversidade e redução do escoamento superficial. Os telhados verdes, podem ser classificados como extensivos ou intensivos. Para Cormier e Pellegrino (2008), os telhados verdes extensivos, são mais leves pois referem-se àqueles com uma seção estreita (5-15 cm) e as planta utilizada devem ser de pequeno porte, como gramíneas. Telhados verdes intensivos são aqueles que permitem maior sobrecarga e possuem uma seção maior (20-60 cm), podendo ser utilizadas plantas de maior porte como herbáceas, arbustos e até mesmo pequenas árvores. Conforme Baldessar (2012) um estudo realizado na cidade de Portland (EUA), afirma que a presença de telhados verdes retém o volume da água entre 10-35% durante a estação chuvosa e 65-100% durante a estação seca,

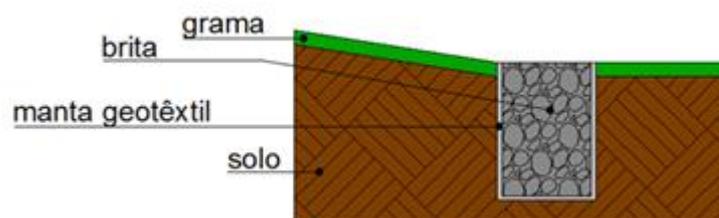
havendo redução do pico de fluxo, ou seja, em todas as tempestades é reduzido os picos de vazão.

#### 2.2.1.10 Planos de infiltração

Conforme Batista et al. (2005), os planos de infiltração são simples depressões escavadas no solo que possuem as dimensões longitudinais não muito maiores do que as dimensões transversais e apresentam uma profundidade reduzida. Esta TC tem a função de armazenar temporariamente e infiltrar as água pluvial como também pode ser implantada como dispositivos de saída ou de pré-tratamento para outras TCs. As águas pluviais geralmente são diretamente introduzidas nos planos de infiltração e através do escoamento superficial, podendo também ser introduzidas via tubulação, ou através de um canal de brita.

O canal de brita (também apresentado na literatura como canal diafragma e difusor ou espalhador de nível) é geralmente implantado em conjunto com outras técnicas. Trata-se de uma pequena vala preenchida com agregado, geralmente brita, projetada para receber o escoamento de um fluxo concentrado das águas pluviais (proveniente de uma vala, canal de drenagem convencional, entre outros) e dispersá-lo uniformemente pela área ou técnica compensatória que irá infiltrar ou deter este volume. Na Figura 10 é possível visualizar a um corte esquemático de um canal de brita.

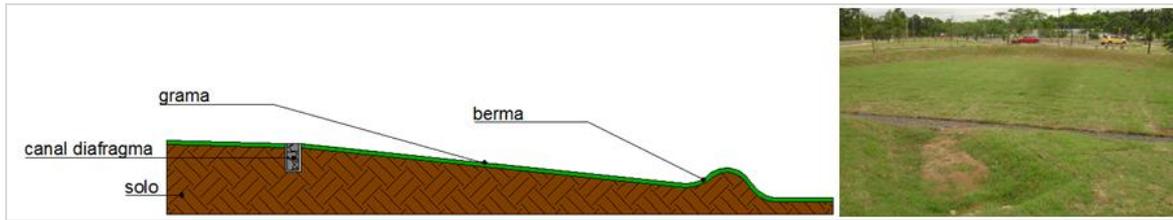
Figura 10: Corte esquemático de um canal de brita



Fonte: G-hidro.

Os planos de infiltração possuem sua área levemente inclinadas e com vegetação. A inclinação deve ser baixa para que a água não ganhe velocidade e assim permaneça em maior tempo em contato com o solo permitindo uma adequada infiltração (TECEDOR, 2014). A aplicação de espécies vegetais, geralmente grama, contribui para que haja um pré-tratamento das água pluviais, através de processos como a filtração, soma-se a este fato a possibilidade de implantação de projeto paisagístico contribuindo para uma estética agradável. Na Figura 11 é possível ver um corte esquemática de um plano de infiltração e um plano implantado no *campus* da UFSCar.

Figura 11: Plano de infiltração construído na microbacia experimental do G-Hidro, campus da UFSCar – São Carlos - SP



Fonte: G-Hidro.

### 2.3 O DESENVOLVIMENTO URBANO DE BAIXO IMPACTO

Desde seu início na década de 70, a inserção das técnicas compensatórias tem contribuído para melhorias na qualidade de vida nas cidades em relação a drenagem das águas pluviais (BATISTA *et. al* 2005), entretanto surgiram na década de 80 novas abordagens mais abrangentes. Estas novas abordagens são denominadas como *Low Impact Development* – LID (na América do Norte), *Sustainable Urban Drainage Systems* – SUDS (no Reino Unido) e *Water Sensitive Urban Design* – WSUD (na Austrália). Neste trabalho será utilizada a denominação LID, traduzida aqui como Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto.

Conforme Souza et al. (2012) e Tavanti (2009), o Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto ou LID vai além da implantação das técnicas compensatórias, pois envolvem o planejamento multidisciplinar integrado a práticas de tratamento e controle das águas pluviais em pequena escala, procurando imitar o comportamento hidrológico natural, isto é, o comportamento hidrológico anterior ao da urbanização.

De acordo com Tavanti (2009), para a aplicação do planejamento e a realização do projeto através do LID é necessário compreender alguns conceitos essenciais que o envolvem:

- **Conceito 1:** Hidrologia como meio integrador

A busca pelo comportamento hidrológico natural do local (antes da urbanização) é o foco principal do LID, desta forma o tratamento da drenagem das águas pluviais deve ser realizado diretamente na sua fonte.

- **Conceito 2:** Foco na microgestão

Focalizar na micro gestão diz respeito a utilizar escalas menores de atuação como as microbacias e a aplicação de técnicas localizadas

- **Conceito 3:** Controle na fonte

O controle na fonte quer dizer controlar o escoamento das águas pluviais no local em que está sendo gerado. Este tipo de controle permite o tratamento do volume escoado, colaborando com a redução e até mesmo a eliminação de riscos associados ao transporte de poluentes para áreas a jusante.

- **Conceito 4:** Uso de métodos não-estruturais

Os sistemas naturais promovem a interceptação e a filtração de poluentes, desta maneira a utilização de sistemas mais simples, como vegetação e alterações no solo, diminuem a necessidade de utilização de grandes construções.

- **Conceito 5:** Criação de uma paisagem multifuncional

Dentre a variedade de práticas inseridas no LID, deve-se ressaltar que ambas atuam estimulando os processos físicos, químicos e biológicos naturais, minimizando os impactos ambientais e os gastos com o sistema convencional de drenagem e de tratamento. A paisagem multifuncional no LID está associada a soma do controle de diversos parâmetros, como a vazão de pico, o volume escoado e a qualidade da água com os ganhos paisagísticos ambientais e econômicos.

Segundo Prince George's County (1999) o LID se difere dos sistemas convencionais de drenagem por que propõe o tratamento do manejo das águas pluviais ao mesmo tempo em que propõe a elaboração o projeto urbano, combinando aspectos relacionados a drenagem com as questões urbanísticas e paisagísticas. Para que seja possível atingir os conceitos do LID, Tavanti (2009) adapta os passos de Prince George's County (1999) e apresenta 11 passos para orientar o processo de planejamento urbano através do LID:

- **Passo 1:** Zoneamento, uso do solo e normas aplicáveis

O primeiro passo está relacionado aos aspectos normativos que envolvem o uso do solo de cada local regulamentam o desenho urbano, as áreas de expansão, as áreas de proteção, entre outros. Desta maneira, deve ser feito um levantamento de todas as leis do lugar onde serão implantados os projetos LID, como as leis federais, estaduais e municipais que determinam, controlam e fiscalizam o crescimento urbano. São exemplos destas leis o

Plano Diretor Municipal e a Lei de Parcelamento do Solo (Lei Federal nº 6.766, de 19 de Dezembro de 1979), dentre outras.

- **Passo 2:** Definir condições de urbanização e de áreas protegidas

É importante fazer um levantamento e um mapeamento das condições naturais da bacia. A partir da avaliação das condições locais, como topografia, hidrografia, existência de áreas protegidas e de conservação é possível reunir todos os dados necessários para o desenvolvimento do projeto e sua implantação, viabilizando a proposição de criação áreas protegidas, de corredores verdes, entre outros.

- **Passo 3:** Movimentação de terra

A implantação do projeto, na maioria das vezes, necessita da movimentação de terra, isto é, para a implantação de espaços destinados para áreas impermeáveis e permeáveis faz-se necessário cortes, aterros e remoção da vegetação do terreno. São exemplos destes espaços as estradas, passeios públicos, sistema de drenagem, entre outros. Com isto, este passo do LID busca:

- reduzir as áreas de movimentação de terra, conservando as condições naturais do solo;
- preservar as áreas de cobertura vegetal;
- identificar de áreas menos sensíveis às alterações hidrológicas.

- **Passo 4:** Uso de digitais locais

Utilizar as digitais locais significa utilizar as características naturais e particulares de cada lugar. Desta maneira é possível aproveitar o caminho natural da drenagem através de práticas como não alterar a topografia local, reduzir a pavimentação e evitar a compactação do solo colaborando com a infiltração e a diminuição do escoamento superficial. Aproveitar os sistemas naturais em detrimento dos sistemas artificiais permite a minimização dos impactos no ciclo hidrológico.

- **Passo 5:** Usar a drenagem e a hidrologia como elemento de projeto

A compreensão da hidrologia do local permite minimizar os impactos e manter as condições hidrológicas do período de pré-ocupação, isto é manter o Tempo de Concentração (Tc) do local igual ao do período anterior a urbanização. O processo do planejamento urbano

através do LID propõe o mínimo de intervenção no espaço, com isto é possível diminuir a implantação de grandes obras de drenagem, que tem um custo elevado e faz interferências consideráveis na paisagem e na hidrologia local. Ao utilizar a drenagem e a hidrologia como elemento de projeto aplica-se um sistema de drenagem natural, permitindo a integração do sistema de drenagem com a forma urbana, através da criação de espaços de dupla função, como parques, espaços verdes, caminhos para a circulação, entre outros, que podem abranger as funções hidrológica, social, estética, entre outras.

- **Passo 6:** Minimizar o total de áreas impermeáveis

A implantação do sistema viário (ruas, vias, calçadas, estradas e estacionamento) e a cobertura das edificações, no contexto da urbanização convencional, consome grande quantidade de áreas impermeáveis. Com isto, o LID propõe medidas para redução destes espaços, como:

- seleção de um layout alternativo, que pode alcançar uma redução de até 26% de áreas impermeáveis;
- estreitamento das vias, ausência de sarjetas e meio-fio, resultando numa minimização de até 33% dessas áreas;
- implantação de calçadas apenas em dos lados das vias;
- redução ou eliminação dos acostamentos das vias, podendo haver um redução de 25% a 30% das áreas impermeáveis;
- estímulo a edificações verticalizadas, reduzindo a metragem dos telhados.

Também é possível citar como possibilidade de redução das áreas impermeáveis a aplicação de materiais permeáveis no sistema viário, como o concreto e o asfalto porosos, e a implantação de telhados armazenadores ou telhados verdes nas edificações, corroborando com mudanças nos volumes do escoamento e da recarga, obtendo ganhos na hidrologia local.

- **Passo 7:** Planejamento integrado preliminar

Após o levantamento das condições de pré-ocupação, pós-urbanização da bacia e o desenvolvimento dos passos anteriores, é possível realizar uma análise preliminar comparativa da hidrologia, confirmando que a criação de uma paisagem hidrologicamente funcional está sendo cumprida.

- **Passo 8:** Minimização das áreas impermeáveis diretamente conectadas

É necessária a identificação das áreas impermeáveis para que estas drenem para sistemas naturais. Algumas estratégias para minimizar as áreas impermeáveis diretamente conectadas são:

- desconectar as calhas e direcionar o fluxo para áreas vegetadas;
- direcionar dos fluxos de áreas pavimentadas para vegetadas estabilizadas, como áreas de infiltração;
- estimular o escoamento em áreas vegetadas e/ou permeáveis;

- **Passo 9:** Modificar e/ou aumentar os caminhos do escoamento

O Tempo de Concentração (Tc) em conjunto com as condições hidrológicas locais determina a vazão de pico de um evento chuvoso. Conforme Maryland (1999), algumas práticas podem alterar e controlar a duração do escoamento e da vazão de pico, como:

- preservar as áreas de cobertura vegetal para que haja um aumento da resistência no escoamento, diminuindo assim a sua velocidade. Essa deve ser a mais baixa possível em áreas niveladas, para que não ocorra a erosão;
- aumentar e alargar os caminhos do escoamento, para que aumente o tempo de curso do telhado e das vias até o sistema de drenagem. Para isso, pode-se utilizar valas, trincheiras, biorrententores, poços, entre outros;
- diminuição das declividades, mantendo o declive máximo em 1% para que haja um aumento da infiltração e do tempo de deslocamento. Além disso, altas declividades requerem cortes e aterros, gerando distúrbios no local;
- utilizar ao máximo possível os sistemas de drenagem gramados e pedras para redução do volume escoado;
- replantar ou preservar a vegetação existente permite a redução da vazão de pico devido a rugosidade, assim como retém parte do volume escoado e aumenta o tempo de deslocamento.

- **Passo10:** Comparar a hidrologia de pré e pós-ocupação

Nesta fase é possível quantificar o nível de controle atingido pelo processo de planejamento através das análises comparativas entre as situações, assim, é possível prever a necessidade ou não de utilização de técnicas compensatórias.

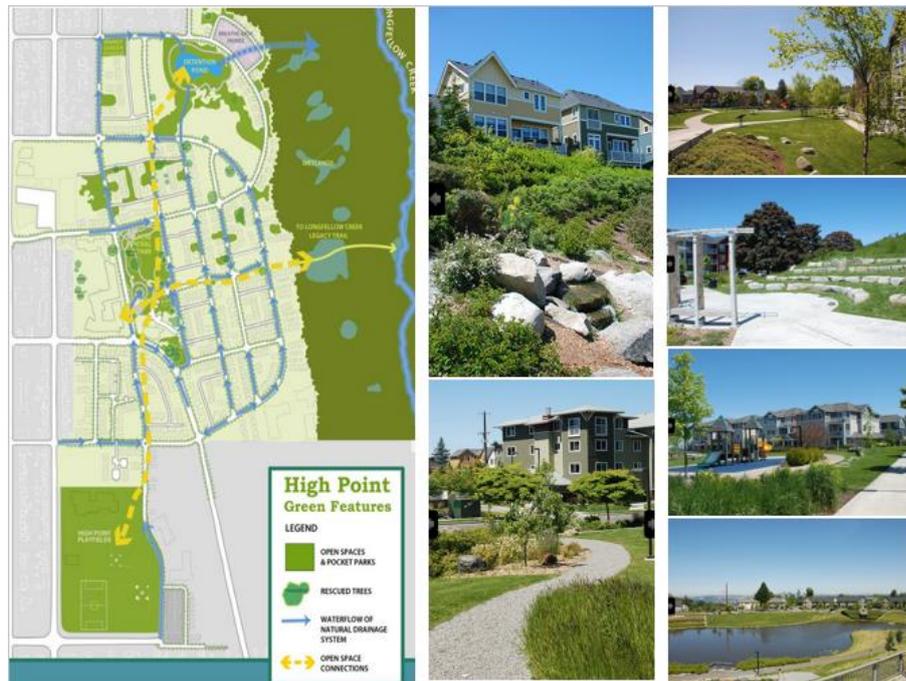
- **Passo 11:** Completar a aplicação do LID, se necessário

Quando a hidrologia de pré-ocupação não é alcançada através do planejamento com LID, propõe-se o uso de estruturas de técnicas compensatórias. Se com a implantação destas estruturas ainda não for alcançado às condições hidrológicas do período de pré-ocupação, faz necessário considerar o uso do sistema convencional de drenagem.

A execução destes passos que orientam o processo de planejamento urbano através do LID é um processo iterativo e por vezes fazem-se necessárias idas e vindas em alguns dos passos, pois algumas práticas se repetem em vários passos, garantindo assim a verificação e o cumprimento de todas elas. Esse processo iterativo ocorre porque o objetivo do LID é que não seja necessária a implantação de técnicas compensatórias de drenagem urbana, tentando atingir a hidrologia de pré-ocupação sem a necessidade de execução de qualquer obra de drenagem. Entretanto, quando existe a essa necessidade, orienta-se a implantação de técnicas compensatórias locais, para que o controle seja feito na fonte, ou seja, no lote, minimizando a execução de técnicas que necessitam de grandes áreas por conta de suas dimensões, evitando com isto a implantação do sistema convencional de drenagem.

Conforme Cormier e Pellegrino (2008), na cidade de Seattle (Washington- EUA) existe um bairro chamado *High Point*, Figura 12 que é o primeiro loteamento que não necessitou da implantação da drenagem convencional, abrindo um precedente que revolucionou as normas urbanísticas locais. Este projeto foi desenvolvido por um estúdio de arquitetura paisagística da universidade local e compõe um *mix* de habitação social, unidades passíveis de venda a preço de comércio, parques e unidades comerciais, em que todo o loteamento, até mesmo tipologias residenciais, foram desenvolvidas a partir dos princípios da drenagem natural. Todo o loteamento foi projetado para um tempo de retorno de 100 anos e o sistema (denominado pelos autores como *Grade Verde*) é composto por pavimentos permeáveis/porosos, jardins de chuva, valas gramadas, espaços verdes abertos e conectados, e uma lagoa de retenção.

Figura 12: Loteamento High Point



Fonte: Adaptado de [www.thehighpoint.com](http://www.thehighpoint.com).

O Noroeste Pacífico, mais especificadamente nos Estados americanos de Oregon e Washington, bem como na província canadense da Colúmbia Britânica, tem se destacado na aplicação do planejamento através do LID, fazendo inclusive a requalificação urbana de várias cidades para implantação deste novo paradigma na gestão das águas pluviais.

No Brasil a implantação das técnicas compensatórias já está consolidada, entretanto o planejamento urbano através do LID vem ganhando força no meio acadêmico, com a produção e divulgação de trabalhos científicos, destacando aqui a intensa atuação do grupo G-Hidro, da UFSCar, assim como também o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS e os Departamentos relacionados aos recursos hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG. Soma-se a o estímulo dado pelo Ministério das Cidades para a utilização, implantação e ampliação de sistemas de drenagem urbana sustentáveis (SOUZA et. al 2012).

#### 2.4 O PROJETO PAISAGÍSTICO

Grande parte dos trabalhos científicos que envolvem a temática das técnicas compensatórias de drenagem urbana e do LID indicam o paisagismo (entendendo o paisagismo como arquitetura paisagística ou a aplicação de projetos paisagísticos) como forma de promover uma relação de apropriação com a comunidade, agregar valor estético e

qualificar funcionalmente as técnicas, porém não demonstram quais os princípios e diretrizes necessários que a implantação do paisagismo nas técnicas compensatórias devem seguir.

O projeto paisagístico engloba uma série de critérios que devem ser seguidos, no formato passo-a-passo, para que não surjam futuramente problemas relacionados a uma falha de planejamento, especialmente quando aplicados em técnicas compensatórias. Entretanto, é possível fazer uma caracterização diferenciada entre três métodos para a elaboração de projetos paisagísticos:

- Projeto paisagístico tradicional, podendo ser considerado como:
 

[...] um processo de criação e/ou readequação intencional e formal de um espaço livre urbano, que se direciona para a formalização de praças, pátios, jardins, calçadas, calçadões, parques e áreas de conservação, em especial. (MACEDO, 2003, p.1).
- Projeto paisagístico para o Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: considerações relacionadas ao projeto paisagístico e sua implantação para planejamento urbano por meio do LID;
- Projeto paisagístico para técnicas compensatórias de manejo de águas pluviais: critérios específicos para a implantação de projeto paisagístico em técnicas compensatórias.

#### 2.4.1 ELABORAÇÃO DE PROJETO PAISAGÍSTICO TRADICIONAL

O paisagismo pode ser elaborado para diferentes escalas de intervenção: micro, meso e macro escala. Segundo Hardt (2010), dependendo da escala o paisagismo pode ser dividido em dois níveis básicos de atuação, que são o planejamento e o projeto paisagístico. Estas escalas envolvem locais com dimensões físicas, abrangências espaciais e especializações funcionais diferenciadas.

Para a micro escala o nível de atuação é o projeto paisagístico que diz respeito a intervenção projetual em espaços públicos e privados de dimensões mais restritivas, como os lotes ou pequena quantidade de quadras urbanas. São exemplos deste nível de atuação os jardins (residenciais, comerciais, institucionais, praças, entre outros).

Para a meso escala podem ser considerados como níveis de atuação tanto o projeto paisagístico quanto o planejamento onde se enquadram os espaços comunitários e particulares

de grandes proporções. São exemplos deste nível de atuação os conjuntos residenciais, complexos administrativos, parques, entre outros.

Para a macro escala o nível de atuação é o planejamento, que envolve grandes setores urbanos, cidades e regiões.

A forma de atuação mais recorrente é o projeto paisagístico tradicional por ser utilizado na micro e meso escalas, com isto para a elaboração deste projeto existe uma estruturação a ser seguida, conforme Hardt (2010) e Abbud (2010) dada nas seguintes etapas:

1. Estudo preliminar: apresenta a concepção e as diretrizes a serem adotadas;
2. Anteprojeto: elaboração da versão preliminar do projeto como um todo;
3. Projeto de pré-execução: fornecer subsídios para “elaboração dos projetos complementares de arquitetura e paisagismo”;
4. Projeto executivo: corresponde ao desenvolvimento da proposta com base no anteprojeto consolidado;
5. Projeto de cobertura vegetal: corresponde à locação e especificação qualitativa e quantitativa das espécies vegetais.

Abbud (2010), apresenta outros aspectos que devem ser considerados antes da elaboração das etapas citadas, Hardt (2010) nomeia estes aspectos como “estudo contextual”, uma etapa precedente as demais citadas. O estudo contextual tem como resultado referências teórico-conceituais, locais, funcionais, tecno-construtivas e econômicas que servem de embasamento para a elaboração do projeto paisagístico tradicional. A discriminação do estudo contextual e das demais etapas serão discutidas no Capítulo IV.

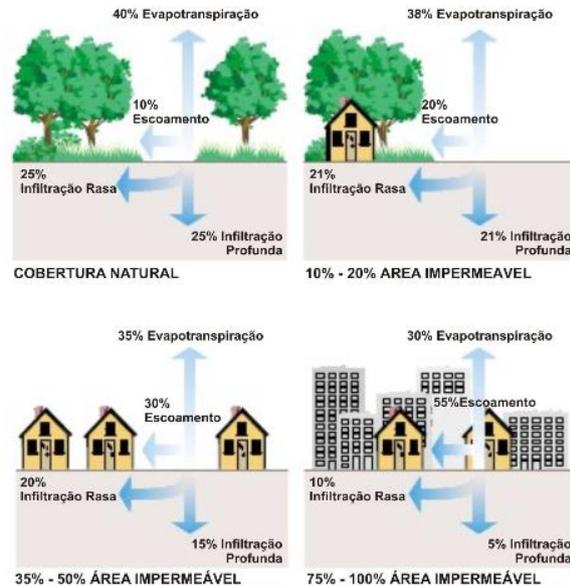
Contudo, é importante ressaltar que, da mesma maneira que os passos do desenvolvimento urbano de baixo impacto este também não é um processo linear, mas sim interativo porque em determinadas situações também são necessárias idas e vindas em algumas etapas para que o resultado final seja a solução mais adequada.

#### 2.4.2 ELABORAÇÃO DE PROJETO PAISAGÍSTICO DENTRO DO CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO URBANO DE BAIXO IMPACTO

A diminuição das áreas de coberturas naturais ocasionada pela urbanização é um agravante para o ciclo hidrológico, como apresentado na Figura 13, porque a vegetação desempenha um controle qualitativo e quantitativo, interferindo positivamente na infiltração,

na interceptação, no controle de poluentes, no controle de erosão, na evapotranspiração e na diminuição do escoamento superficial.

Figura 13: Alterações no ciclo hidrológico em decorrência da urbanização



Fonte: Tavanti (2009) adaptado de Prince George's County (1999).

Sabendo que o Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LID) prevê ações de planejamento antes da implantação de estruturas para atingir as condições hidrológicas de preocupação, o projeto de paisagístico se enquadra como um elemento dentro do planejamento LID através da utilização de sistemas naturais e métodos não estruturais. Desta maneira, é possível considerar que a elaboração de projeto paisagístico dentro do LID é concomitante ao desenvolvimento dos 11 passos que orientam o planejamento urbano. Pode-se apontar o projeto paisagístico no planejamento LID:

- Na proposição da criação de corredores verdes e novas áreas de proteção ambiental (passo2);
- Ao evitar a remoção da cobertura vegetal (passo3);
- Utilização de espécies vegetais nativas (passo 4);
- Criação de espaços multifuncionais, como parques e outros (passo 5);
- Indicação áreas destinadas ao recebimento do escoamento superficial para infiltração (passo8);
- Na preservação das áreas com cobertura vegetal que auxiliam na diminuição da velocidade do escoamento ( passo 9).

Alguns manuais de LID, como Prince George County (1999) e New Jersey (2004), assim como também Batista et al. (2005) apresentam algumas considerações de projetos paisagísticos específicas para cada TC a ser implantada. Estas considerações serão apresentadas a seguir.

#### 2.4.3 ELABORAÇÃO DE PROJETO PAISAGÍSTICO PARA TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS SEGUNDO RECOMENDAÇÕES INTERNACIONAIS E NACIONAIS

Conforme New Jersey (2004) o projeto paisagístico é fundamental para melhorar tanto a função quanto a aparência das técnicas compensatórias. Considerando que as TCs abrangem variadas formas, escalas e funcionalidade, ao elaborar o projeto paisagístico para as TCs, os manuais de LID destacam alguns critérios para não interferir na funcionalidade de drenagem que a técnica possui e atingir a multifuncionalidade através da agregação de outros usos a um mesmo dispositivo. New Jersey (2004) divide a elaboração de projeto paisagístico para as TC em partes, que neste trabalho foram agrupadas da seguinte forma:

1. Características da região;
2. Listagem de recomendações gerais para projeto paisagístico para todas as tipologias TCs;
3. Recomendações específicas para cada tipologia de TC;
4. Seleção de espécies;
5. Refinamento dos critérios anteriormente abordados.

##### 2.4.3.1 Características da região

Esta parte inicial aborda o levantamento das características da região que será realizado o projeto. Para isto, todo o território de New Jersey foi dividido em zonas com características similares, independente da divisão territorial dos condados, podendo ser identificado qual é o tipo de planta predominante e para determinar quais outros tipos de planta são adequados para plantio em cada zona.

Esta análise apresentada por New Jersey (2004) abrange a macro escala e através desta forma de zoneamento é possível compreender que a fisiografia de cada zona é definida por características únicas, ou seja, estrato geológico, tipo de solo, drenagem, temperatura e relevo que ditam qual é a vegetação predominante. Desta forma, compreende-se que para iniciar o

projeto paisagístico deve-se conhecer as características da região para que a vegetação a ser escolhida possa sobreviver em condições específicas.

Também nesta fase, para New Jersey (2004), é necessário determinar quais zonas hidrológicas serão criadas relacionadas ao tipo de TC a ser implantada. Estas zonas irão descrever quais áreas serão inundadas pela água. A discriminação destas zonas hidrológicas deve-se ao fato de que as espécies tem níveis diferentes de tolerâncias a inundações. As plantas como um todo tendem a crescer em qualquer lugar em que podem competir e sobreviver. Sabendo que as condições hidrológicas das TCs podem variar muito, o uso de espécies capazes de tolerar esta variação aumenta o sucesso do projeto, ao mesmo tempo em que espécies convenientes para condições hidrológicas específicas podem morrer quando ocasionalmente as condições variarem, causando a exposição do solo e aumentando a chance de erosão.

#### 2.4.3.2 Listagem de recomendações gerais para projeto paisagístico para todas as tipologias TCs

Antes de apresentar critérios específicos para cada tipologia de TC, New Jersey (2004) faz recomendações gerais para todas as TCs e algumas destas recomendações são:

- Os estratos arbóreos e arbustivos devem distar ao menos 4,6m do início da declividade de uma barragem ou represamento;
- Não plantar árvores e arbustos conhecidos por terem longas raízes aéreas nas proximidades de um aterramento ou de instalações subterrâneas de drenagem;
- Os estratos arbóreos e arbustivos devem distar ao menos 4,6m de tubulações perfuradas;
- As forrações devem estar limitadas a 25cm de altura para assegurar a visibilidade para que inspetores procurem buracos de roedores que podem comprometer a integridade da planta;
- Fornecer métodos de estabilização adicional para inclinações maiores que 2:1, como forrações que controlam erosão, quando utilizar sementes estas devem ser de rápida germinação;
- Utilizar mantas ou tecidos de controle de erosão em canais que são frequentemente sujeitos a lavagem do solo;
- Não obstruir o acesso à manutenção com árvores e arbustos;

- Para reduzir a temperatura, sombrear os canais e posicionar as bacias ao sul quando possível;
- Evitar espécies que necessitam de rotina ou controle químico intenso;
- Fazer análise do solo para determinar se correções são necessárias;
- Priorizar espécies nativas por se adaptarem melhor as condições do solo e do clima local e por requererem menor ou nenhuma correção do solo;
- Diminuir áreas onde pequenas forrações são usadas. Utilizar as de baixa manutenção que absorvem o escoamento;
- Plantar maciços de árvores, arbustos e gramados nativos para promover sombras e estabilizar margens;
- Estruturar e manter vistas desejáveis. Tendo cuidado para não bloquear ou dificultar vistas de entradas e saídas das vias. Proteger o local de vistas não atrativas. A estética e as características visuais devem ser a principal consideração;
- Utilizar espécies que evitem o acesso de pedestres em áreas inseguras como bacias e inclinações acentuadas;
- Ter cuidado ao considerar vegetação de longo prazo de manutenção para as TCs, deve-se compreender que a manutenção é um legado para futuro. Manter áreas de acessos livres de vegetação, como áreas de veículos. Fornecer uma superfície de espécies que possam resistir a compactação de veículos e fazer a manutenção do acesso as vias. Assegurar-se de um acordo que inclua a manutenção necessária para a vegetação;
- Providenciar sinalizações nas áreas das TCs para ajudar a educar população, e para áreas de flores silvestres delimitar os limites de corte quando possível;
- Preservar a vegetação natural existente quando possível.

A caracterização do solo também é uma recomendação geral, pois conforme New Jersey (2004) é necessário analisar o solo para determinar o pH, ou seja, se o solo é neutro, ácido ou alcalino, também dever-se determinar os principais nutrientes como, nitrogênio, fósforo e potássio, além de minerais. A partir desta análise será possível apresentar as correções, se necessárias, adequadas para o plantio das espécies indicadas. Áreas que recentemente foram envolvidas em construções podem estar compactadas e com isto as espécies não podem penetrar no solo, ou no caso de sementes podem ser carregadas pela chuva, ou servirem de

alimento para pássaros, ou morrerem. Para um plantio de sucesso deve-se destorroar o solo em 10cm de profundidade, ou profundidades maiores quando necessário. Com o plantio recente, também deve ser assegurada a irrigação da área, especialmente em períodos secos. Estas ações reduzirão a mortalidade das espécies e providenciarão a estabilidade e o crescimento das raízes.

#### 2.4.3.3 Recomendações específicas para cada tipologia de TC

É importante ressaltar que, apesar dos critérios gerais apresentados anteriormente, Batista et al. (2005) e New Jersey (2004) apresenta recomendações sobre o projeto paisagístico específicas para determinadas tipologias de TCs.

Para New Jersey (2004), antes de realizar o plantio nas TCs é necessário determinar qual tipo de zona hidrológica será criada. Estas zonas são diferenciadas pela profundidade e a presença de água e nem todas as TCs apresentam todos os tipos de zonas hidrológicas. As zonas hidrológicas são divididas em:

- Zonas com piscinas profundas (de 30,5cm a 1,8m aproximadamente): as espécies que vivem nestas condições são limitadas, mas devem ser selecionadas espécies que resistam a este nível de presença de água, ou seja, que resistam ficar parcialmente ou totalmente submersas. Deve-se ressaltar espécies que colaborem com a diminuição da poluição, providencie comida e abrigo para aves, insetos desejáveis e outras vidas aquáticas;
- Zona com piscinas rasas (de 15cm a 30,5cm aproximadamente): esta zona oferece condições ideais para o crescimento de várias espécies, podendo ser um importante habitat para muitos animais aquáticos e não aquáticos, criando uma diversidade de comida, o que inclui predadores e providencia uma regulação natural na população de insetos, reduzindo a necessidade de inseticidas. As espécies devem resistir a constantes inundações nas profundidades apresentadas, ficando parcial ou totalmente submersas. Também deve-se ressaltar espécies que colaborem com a diminuição da poluição, providencie comida e abrigo para aves, insetos desejáveis e outras vidas aquáticas, assim como também estabilizar as margens e as partes mais baixas, absorvendo o impacto da água e reduzindo a erosão. As espécies para esta zona podem diminuir da velocidade da água e a taxa de deposição de sedimentos, assim como reduzir a ressuspensão de sedimentos causada pela ação do vento;

- Zonas regularmente inundadas: corresponde a 30,5cm (aproximadamente) acima do nível normal da lamina d'água. Esta zona pode ser periodicamente inundada se em um evento de chuva estiver sujeito a detenções prolongadas. As espécies devem estabilizar as encostas para minimizar erosões, resistir a inundações periódicas, sombrear área para ajudar a reduzir a temperatura da água, ressaltar a diminuição da poluição, reduzir o acesso de pessoas por causa de perigos (mas sem bloquear o acesso a manutenção) e ter baixa necessidade de manutenção porque pode ser difícil o acesso;
- Zonas periodicamente inundadas: são as áreas que se estendem de 30,5cm a 1,2m, aproximadamente, acima do nível da lamina d'água. As espécies destas áreas estão sujeitas a inundações periódicas e podem enfrentar depois de tempestades, solo total ou parcialmente saturados, desta forma devem resistir a esta inundações e também as secas ocasionais durante os meses quentes, estabilizar a área de erosão provocada pelo escoamento superficial, sombrear para reduzir a temperatura quando possível, ressaltar a diminuição da poluição, ter baixa necessidade de manutenção porque pode ser difícil o acesso e reduzir o acesso de pedestres quando a TC for profunda;
- Zonas de inundações não frequentes: são periodicamente inundadas por águas que rapidamente diminuem em um dia ou menos. As espécies devem resistir a ocasional, mas breve inundações durante as tempestades e também entre elas, a típica umidade, as condições do período de seca, estabilizar as áreas de maior declividade e ter baixa manutenção;
- Zonas raramente ou nunca inundadas: diferentemente das demais zonas, esta pode ter calçadas, ciclovias e manutenção do acesso as vias. Deve-se ter cuidado para não encobrir com vegetação e tornar estes acessos inseguros. A seleção da espécie pode ser baseada nas características do solo, iluminação e função dentro da paisagem porque pode ocorrer pouca ou nenhuma inundações.

Pode-se apontar também, conforme as tipologias de TCs, as seguintes considerações:

i. Poços:

Para Batista et al. (2005) os poços geralmente tem uma pequena ocupação no espaço urbano e a sua integração leva a uma discricção que nem sempre pode ser observadas nas demais técnicas, ou seja, nem sempre é perceptível a sua existência. Recomenda-se que para o projeto paisagístico nos poços seja evitado a proximidade de árvores, pois a queda de folhas pode contribuir para a colmatação e as raízes danificar a sua estrutura, contudo é possível inserir vegetação na superfície do poço ou revestir com pedras ou seixos colaborando para sua discricção e integração.

ii. Trincheiras:

As trincheiras, conforme Batista et al. (2005), possibilitam a valorização do espaço urbano através do projeto paisagístico por apresentar uma pequena demanda por espaço para a sua estrutura. Entretanto é necessário evitar a presença de espaços de solo nu ou zonas de forte erosão vertendo para a trincheira e com isto limitar as possibilidades de colmatação da estrutura. Da mesma maneira, a presença de árvores e de raízes diversas próximas a trincheira podem danificar a sua estrutura, contudo quando a trincheira é enterrada é permitida sua vegetalização, mas é indicada uma seleção criteriosa da vegetação podendo também ser implantado dispositivos que evitem danos a estrutura, como sistemas antirraízes. As ações de manutenção que envolvem o projeto de paisagismo nas trincheiras estão relacionadas a limpeza e conservação das áreas verdes.

iii. Valas, valetas e planos de detenção e infiltração:

Da mesma maneira que as trincheiras as valas, valetas e os planos de infiltração podem ser utilizados ao longo de jardins, terrenos esportivos e em áreas verdes em geral e quando integradas ao projeto paisagístico valorizam o espaço urbano, porém quando integradas a áreas de lazer recomenda-se que de acordo com a profundidade, que realizados anteparos para evitar acidentes. Por exercerem uma função de pré-tratamento, os poluentes também são removidos pela adsorção no revestimento vegetal, e quando na escolha deste revestimento vegetal recomenda-se a seleção de espécies que sejam adaptadas a curtos períodos de inundação periódica e que sejam resistentes a velocidade do escoamento. Recomenda-se também que as espécies sejam perenifólias quando houver dispositivos de regulação da vazão para que não haja obstrução. As ações de manutenção estão relacionadas à conservação das áreas verdes para evitar o excesso de vegetação e a coleta de folhas e detritos depositados na estrutura;

iv. Jardins de chuva, biorretenção, canteiro pluvial:

Conforme New Jersey (2004), as características do solo para estas TCs são talvez tão importante quanto a sua localização, tamanho e volume. O solo deve ser permeável o suficiente para permitir que o escoamento possa ser filtrado, ao mesmo tempo em que apresenta características convenientes para promover e sustentar uma vegetação robusta. Cormier e Pellegrino (2008) afirmam que estas TCs filtram os poluentes trazidos pelo escoamento superficial ao longo de seu substrato e da vegetação implantada, soma-se a isto o fato de que o solo geralmente é tratado com composto e demais insumos que aumentam sua porosidade, e também é onde microrganismos e bactérias removem os poluentes difusos trazidos pelo escoamento superficial. Para estas TCs é possível implantar desde estratos arbóreos como arbustivos e forrações.

v. Pavimentos permeáveis:

Os pavimentos permeáveis garantem grande possibilidade de utilização nos projetos paisagísticos por dispor de variadas cores e tamanhos. Contudo a inserção de vegetação em pavimentos de blocos de concreto vazados geralmente está relacionada a inserção de grama ou areia.

vi. Bacias:

As bacias, também conhecidas como lagoas de infiltração ou detenção, podem ser, conforme Batista et al. (2005), construídas semelhante a várzeas com forte desenvolvimento de vegetação típica de áreas úmidas, podendo estar associadas a reservas ecológicas favorecendo o desenvolvimento da fauna e flora e se forem impermeabilizadas podem ser conjugadas com um praça ou área para prática de esporte.

Batista et al. (2005) afirma ainda que em bacias de detenção com espelho d'água a vegetação favorece a deposição de sedimentos e contribui para a estabilização mecânica das margens, protegendo-as da ação de ondas, abriga colônias bacterianas que contribuem para a decomposição de matéria orgânica presente na água, consome nitratos e fosfatos assim como também assimilam metais em soluções e compostos orgânicos e também atua como reguladora do fitoplâncton o que contribui para deixar a água límpida. As ações de manutenção que envolvem o projeto paisagístico nas bacias estão relacionadas ao tratamento de áreas verdes como o controle do desenvolvimento da vegetação aquática ou nas áreas de contribuição porque o crescimento excessivo pode prejudicar os aspectos estéticos, sanitários

e qualidade ambiental, como ocasionar obstruções que reduzem a capacidade de controle de inundações e aporte de fertilizantes (nitrogênio e fósforo).

vii. Telhados verdes:

Conforme Jobim (2013), telhados verdes, podem ser classificados de duas maneiras: como extensivos ou intensivos. Os extensivos são caracterizados pela baixa profundidade de substrato aliados a plantas de pequeno porte que exigem pouca manutenção onde a principal desvantagem para o projeto paisagístico neste tipo de telhado verde pode ser dada à limitação na escolha das plantas diminuindo a amplitude estética somados ao fato de não poder utilizá-lo para fins recreativos e de lazer. Os telhados verdes intensivos tem como principal característica uma espessura maior de substrato e também uma maior diversidade de espécies vegetais podendo abrigar plantas de pequeno e médio porte sendo esta sua principal vantagem, garantindo uma amplitude estética e oferecendo espaços verdes acessíveis aos usuários ou a uma comunidade.

De acordo com Batista et al. (2005), para a implantação de vegetação nos telhados é necessária a instalação de sistemas antirraiz, com membranas betuminosas ou PVC resistentes aos esforços decorrentes do crescimento da vegetação, soma-se a isto, a necessidade de materiais drenantes porque determinadas espécies não suportam o excesso de água.

#### 2.4.3.4 Seleção de espécies

O processo de escolha das espécies que serão utilizadas, de que formas e como serão obtidas devem ser pensadas o quanto antes. Conforme New Jersey (2004) os seguintes critérios podem ajudar neste processo:

- Ter clara ideia das metas e objetivos do projeto (qual a função desejada como a criação de um habitat e fonte de comida para animais, melhora na qualidade da água, estabilização do solo, entre outros);
- Conhecer a hidrologia do local (porque algumas espécies toleram apenas certos níveis de água e outras apenas se estabilizam em particular regime hidrológico);
- Determinar outros fatores únicos do local (área sombreada ou ensolarada, topografia que pode ser explorada, problemas com animais, entre outros).

Contudo as principais considerações para a escolha das espécies são:

- Escolher espécies nativas, espécies exóticas não devem ser indicadas;
- Selecionar a espécie de acordo com a zona de tolerância hidrológica;
- O desenho deve ser geralmente aleatório e natural;
- Considerar características urbanas (como vento, sol, exposição, infestação de insetos e doenças, seca, entre outros);
- A estética e as características visuais devem ser o foco principal
- Tráfego e medidas de segurança.

Tendo decidido uma lista de espécies potenciais para o local, é necessário selecionar a espécie apropriada. Frequentemente esta seleção é baseada no orçamento de projeto, custo dos materiais e num aceitável nível de fracasso. Parte da seleção também depende do que tem disponível, como exemplo a escolha de sementes é mais acessível do que as mudas, porém não tem um bom rendimento e demoram para estabilizar. Contudo, deve ser utilizado espécies que realmente são adaptadas para as condições de cada projeto para que haja sucesso das espécies selecionadas.

#### 2.4.3.5 Refinamento dos critérios anteriormente abordados

New Jersey (2004) reforça ainda outras considerações para a elaboração de projeto paisagístico em TCS:

- Uso ou função: na seleção da espécies, deve ser considerado o uso e/ou a função desejada para a paisagem. Se a espécie é necessária como uma cobertura do solo, estabilização do solo, ou uma fonte de sombra (entre outros). Se a espécie será locada para emoldurar a vista, para criar um foco, ou dar ênfase a local. Se é necessário espécies que tenham um aspecto estético durante a mudança das estações por conta dos interesses dos proprietários. Se são necessárias como barreiras ou afastamento. Quase toda espécie ou local a ser implantado deve servir para alguma função além da estética;
- Características das espécies: algumas características como tamanho e porte devem ser levado em consideração. Ao momento que a espécie é plantada deve se pensar no seu crescimento com o passar dos anos para que não se torne um problema, como crescer até os cabos de distribuição de energia, ou bloqueando vistas de entrada, saída ou cruzamento de vias. Da mesma forma deve ser

pensado na espécie durante a passagem das estações. Cor, textura, flores, frutas, folhas e tronco, entre outros;

- **Crescimento:** No cenário urbano espécies sazonais podem ter grande importância. Residentes próximos as TCs podem desejar que a técnica tenha uma atraente ou interessante aparência durante todo o ano, um exemplo disto é a modificação das cores e o crescimento das flores e folhas conforme a passagem das estações. Recomenda-se atenção para o projeto e o plantio na TC que pode resultar em boa aceitação da comunidade e aumentar o valor das propriedades;
- **Disponibilidade e custos:** Frequentemente é omitido na seleção das espécies a disponibilidade e o custo das mesmas. Grande parte as espécies encontradas nas bibliografias não estão disponíveis em viveiros locais. Sem o conhecimento do que está disponível, o tempo envolvido procurando e encontrando a espécie adequada é perdido. Soma-se a isto o fato de que a espécie selecionada pode necessitar de transporte, tornado mais custoso do que previsto e ou permitido pelo orçamento. Contudo, alguns critérios de projeto podem requerer um esforço especial para encontrar uma espécie específica que satisfaça as necessidades do local e as funções da espécie na paisagem. Quando possível, a opção por sementes pode ser mais viável economicamente;
- **Manutenção:** Para assegurar a robustez da vegetação, deve ser realizada a manutenção. Ações de manutenção incluem poda, correção do pH, controle de pragas, e fertilização, remoção de restos de materiais vegetais e remoção de erva daninha. Quanto mais cenários de vegetação são desejados, mais atenção é necessária. Algumas comunidades consideram sem estética o tipo de vegetação alta que pode crescer nas bacias, ou em outras TCs, contudo algumas destas espécies é na realidade benéfica, promovendo a qualidade da água e a criação de um habitat;
- **Filtração de sedimentos:** É ideal a existência de uma faixa mínima de vegetação em volta de uma TC para filtrar os sedimentos advindos do escoamento superficial, e também para prevenir erosões;
- **Fertilização:** O excesso de fertilização pode resultar num excesso de nutrientes que pode contribuir para o crescimento excessivo de espécies indesejadas. Como regra geral, a fertilização só é recomendada quando há a necessidade de

nutrientes, que devem ser determinados pela avaliação do pH do solo, pois correções podem ser necessárias para a manutenção da vegetação.

Tendo apresentado a diferenciação dos critérios necessários para a elaboração dos projetos paisagísticos entre os métodos tradicional, LID e em recomendações internacionais e nacionais para TCs, é possível afirmar que quando trata-se das recomendações internacionais, o desenvolvimento do projeto paisagístico fica limitado apenas às necessidades hidrológicas de funcionamento de cada tipologia de TC. Contudo, os critérios dos demais métodos para a elaboração de projeto paisagístico não devem ser desconsiderados no processo projetual quando desenvolvido para as TCs. Desta forma vê-se a necessidade de adaptar os critérios encontrados nos três métodos apresentados visando criar diretrizes projetuais para as TCs, corroborando com o aumento da vida útil das mesmas, com a criação de um ecossistema diferenciado, agregando valor estético, integrando à paisagem, atraindo a comunidade e valorizando as propriedades próximas, como exemplos na Figura 14.

Figura 14: Exemplos de técnicas compensatórias com formas diferenciadas e integradas à paisagem.



Figura a) poço de infiltração integrado à playground. Fonte: Batista et. al (2005). b) bacia de retenção na forma de uma lagoa. Fonte: Cormier e Pellegrino (2008). c) reservatório de retenção e uso de lazer em Santiago do Chile. Fonte: <http://aquafluxus.com.br>.

Para atender aos objetivos propostos, a metodologia consiste em uma pesquisa aplicada na elaboração e análise de projetos paisagísticos para técnicas compensatórias implantadas na microbacia experimental do G-Hidro no campus da UFSCar, conforme as várias etapas relacionadas a seguir:

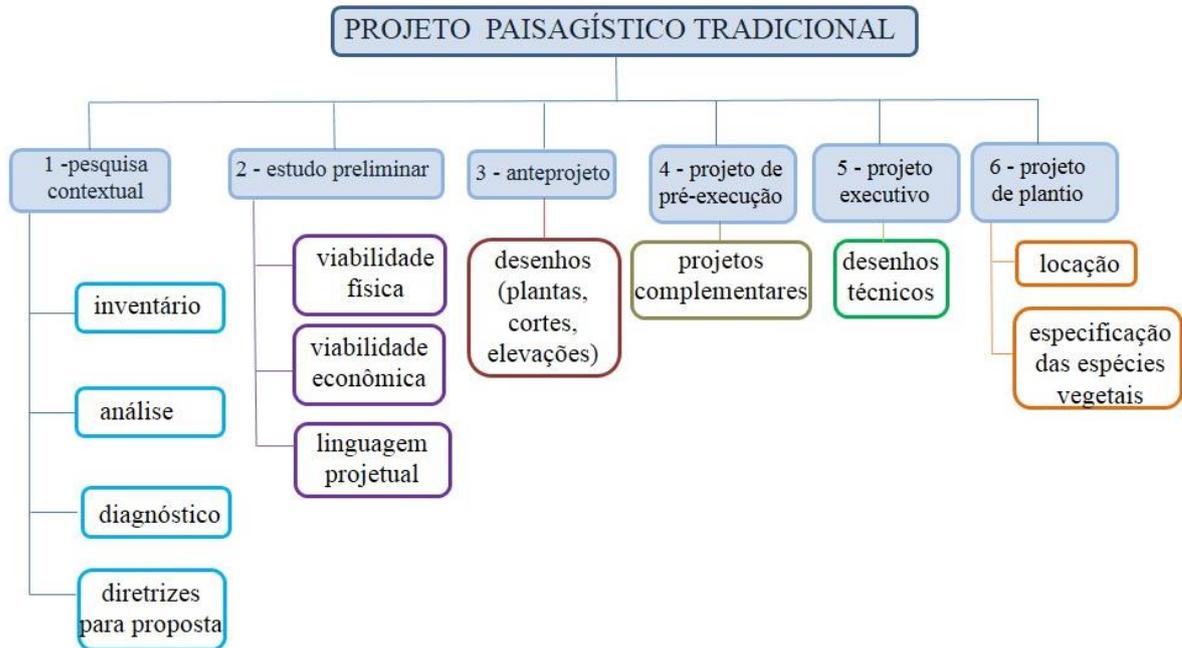
1. Elaborar diretrizes projetuais a partir da adaptação de critérios de projeto paisagístico encontrados na literatura;
2. Levantar princípios para desenvolvimento de projeto paisagísticos em TCs:
  - 2.1 Condicionantes hidrológicos e paisagísticos: aspectos físicos, urbanísticos, sanitários, ambiental, socioeconômicos e paisagísticos;
  - 2.2 Dimensionamento: tempo de retorno, tipo de descarga e tempo de funcionamento.
3. Implantação de projeto paisagístico em TC da microbacia experimental, na qual serão apresentados:
  - 3.1 Etapas de execução do projeto paisagístico;
  - 3.2 Levantamento de custos de implantação;
  - 3.3 Indicação de manutenção prevista em projeto.

### 3.1 ADAPTAÇÃO DE CRITÉRIOS DE PROJETO PAISAGÍSTICO EM TCs

A elaboração de projetos paisagísticos de forma geral são encontrados em Abud (2010), Hardt (2010), e em manuais de LID, como Prince George County (1999), New Jersey (2004) conforme descrito no Capítulo II - Revisão Bibliográfica.

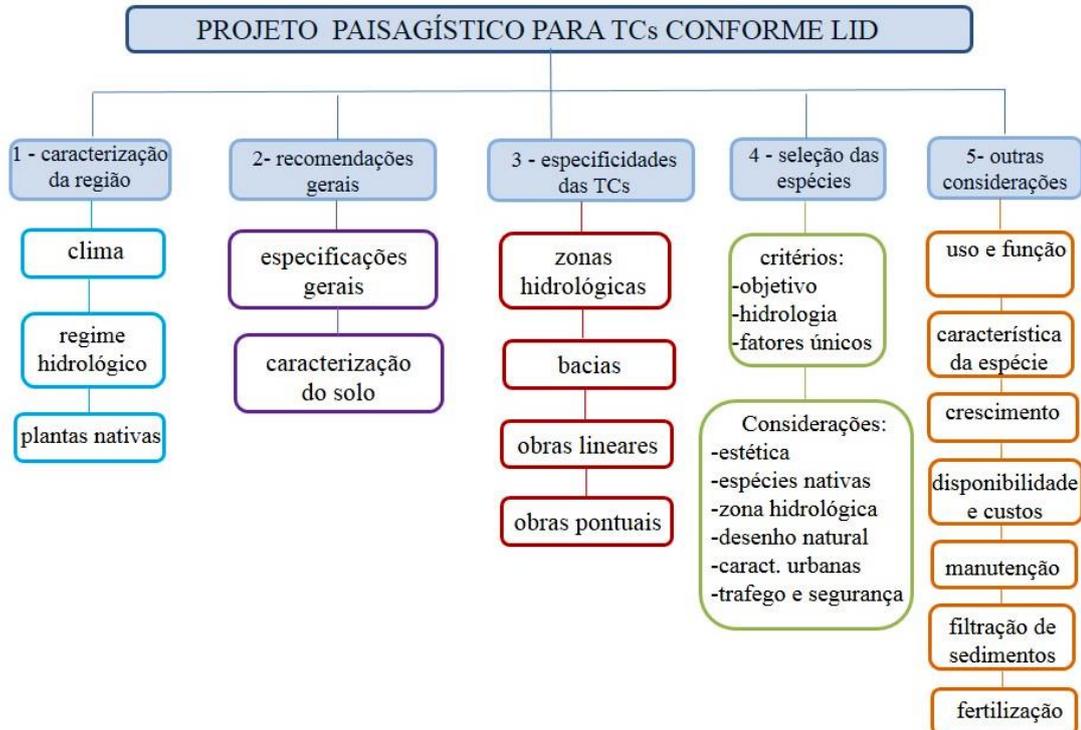
O método de projeto paisagístico tradicional (Figura 15) pode ser aplicado tanto no LID quanto nas TCs. Entretanto as TCs requerem maiores cuidados, que correspondem a restrições relativas à sua funcionalidade, configurando uma metodologia diferenciada dada pelos manuais de LID (Figura 16) em relação a elaboração do projeto paisagístico tradicional .

Figura 15: Critérios para elaboração de projeto paisagístico tradicional



Fonte: A autora, baseado em ABAP, Abbud (2010) e Hardt (2010).

Figura 16: Critérios gerais para projeto paisagístico em técnicas compensatórias conforme manuais de LID



Fonte: A autora, baseado em New Jersey (2004) e Batista et al. (2005).

Sabendo que atualmente o método tradicional representa técnica usada mais recorrente pelos profissionais nacionais, utilizou-se a estruturação do método tradicional para definição da sequência projetual. A cada uma das etapas juntaram-se os conteúdos similares e complementares dos três métodos, incluindo aspectos hidrológicos, de implantação e de manutenção, conforme indicado no Quadro 1, no qual são sintetizadas as diretrizes, que serão amplamente apresentadas no Capítulo IV.

Quadro 1: Diretrizes para elaboração de projeto paisagístico em TCs integradas à paisagem.

ETAPAS	DESCRIÇÃO
1- Pesquisa contextual	Realizar levantamento fisiográfico, clima, solo, características da urbanização e aspectos normativos <sup>1,2,3 e 4</sup> . Identificar a tipologia de TC (que será trabalhada no projeto) e o seu funcionamento <sup>1</sup> . Identificação de formas de integração paisagística para a TC. Os resultados são peças escritas, como memoriais descritivos e peças gráficas como mapeamentos, organogramas, entre outros <sup>1</sup> .
2- Estudo preliminar	Apresentar a concepção e linguagem projetual a ser adotadas a partir da análise dos dados levantados na pesquisa contextual, indicando eventualmente as alternativas de partidos <sup>1</sup> . Utilizar a estética em primeiro plano <sup>3</sup> , ser mais naturalista, evitar a remoção de cobertura vegetal, reduzir espaços que consomem grande quantidade de áreas impermeáveis, reduzir a movimentação de terra, valorizar caminho natural de drenagem, direcionar fluxos para áreas vegetadas <sup>2</sup> . Os resultados são peças escritas (como memorial), e peças gráficas (desenhos artísticos como croquis, plantas baixas e perspectivas). <sup>1</sup>
3- Anteprojeto	Corresponde à concepção e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento dos elementos de projeto <sup>1</sup> . Fazer a pré-seleção das espécies respeitando a estética e a funcionalidade da TC, indicando uma listagem de espécies mais utilizadas <sup>3 e 4</sup> . Os resultados são peças escritas (como memorial descritivo e técnico) e gráficas (como plantas baixas, cortes, elevações e perspectivas). <sup>1</sup>
4- Projeto pré-executivo	Levantamento e elaboração de projetos complementares ao paisagístico (como cálculos estruturais, geotécnicos e instalações elétricas) <sup>1</sup> . A representação escrita e gráfica deve abordar as interfaces entre o paisagismo em questão e os demais projetos, permitindo a compatibilização de todos. <sup>1</sup>
5- Projeto executivo e de cobertura vegetal	São desenhos técnicos e detalhados para a apresentação definitiva das informações técnicas (através de peças gráficas como plantas baixas, cortes, elevações e perspectivas em números e escalas adequadas para a compreensão do projeto e sua implantação) <sup>1</sup> . Também deve ser apresentada a seleção final das espécies vegetais (refinadas pela disponibilidade de mercado e custos <sup>3</sup> ), apresentando a locação e espaçamento (através de peças gráficas), e a especificação qualitativa e quantitativa (através de peças escritas como quadros, tabelas e memoriais). <sup>1</sup>
6- Implantação	Fase de execução do projeto, incluindo preparo, correção do solo e plantio das espécies.
7- Manutenção	Planejar e executar a manutenção para a conservação do paisagismo, como irrigação, limpeza e controle de pragas, limitar acessos para não compactar o solo (quando existe a infiltração de água no solo), limitar uso de pesticidas (para não haver contaminação).

Fonte: baseado em 1 Hardt (2010), 2 Prince George County (1999), 3 New Jersey(2004) e 4 Batista et al.(2011).

### 3.2 CRITÉRIOS PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PAISAGÍSTICOS EM TCS

A forma, na arquitetura, se caracteriza pela ampla liberdade de escolha aliada a influências de ordem sócio cultural e funcional. Com isto, a arquitetura paisagística também pode contribuir para o desenvolvimento projeto de TCs dando a elas formatos mais variados, como traçados mais orgânicos e um desenho mais aleatório e natural, como dito por New Jersey (2004), além de apresentar combinação de formas, escalas e funções. Esta variação de formas leva a uma liberdade projetual para a implantação das TCs e quando associadas a outras funções além da hidrológica, transformam as TCs em espaços multifuncionais integrados à paisagem urbana, conformando jardins, lagoas, quadras esportivas, parques, entre outros.

Com isto, para explorar as possibilidades que o projeto paisagístico garante às TCs, devem ser compreendidos os princípios que envolvem o desenvolvimento de projeto para que o projeto paisagístico não interfira negativamente na funcionalidade da TC. Estes princípios devem fazer parte do processo de elaboração de projeto paisagístico e foram agrupados neste trabalho como: condicionantes hidrológicas e paisagísticas, e os condicionantes de dimensionamento.

#### 3.2.1 Condicionantes hidrológicas e paisagísticas

Batista et al. (2005) apresentaram alguns dos principais condicionantes hidrológicos e paisagísticos relativos a viabilidade das TCs, são eles:

- Aspectos físicos:

Os aspectos físicos são os aspectos como as características topográficas, a existência de exutório permanente, a capacidade de infiltração do solo, entre outros. Estes aspectos influenciam na capacidade de retenção das TCs, como a declividade que está relacionada com a capacidade de infiltração do solo pois quanto menor a declividade mais tempo o escoamento superficial permanece na área permitindo assim uma maior infiltração ou detenção do volume de água. Conhecer o nível das águas subterrâneas, pois quanto mais profundo, maior pode ser a capacidade de armazenamento, e também para evitar o risco de contaminação. A verificação da capacidade de infiltração do solo, pois o exutório pode ser o próprio solo, ou quando a infiltração não é possível, é necessária a existência de exutório permanente, ou seja, é

necessária a identificação de locais de evacuação das águas pluviais, que não seja o próprio solo.

- Aspectos urbanísticos e de infraestrutura:

Estes aspectos envolvem a disponibilidade fundiária para a implantação das TCs, assim como custos e restrições relacionadas a finalidade de manejo de águas pluviais. As TCs podem ser implantadas na fonte (como os lotes), tendo a necessidade de um espaço menor para sua projeção, enquanto as TCs de controle centralizado necessitam de uma disponibilidade de área maior e assim esbarrar nos custos que envolvem a aquisição e legislações relacionadas ao uso destas áreas. A existência de redes de serviços públicos, como água, esgoto, telefonia, eletricidade, entre outros, também podem ser um restritivo à implantação de algumas TCs.

- Aspectos sanitários e ambientais:

Existe o risco de poluição das águas e dos solos, causados pela natureza das superfícies e também pelo tipo de ocupação do solo (como zonas industriais). Soma-se a isto o risco sanitário, onde a estagnação das águas em algumas TCs pode resultar na proliferação de mosquitos vetores de doenças de veiculação hídrica.

- Aspectos socioeconômicos:

A cultura ou a história de uma comunidade, a possibilidade de riscos em relação a utilização do espaço, como também critérios de manutenção e os custos relacionados, são aspectos que podem levar a má ou boa percepção da TC, comprometendo a aceitação de certas alternativas.

### 3.2.2 Condicionantes de dimensionamento

O dimensionamento das TCs, assim como a sua capacidade de armazenamento, é apoiado num diagnóstico e parâmetros recomendados como o tempo de retorno, o tipo de descarga e tempo de funcionamento.

O tempo de retorno ( $T_r$ ) é o período de tempo médio em que um determinado evento pluvial é igualado ou superado pelo menos uma vez. Para a microdrenagem, segundo DAEE/CETESB (1980) *apud* Batista et al. (2005), os  $T_r$  comumente empregados são 2, 5 e 10 anos, enquanto para a macrodrenagem são 50, 100 e 500 anos.

Os tipos de descarga dos volumes de água armazenadas nas TCs podem ser por infiltração ou superficial. Na descarga por infiltração o exutório é o solo. A descarga superficial está relacionada às TCs de detenção, onde a água não infiltra no solo, pois é liberada lentamente para o sistema de drenagem existente.

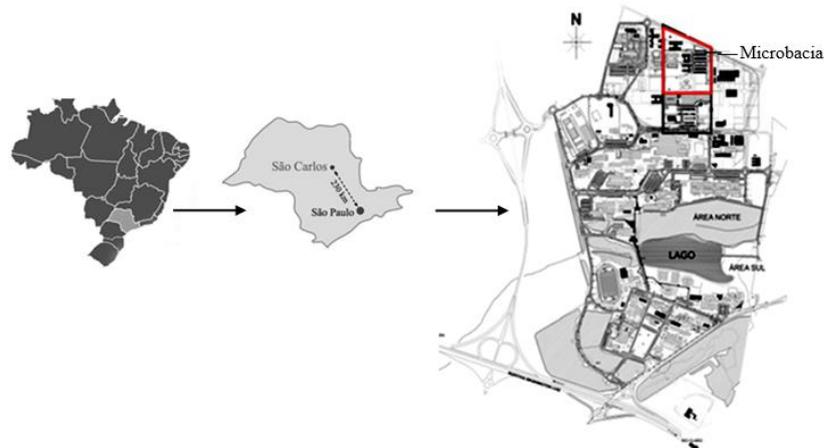
O tempo de funcionamento corresponde ao intervalo para descarregar o volume de água pluvial recebido por meio da vazão de saída da TC, sendo recomendado 24h como valor máximo. Este parâmetros de dimensionamento condicionam a aptidão da TC em retornar a sua capacidade total para amortecer o evento pluvial seguinte.

Estes são alguns condicionantes que envolvem o dimensionamento das TCs, existem outras variáveis que envolvem o cálculo para o dimensionamento específico de cada TC, que deve ser respaldado por um engenheiro hidrólogo. Desta forma, é possível afirmar que, assim como indicado pelo LID, o desenvolvimento de projetos para TCs também seja feito por uma equipe multidisciplinar. Com isto, cabe ao arquiteto paisagista compreender estes condicionantes para que possa contribuir para desenho e o formato das TCs, sem que o projeto paisagístico atrapalhe a funcionalidade da TC e para que a forma final da TC associada ao projeto paisagístico seja a solução mais adequada para o lugar em que será inserida.

### 3.3 IMPLANTAÇÃO DE PROJETO PAISAGÍSTICO EM TC DA MICROBACIA EXPERIMENTAL

A UFSCar possui quatro *campi* no Estado de São Paulo, entretanto, os objetos de estudo deste trabalho são dois planos de infiltração, que estão localizados em uma microbacia experimental do *campus* situado na cidade de São Carlos, região central do Estado, Figura 17. Esta microbacia compreende uma área de aproximadamente 49.000m<sup>2</sup> na região norte do *campus* e tem sido o cenário de várias pesquisas relacionadas a formas diferenciadas e sustentáveis de manejo de águas pluviais.

Figura 17: Localização da Microbacia experimental no campus da UFSCar- São Carlos-SP



Fonte: Localização do objeto de estudo. Fonte: Adaptado de [http://www.saocarlos.usp.br/calouros/imagens/mapa\\_localiza\\_saocarlos.gif](http://www.saocarlos.usp.br/calouros/imagens/mapa_localiza_saocarlos.gif) e EDF/UFSCar.

### 3.3.1 Elaboração e implantação do projeto paisagístico

Conforme recomendações apresentadas por Abud (2010) a implantação do projeto paisagístico deve ser acompanhada pelo arquiteto paisagista, para que sejam seguidas a planta de plantio e para que os maquinários equipamentos utilizados não destruam a estrutura do plano de infiltração. As etapas para implantação do projeto são:

1. Preparo da área: remoção de pragas quando existirem, como plantas daninhas, controle de pragas como formigas e cupins, remoção de resíduos de materiais de construção, entre outros;
2. Locação do projeto: fazer a transferência do projeto executivo para a área adotando o máximo de rigor possível, utilizando trenas, teodolitos, estacas, entre outros;
3. Preparo do solo: através dos dados obtidos com a caracterização do solo, o preparo será feito conforme as necessidades do solo, como escarificação para desfazer os torrões que podem impedir o desenvolvimento das raízes, correção da acidez do solo e adubação;

4. Plantio das espécies: através da planta de plantio seguir a locação das espécies e espaçamento conforme dados em projeto;

### 3.3.2 Levantamento de custos de implantação

Os custos que envolvem diretamente a elaboração e implantação do projeto paisagístico são:

- custos para a construção da TC: contratação de mão de obra especializada;
- custos para elaboração do projeto: contratação de arquiteto paisagista;
- custos para a realização de análises de solo: contratação de empresa especializada em análise do solo;
- custos para execução do projeto paisagístico: contratação de mão de obra específica, jardineiros ou empresas especializadas;
- custos relacionados à compra das espécies;
- custos relacionados à manutenção: contratação de mão de obra específica para poda, limpeza, irrigação.

### 3.3.3 Manutenção prevista em projeto

Para a manutenção deve ser realizado o acompanhamento do desenvolvimento das espécies implantadas, através de visitas com periodicidade determinadas em projeto (como quinzenal ou mensal, entre outras) para verificar necessidade de regas, podas e limpeza. Nesta etapa é possível levantar problemas relacionados ao crescimento excessivo de vegetação, existência de pragas, mortalidade das espécies, e tomadas de decisão como aplicação de herbicidas e formicidas ou modificação e/ou substituição das espécies.

A manutenção do projeto paisagístico, conforme por Prince George County (1999), New Jersey (2004) e Batista et al. (2005), deverá ser adaptada aos condicionantes do contratante e as necessidades da vegetação, como: custos, periodicidade da manutenção, manutenção manual e/ou maquinizada e contratação de mão de obra especializada.

## CAPÍTULO IV

### DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETO PAISAGÍSTICO EM TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Este capítulo trata-se de um roteiro para o desenvolvimento de projeto paisagístico para as técnicas compensatórias (TCs) de manejo de águas pluviais, desenvolvido a partir da adaptação de critérios encontrados na bibliografia (tópico 2.4.).

Considerando os três métodos para a elaboração de projetos paisagísticos (método Tradicional, método do Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto e de recomendações internacionais e nacionais) observou-se que todos apresentam formato passo a passo.

Apesar de cada método apresentar quantidades e denominações diferentes de etapas, o conteúdo dessas atividades se repete, ou é semelhante, ou é apresentado em etapas diferentes. Com isto, por considerar relevante cada conteúdo apresentado, foi considerada a junção destes métodos para a criação de diretrizes projetuais específicas para a elaboração de projeto paisagístico em TCs de manejo de águas pluviais. Com isto, os critérios de projeto para TCs apresentados por Prince George County (1999), New Jersey (2004) e Batista et al. (2005) foram incorporadas nas etapas da elaboração de projeto tradicional, resultando em um método mais específico para a elaboração de projeto projetos paisagísticos para TCs.

#### 4.1 PESQUISA CONTEXTUAL

Esta é uma etapa preliminar que deve descrever a situação atual do local onde o projeto será implantado e apresentar as diretrizes da proposta projetual. Para esta descrição deve ser realizado um inventário, uma análise dos dados e a finalizando com a indicação de diretrizes projetuais. O resultado desta pesquisa contextual pode ser peças escritas e gráficas, como memorial conceitual, um programa de necessidades, fluxogramas, mapeamentos, entre outros.

##### 4.1.1 Inventário

O inventário diz respeito a coleta de dados e conforme Hardt (2010), devem abranger dados regionais (dependendo da escala do projeto), urbanos e locais, onde serão levantados:

- Fatores de ordem física: os fatores de ordem física são os aspectos geoclimáticos, como a localização geográfica, a caracterização da vegetação existente, a caracterização do solo e os condicionantes hidrológicos. A localização geográfica deve ser realizada para que possa ser caracterizado o clima, identificando o regime hidrológico, temperaturas ao longo do ano e a predominância dos ventos. Estes dados podem ser obtidos em institutos nacionais como o IBGE e o INPE, ou em secretarias específicas de gestão municipal. Para a caracterização da vegetação existente devem ser levantados *in loco* os tipos de espécies do local, como o tipo de espécies, estrato e sua quantidade, para avaliar a possibilidade de inclui-los no projeto ou não. Também deve ser realizada a caracterização do solo, através de análise de fertilidade, dos índices físicos, granulometria, índices químicos para identificação do pH e verificação do grau de compactação do solo, além de um levantamento topográfico. Estes dados podem ser obtidos através de uma análise de uma amostra do solo realizada por empresas ou laboratórios especializados e o levantamento topográfico pode ser realizado através da obtenção de mapas existentes ou do levantamento *in loco* por profissional da área;

- Fatores de ordem sócio econômica: identificar qual a força da economia do local para verificar a viabilidade de mercado para a proposta projetual, esse levantamento juntamente com os características dos usuários do espaço podem apontar para a má ou boa aceitação do projeto. As características demográficas, como também os aspectos culturais, tais quais tradições e costumes, podem auxiliar na identificação da facilidade ou dificuldade em aceitação da proposta pela sociedade e se a comunidade é aberta a inovações como também se existe o interesse em investir neste tipo de projeto;

- Fatores institucionais: questões relacionadas à administração pública especialmente o levantamento da legislação urbanística existente como o Plano Diretor e o Plano Diretor de Drenagem Urbana ou normas construtivas que apresentam restrições particulares de cada município, como usos do solo, imposição de áreas permeáveis e de cobertura vegetal, desníveis máximos, limitação de uso de espécies, entre outros;

- Condicionantes paisagísticos: levantar a existência de dos fluxos viários que serão determinantes na definição dos acessos, como caminhos preferenciais dos pedestres, áreas de passeio público ou de permanência e áreas de estacionamentos. Deve-se demarcar e identificar as áreas edificadas, ou seja, qual tipo de edificação como casas, prédios, habitação de interesse social, comercial, institucional, entre outros que podem indicar qual melhor

função para o espaço. Os marcos, referenciais e visuais existentes, ou seja, todos elementos construídos ou naturais devem ser identificados e podem ser explorados no projeto, assim como também a existência alguma TC, indicando qual tipologia se trata (poço, vala, trincheira, bacia, entre outras) para que possa ser incorporada e explorada no projeto. Todos estes condicionantes devem ser apontados em croquis.

#### 4.1.2 Análise

Através dos dados obtidos no inventário é possível fazer uma interpretação das informações levantadas para compreender a realidade do local advindas de todos os fatores que a envolvem. Com a análise concluída é possível realizar uma descrição da situação atual, identificando os principais problemas e quais são as necessidades que o projeto pode suprir, os pontos positivos e a força do local, apontando com isto as diretrizes projetuais.

#### 4.1.3 Diretrizes para proposta

Deve ser indicado as soluções iniciais para a correção dos problemas encontrados, quais as medidas para a valorização do lugar, assim como também deve ser apontado qual tipologia de TC. Estas diretrizes podem ser apresentadas na forma de memorial ou croquis, apontando qual a função que o projeto deverá atender (além do controle da água pluvial), tornando o projeto multifuncional, atendendo as funções ecológica, social, estética e educativa, entre outras. Se o projeto visa atender uma função ecológica, a diretriz pode ser a presença de grandes áreas vegetadas, com a combinação de estratos arbóreos, arbustivos e forrações, proporcionando melhorias relacionadas ao clima, gerando um conforto ambiental, com o sombreamento, a presença da água, etc., corroborando com tratamento da acústica, criando barreiras sonoras para o trânsito e corroborando para a diminuição de áreas impermeabilizadas e o aumento da qualidade da água, do ar e até mesmo do solo. Atender a função social indica-se ter como diretriz a criação de opções de lazer, de esporte e até mesmo de ócio para a comunidade, acarretando num impacto qualitativo também na saúde. Para a função estética, as diretrizes devem proporcionar a atratividade, embelezamento e valorização da paisagem em que se insere com a utilização do arranjo de cores e texturas e combinação de espécies. Atendendo a função educativa, a diretriz projetual pode ser a associação com programas de educação ambiental utilizando o espaço como palco de atividades práticas de

escolas e universidades, assim como também pode ser utilizado para a conscientização ambiental da comunidade.

#### 4.2 ESTUDO PRELIMINAR

O estudo preliminar deve ser incorporado ao projeto quando a escala e ou a complexidade do programa exigir. Esta etapa destina-se à concepção e à representação do conjunto de informações técnicas iniciais necessárias para a configuração do projeto, tendo como resultado peças escritas (como memorial justificativo) e gráficas representadas na forma de croquis (como plano de massas e perspectivas). A partir da definição das diretrizes projetuais, deve-se indicar neste momento, qual linguagem projetual será adotada, assim como também verificar a viabilidade física e econômica da proposta projetual:

- A linguagem projetual: está relacionada com a forma estética que se pretende adotar. Como exemplo a adoção de uma ou várias correntes paisagísticas, como impressionismo, naturalismo, modernismo, desconstrutivismo, entre outros, que será um fator determinante no aspecto formal do projeto, cabendo aqui a realização de um estudo da forma. A forma diz respeito à estrutura, organização e disposição das partes ou elementos de um corpo ou objeto (como a configuração, o tamanho, organograma, textura e cor) e pode ser caracterizado pela ampla liberdade de escolha aliada a influências de ordem sócio cultural e funcional;

- A viabilidade física: está diretamente relacionada com as restrições da área levantadas no inventário. Se as diretrizes propostas são exequíveis quando comparadas com as características físicas do lugar. O resultado dessa análise de viabilidade física geralmente se diz respeito a um memorial;

- A viabilidade econômica: baseado nas decisões tomadas até o momento, como diretrizes projetuais e a verificação da viabilidade física, é possível realizar um orçamento prévio para a elaboração e implantação do projeto. Com este orçamento inicial pode ser verificada a viabilidade econômica. Quando os custos são compatíveis com a realidade do local ou do contratante é um indicativo que as diretrizes não precisam ser alteradas e pode ser dado continuidade. Entretanto, se a solução indicada apontar para custos fora da realidade do local

ou do contratante, significa que a diretriz adotada não é adequada, com isto deve-se retornar e modifica-la, ou se a relação custo-benefício for justificável, mantém-se a diretriz;

#### 4.3 ANTEPROJETO

Este é uma decorrência direta do estudo preliminar, trata-se de um conjunto de desenhos e croquis, compreendendo detalhamentos como plantas, cortes e elevações (definindo formas, os elementos construtivos, as áreas de forrações, pontos de árvores, pré-seleção de algumas espécies de espécies, entre outros), para permitir entendimento do projeto como um todo. Nesta etapa também se enquadra o pré-dimensionamento da TC, auxiliado por profissionais da área. Destaca-se neste momento a aplicação de técnicas específicas como a composição dos espaços, relacionado ao padrão estético do projeto que se deseja criar, através de cores, texturas, volume e formas, criando um ritmo entre as massas vegetadas e os vazios. Alguns critérios relacionados ao padrão estético, segundo Abbud (2010) são:

- Arranjo volumétrico: a intenção de se criar volumes diferenciados para dar um ritmo na paisagem é dada através da altura e porte das espécies, ou mais especificadamente o estrato vegetal. A composição através de estrato vegetal leva a criação de volumes que podem ser agrupados, enfileirados ou isolados e é composto basicamente de estrato arbóreo, arbustivo e forração. Somados a criação de um padrão estético, a utilização do estrato arbóreo pode ser feita quando se intenciona criar um espaço mais sombreado por conta da exposição ao sol ou auxiliar como uma barreira de vento; a utilização de arbusto pode ser feita quando se intenciona limitar acessos; as forrações quando intencionar criar um espaço mais aberto ao campo visual, permitindo ou não passar sobre ele;
- Cores: as cores podem ser aplicadas ao paisagismo de diversas formas, porém de acordo com Abbud (2010) o contraste harmônico (dado pela utilização de cores complementares ou análogas, entre outras) é a forma que apresenta melhores resultados. Contudo é importante prever a floração das espécies a serem selecionadas, porque pode haver grandes variações de cores conforme a sazonalidade;

- Texturas: as espécies vegetais apresentam texturas variadas que podem ser utilizadas na composição do projeto paisagístico;
- Densidade: a densidade das folhagens também contribui para a criação de um padrão estético, como folhagens ralas ou densas.

Nesta etapa também é possível apresentar uma pré-seleção das espécies, que devem representar o padrão estético intencionado relacionado com a funcionalidade e especificidades de cada TCs como:

- Se a TC apresenta zona inundada periodicamente é necessário que a espécie tenha a capacidade de resistir à inundação periódica da água depois de tempestades, como também a seca que ocorre durante os meses quentes. São indicadas para esta funcionalidade as espécies denominadas palustres. As plantas palustres são características de locais encharcados, elas se desenvolvem na proximidade de rios, lagos e tanques, e muitas vezes se confundem com plantas marginais, mas também tem como características a adequação à períodos secos. No **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, pode-se visualizar alguns exemplos de plantas palustres.

Quadro 2: Exemplos de plantas palustres.

Plantas Palustres			
Nome Científico	Nome Popular	Características	Imagem
<i>Hedychium coronarium</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lírio-do-brejo</li> <li>• gengibre-branco</li> <li>• lágrima-de-moça</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de Vida: Perene</li> <li>• Porte: 1,5-2,0 m</li> <li>• floração: ano todo</li> <li>• Cultivo: pleno sol</li> <li>• Origem: Ásia tropical</li> </ul>	
<i>Iris pseudacorus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• íris-amarelo,</li> <li>• bandeira-amarela</li> <li>• flor-de-lis-amarela</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de Vida: Perene</li> <li>• Porte: 1,2 m</li> <li>• Floração: verão</li> <li>• Cultivo: meia sombra</li> <li>• Origem: Europa, Ásia Menor, Sibéria e norte da África</li> </ul>	
<i>Cyperus giganteus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• papiro-brasileiro</li> <li>• Papiro</li> <li>• piri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de Vida: Perene</li> <li>• Porte: 1,5-2,5 m</li> <li>• Floração: -</li> <li>• Cultivo: pleno sol</li> <li>• Origem: sudeste do Brasil</li> </ul>	

Fonte: Adaptado de Lorenzi (2013).

- Se precisar garantir a estabilidade do solo devido erosão causada pelo escoamento, é necessário que a espécie proporcione a estabilidade do solo. As forrações são indicadas para esta função. Elas possuem tamanho, formatos e cores diversos, incluindo a presença de flores, tem porte pequeno e médio e proporcionam a cobertura do solo. No **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, pode-se visualizar alguns exemplos de forrações:

Quadro 3: Exemplos de forrações.

Forrações			
Nome Científico	Nome Popular	Características	Imagem
<i>Arachis hepens</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>grama-amendoim</li> <li>amendoim-rasteiro</li> <li>amendoinzinho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: 10-20cm</li> <li>Floração: primavera e verão</li> <li>Cultivo: pleno sol</li> <li>Origem: Brasil</li> </ul>	
<i>Tradescantia pallida</i> var. <i>purpurea</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>trapoeraba-roxa</li> <li>trapoeraba</li> <li>coração-roxo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: 20-30 cm</li> <li>Floração: -</li> <li>Cultivo: pleno sol</li> <li>Origem: México</li> </ul>	
<i>Chloriphytum comosum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>clorofito</li> <li>gravatinha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: 15-20cm</li> <li>Floração: verão</li> <li>Cultivo: meia sombra</li> <li>Origem: África do Sul</li> </ul>	

Fonte: Adaptado de Lorenzi (2013)

- Para algumas áreas, quando a TC visa a infiltração da água, é necessário que haja o controle de poluentes da água pluvial. Conforme Batista et al. (2005), esta poluição provém da limpeza da atmosfera, do escoamento sobre as superfícies urbanas e do transporte no interior do próprio sistema. Contudo, existem espécies que capazes de absorver certos poluentes. No **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, pode-se visualizar alguns exemplos de plantas que tem esta função:

Quadro 4: Exemplos de plantas para controle de poluentes.

Plantas para Controle de Poluentes			
Nome Científico	Nome Popular	Características	Imagem
<i>Hemerocallis hybrida</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>lirio-de-são-josé</li> <li>hemerocale</li> <li>Lírio-de-um-dia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: 30-90cm</li> <li>Floração: ano todo</li> <li>Cultivo: pleno sol</li> <li>Origem: Europa e Ásia</li> </ul>	
<i>Gerbera jamesonii</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>gérbera</li> <li>gerbra</li> <li>margarida-da-áfrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: 20-40 cm</li> <li>Floração: primavera-verão</li> <li>Cultivo: pleno sol</li> <li>Origem: África do Sul</li> </ul>	
<i>Rhapis excelsa</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>palmeira-ráfia</li> <li>Palmeira-ráfis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: 2-4m</li> <li>Floração: -</li> <li>Cultivo: pleno sol ou meia sombra</li> <li>Origem: China</li> </ul>	

Fonte: Adaptado de Lorenzi (2013)

- Quando a TC possui uma estrutura frágil, existem muitas espécies que possuem grandes raízes ou extensas (como raízes escoras ou de suporte, onde a raiz se desenvolve a partir do tronco, ou raízes aéreas) que podem prejudicar esta estrutura, como alguns estratos arbustivos e arbóreos, alguns exemplos estão no **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Com isto, se há um interesse de composição estética em inserir alguma espécie com raiz extensa, é importante que esta seja implantada a uma distância cuja sua raiz não prejudique a técnica.

Quadro 5: Exemplos de plantas com raízes que podem prejudicar as TCs.

Plantas com raízes que podem prejudicar a estrutura da TC			
Nome Científico	Nome Popular	Características	Imagem
<i>Ficus benjamina</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ficus</li> <li>• fico</li> <li>• fico-chorão</li> <li>• figueira</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de Vida: Perene</li> <li>• Porte: acima de 12m</li> <li>• Cultivo: meia sombra, pleno sol</li> <li>• Origem: Ásia</li> </ul>	
<i>Salix x pendulina</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• salgueiro-chorão</li> <li>• chorão</li> <li>• Salso-chorão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de Vida: Perene</li> <li>• Porte: 9-25m</li> <li>• Cultivo: pleno sol</li> <li>• Origem: Ásia, China</li> </ul>	
<i>Delonix regia</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flamboyant</li> <li>• Acácia-rubra</li> <li>• Arvore-flamejante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de Vida: Perene</li> <li>• Porte: 6-12m</li> <li>• Floração: primavera e verão</li> <li>• Cultivo: pleno sol</li> <li>• Origem: África, Madagascar</li> </ul>	

Fonte: Adaptado de [www.jardineiro.net](http://www.jardineiro.net)

- Se a técnica limita acessos, como a redução do acesso de pedestres, devido a questões de segurança (como risco de queda) e a compactação do solo (técnicas que visam à infiltração não podem ter o solo compactado e a simples ação de caminhar constantemente pode ocasionar a compactação), é aconselhável a inserção de espécies que deem a sensação de barreira ou afastamento, como espécies pontiagudas e arbustos densos, como os exemplos do **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Quadro 6: Exemplos de plantas para controle de acesso.

Plantas para Controle de Acesso			
Nome Científico	Nome Popular	Características	Imagem
<i>Agave attenuata</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• agave-dragão</li> <li>• tromba-de-elefante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de Vida: Perene</li> <li>• Porte: 1-1,5m</li> <li>• Floração: ocasional</li> <li>• Cultivo: pleno sol</li> <li>• Origem: México</li> </ul>	
<i>Echinocactus grusonii</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cadeira-de-sogra</li> <li>• poltrona-se-sogra</li> <li>• cacto-bola</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de Vida: Porte: 30-60 cm de diâmetro</li> <li>• Floração: -</li> <li>• Cultivo: pleno sol ou meia-sombra</li> <li>• Origem: México</li> </ul>	
<i>Phormium tenax</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fórmio</li> <li>• linho-da-nova-zelândia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de Vida: Perene</li> <li>• Porte: 1,5-3m</li> <li>• Floração: verão</li> <li>• Cultivo: pleno sol ou meia-sombra</li> <li>• Origem: Nova Zelândia</li> </ul>	

Fonte: Adaptado de Lorenzi (2013)

#### 4.4 PROJETO DE PRÉ-EXECUÇÃO

Esta etapa diz respeito a elaboração ou levantamento de projetos complementares para a compatibilização de todos os projetos quanto a escala do projeto exigir. Nesta etapa podem ser necessários cálculos estruturais e geotécnicos (quando existir estrutura a serem construídas ou movimentação de terra), e elaboração de projetos de infraestrutura (como localização de instalações elétricas, para possível bombeamento das águas e/ou projeto luminotécnico quando existirem), de irrigação (se for automatizada), entre outros.

#### 4.5 PROJETO EXECUTIVO E DE PLANTIO

O projeto executivo é apresentado através de desenhos técnicos e detalhados em números e escalas convenientes e adequadas para a compreensão do projeto e sua implantação, sendo compostos por plantas, cortes e detalhes construtivos (incluindo especificação de materiais, soluções de drenagem, pontos de água e iluminação).

O projeto de plantio corresponde a locação e especificação qualitativa e quantitativa das espécies vegetais. Baseado na lista espécies selecionadas na etapa anterior (o anteprojecto) que levou em consideração o padrão estético e a funcionalidade da TC, este projeto deve ser representado através de planta baixa, ou outras representações gráficas necessárias, e quadros que contenham o nome científico, nome popular, quantidade e outras especificações das espécies selecionadas que permitam a elaboração de orçamentos dos serviços de plantio e a implantação do projeto, conforme o **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Quadro 7: Exemplo de quadro de especificação de espécies.

QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES DE ESPÉCIES					
Nome Científico	Nome Popular	Qtde.	Porte (Cm)	Dist. Plantio ( Cm)	Especificações
<i>Arachis repens</i>	grama-amendoin	22m <sup>2</sup>	10	10	-
<i>Heliconia bihai</i>	heliconia alta	17	200	80	muda bem formada
<i>Murraya paniculata</i>	falsa-murta	19	200	60	muda com folhas desde baixo

Fonte: Adaptado Abbud (2010)

#### 4.6 IMPLANTAÇÃO

A implantação está relacionada a construção física do projeto e envolve trabalhos como a preparação do solo, a locação e o plantio das espécies.

#### 4.7 MANUTENÇÃO

A última etapa diz respeito a manutenção. Tanto para a necessidade de irrigação periódica assim como também para o período de podas e limpeza de resíduos de folhagens que podem prejudicar a estética ou na funcionalidade da TC e do projeto paisagístico como um todo. Com isto deve-se apresentar um plano de manutenção, porque mesmo que as espécies escolhidas exijam baixa manutenção, é necessário realizar manutenção para podas, limpeza remover possíveis plantas daninhas, ou executar um controle de pragas, que possam prejudicar a infraestrutura do espaço e de suas adjacências.

Para algumas TCs que possuem grandes áreas cobertas com forrações cuja a função é a infiltração, é recomendado evitar que a manutenção dessas áreas seja realizada com roçadeiras acopladas a tratores de grande porte, pois o acesso, mesmo que periódico deste tipo de equipamento pode prejudicar a capacidade de infiltração, provocando a compactação do solo. O uso de pesticidas também deve ser controlado quando existe a necessidade de controle da qualidade da água infiltrada.

Deve-se ressaltar que não há paisagismo que não exija manutenção. Desta forma, deve-se prever um planejamento para a manutenção destas áreas, como a manutenção inicial com irrigações diárias constantes por requisito de sobrevivência da planta. É importante destacar a possível necessidade de remoção, substituição ou tratamento, nas primeiras semanas, pois algumas mudas podem morrer ou adoecer nos primeiros dias.

A realização de um plano de irrigação de longo prazo também é necessária, pois existem espécies que não sobrevivem a longos períodos de seca, com isto podem ser idealizados tanto métodos tradicionais mais simples, como a colocação de mangueiras fita, ou até mesmo métodos de irrigação automatizados.

A responsabilidade desta manutenção pode ser atribuída tanto ao proprietário (quando trata-se de obra particular) quanto ao poder público ou a até mesmo a comunidade quanto em áreas públicas. Em muitos municípios norte-americanos, conforme Haydena et al. (2015), a manutenção do projeto paisagístico é atribuída ao proprietário que tem uma TC situada na frente de sua residência. Este é um aspecto cultural, onde as pessoas consideram mais

atraentes os projetos paisagísticos implantados com sinais de serem bem cuidados, e para isto tem a jardinagem como um hobby.

Contudo, a periodicidade da manutenção tem custos que perduram enquanto subsistir o paisagismo, seja ela realizada e/ou custeada pelo poder público ou pelo proprietário.

# CAPÍTULO V

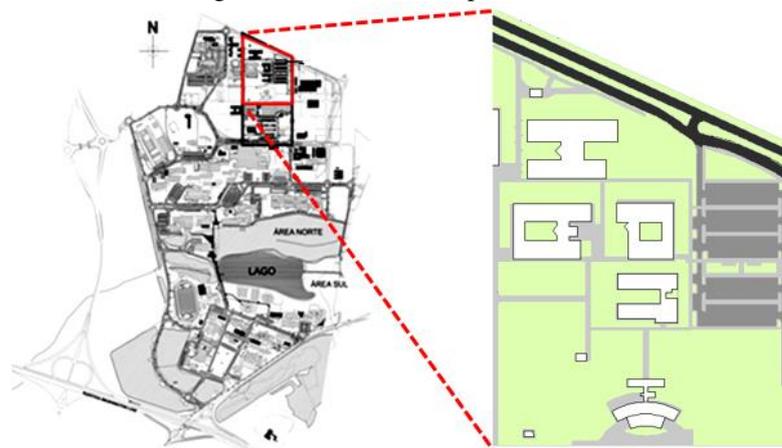
## APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES

O resultado que se segue diz respeito a aplicação das diretrizes desenvolvidas no capítulo anterior para a elaboração de projeto paisagístico em TCs no *campus* da UFSCar.

### 1.1 PESQUISA CONTEXTUAL

A área de estudo deste trabalho trata-se de uma microbacia experimental localizada na área norte do *campus*, Figura 18.

Figura 18: Microbacia Experimental.



Fonte: a autora, adaptado de EDF/UFSCar.

#### 5.1.1 Inventário

- Fatores de ordem física:

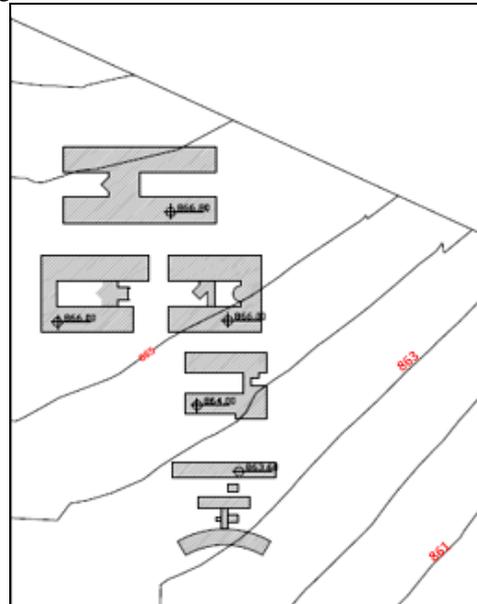
- coordenadas: As coordenadas geográficas da microbacia experimental são 47°30' e 48°30' Longitude Oeste e 21°30' e 22°30' Latitude Sul;

- clima e pluviometria: O clima da cidade seguindo a classificação climática de Koeppen, conforme o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas ligadas a Agricultura (CEPAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) é definido como Cwa. Este

clima é caracterizado como tropical de altitude que apresenta chuvas no verão e períodos secos no inverno. Durante a época seca as chuvas não ultrapassam a média de 35mm, enquanto que em períodos mais úmidos esse valor pode ser até nove vezes superior. Sua média de temperatura gira em torno de 22°C e apresenta pluviometria de aproximadamente 1422 mm/ano;

- solo: Tecedor (2014) realizou a análise do solo superficial e nas profundidades de 30cm, 60cm e 90cm, tendo como resultado a classificação do solo como areia média a fina argilosa. Em relação a topografia, pode-se afirmar que não é acidentada (Figura 19), apresentando uma declividade constante de 3%.

Figura 19: Curvas de nível da microbacia.



Fonte: adaptado de Tavanti (2011)

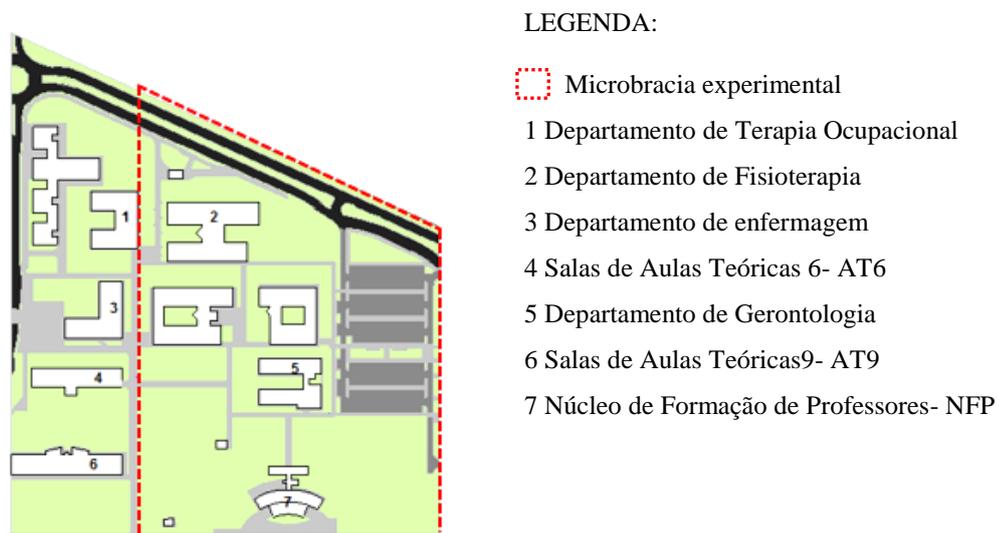
Para a análise do pH, foram retiradas amostras do solo que foram submetidas para empresa especializada. O pH encontrado foi de 4.6 (o resultado da análise está no Anexo B). Devido a locação canteiro de obras, durante a execução das edificações no *campus*, as áreas adjacente acabam sendo compactadas, com isto o solo pode apresentar um grau de compactação muito alto nos níveis mais superficiais, o que também foi identificado por Tecedor, por meio de ensaio de compactação, o grau de compactação do solo variou entre 92,5% na superfície e 72,3% na profundidade de 0,90m, observando que o solo encontrava-se compactado superficialmente e já nas camadas inferiores em condições naturais;

- vegetação existente: a maior parte de cobertura do solo nas áreas livres correspondem a grama do tipo esmeralda. Não há grande quantidade de estratos arbóreos e estão situados pontualmente, como as margens dos estacionamentos e dos passeios para possível sombreamento, que foi o único padrão reconhecido através das espécies identificadas na microbacia. As espécies identificadas na microbacia foram flamboyants (*Delonix regia*), sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), Cássia-Imperial (*Cassia fistula*), Escova-de-garrafa (*Callistemon viminalis*), Palmeira-jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e Ipê (*Tabebuia*).

- Fatores de ordem sócio econômica:

Como se trata de uma área de *campus* universitário, o uso é exclusivo para fins acadêmicos, ou seja, existem na microbacia edifícios para salas de aula, laboratórios de ensino e pesquisa e departamentos, assim como as áreas livres também são utilizadas para feiras, encontros, simpósios e congressos. Com isto, a população que frequenta a região da microbacia pode ser definida como alunos, docentes e funcionários. No estudo apresentado por Almeida (2014), que avalia a inserção de TCs sob a ótica dos usuários do espaço, foi aplicado um questionário na população que frequenta a microbacia. A população estimada é de 23 funcionários, 68 docentes e 1173 discentes. Esta população foi delimitada pelo uso dos seguintes edifícios (Figura 20):

Figura 20: Edifícios cujas populações compõem os usuários da microbacia entrevistados.



Fonte: Adaptado de Almeida (2014).

O questionário mostrou que 67% dos pesquisados concordam totalmente com a implantação de TCs no *campus*. Desta maneira, é possível afirmar que a população apresenta receptividade à este tipo projeto.

Para a gestão de bens e serviços do *campus*, os recursos são advindos da esfera federal, entretanto existem várias instituições que realizam a gestão de projetos de ensino, pesquisa e extensão através de ações administrativas e financeiras inerentes a específicos projetos de pesquisas, como compras, importações, contratação de pessoal, contabilidade e prestação de contas. Contudo a força da economia local envolve diretamente a desenvolvimento de pesquisas e as necessidades do *campus*.

- Fatores institucionais:

Para o *campus* universitário, o município de São Carlos, não estabelece parâmetros urbanísticos e de infraestrutura, pois, conforme Almeida (2014), a instituição universitária tem total autonomia para estabelecer as diretrizes de uso e de ocupação do solo. Com isto, o espaço físico do *campus* é projetado conforme as necessidades acadêmicas e os recursos disponíveis. Entretanto, o campus deve cumprir as exigências relativas as legislações ambientais, seja em âmbito municipal, estadual e/ou federal. A microbacia apresenta as seguintes características urbanísticas (Tabela 1):

Tabela 1: Características urbanísticas da microbacia experimental

Áreas	M <sup>2</sup>	%
Área total da microbacia	49.075,69	100
Área pavimentada para permanência e circulação de pedestres	5.379,43	10,96
Área de edificações construídas	5.101,02	10,39
Área destinada a veículos	5.276,04	10,75
Área gramada	33.318,70	67,89

Fonte: a autora

Levando em consideração o Plano Diretor do município de São Carlos, Lei 13.691/2005 (SÃO CARLOS, 2005), a microbacia está situada na Zona 5A (definida como Ocupação e Proteção Restrita), que corresponde a um local de especial interesse ambiental. Levando em consideração os índices urbanísticos requeridos pelo zoneamento municipal (Quadro 8), a microbacia experimental atende aos índices, conforme a Tabela 2, contudo ela é

um recorte esquemático para o desenvolvimento de pesquisas no *campus*, mas o *campus* como um todo vai além das taxas requeridas pelo município:

Quadro 8: Descrição dos índices urbanísticos pelo Plano Diretor do município de São Carlos-SP.

<b>Coefficiente</b>	<b>Descrição</b>
Coeficiente de Ocupação	$\frac{\text{Área da projeção da edificação} \times 100}{\text{Área do lote}}$
Coeficiente de Aproveitamento	$\frac{\text{Área edificada}}{\text{área do lote}}$
Coeficiente de Permeabilidade	$\frac{\text{Área permeável} \times 100}{\text{área do lote}}$
Coeficiente de Cobertura Vegetal	$\frac{\text{Área vegetada} \times 100}{\text{área do lote}}$

Fonte: a autora, adaptado de São Carlos (2005).

Tabela 2: Índices urbanísticos da microbacia em relação a Zona 5A do Plano Diretor do Município de São Carlos-SP.

	Coeficiente de Ocupação (CO)	Coeficiente de Aproveitamento (CA)	Coeficiente de Permeabilidade (CP)	Coeficiente de Cobertura Vegetal (CCV)
Plano Diretor São Carlos	25%	0,25	50%	50%
microbacia experimental	10%	0,1	68%	68%

Fonte: a autora, adaptado de São Carlos (2005).

- Condicionantes paisagísticos:

Por se tratar de uma área de grandes dimensões, as próprias edificações acabam se tornando referenciais para os usuários e para os visitantes do *campus*, Figura 21.

Figura 21: Exemplos de edifícios da microbacia como referenciais para os usuários e visitantes.



Fonte: a autora.

Não foram identificados caminhos preferenciais de pedestres além das áreas pavimentadas destinadas para circulação e permanência dos mesmos, Figura 22. A pavimentação não segue um padrão, podendo ser encontrados pavimentos intertravados, pisos drenantes e concreto.

Figura 22: Áreas de circulação e permanência dos usuários da microbacia.



Fonte: a autora.

A vegetação existente corresponde à grama esmeralda e estrados arbóreos pontuais e não impõe restrições ou necessidade de extração para a execução de projeto paisagístico. Foi verificada o tipo de manutenção executada nas áreas vegetadas do *campus*, que não abrange trabalhos manuais de jardineiros para espécies que exigem cuidados mais frequentes e mais delicados, apenas a poda de grama.

### 5.1.2 Análise

O clima da microbacia é adequado para o desenvolvimento de várias espécies vegetais, entretanto deve-se atentar para os meses de estiagem para a escolha de espécies mais resistentes a este período de seca. Como não existem grandes conjuntos de maciços arbóreos que produzam sombra, o projeto será implantado em áreas de exposição ao sol, com isto deve-se ressaltar espécies que suportem esta exposição.

O solo, com base nos dados, tem ótimas condições para a implantação de projeto paisagístico, pois apresenta combinação da capacidade de drenagem da areia com a de retenção de água e nutrientes da argila, onde grande parte das espécies desenvolvem-se melhor. De acordo com análise do pH, o solo foi classificado como ácido, sabendo que um

solo muito ácido prejudica o desenvolvimento da planta, assim como também a absorção de nutrientes, deve ser realizada a sua correção.

A declividade média do terreno não impõe grandes movimentações de terra, o que diminui os custos de implantação do projeto.

Tendo em vista a população da microbacia, implantar um projeto paisagístico em TCs pode garantir uma boa percepção dos usuários, tendo em vista que eles são receptíveis a implantação de TCs no *campus*, assim como também auxiliar na divulgação deste tipo de manejo de água pluviais.

Em relação aos índices urbanísticos da microbacia, mesmo sabendo que se trata de um recorte esquemático da área do *campus*, é interessante evitar novas pavimentações para não aumentar a quantidade de áreas impermeáveis e evitar o aumento do escoamento superficial.

Para os condicionantes paisagísticos, espaços de circulação e permanência de pedestres apesar de notório o crescimento de vegetação onde foram implantados pavimentos intertravados, prejudicando a circulação dos usuários em alguns pontos, é possível propor sua continuidade (onde a pavimentação está interrompida) integrando essas áreas no próprio projeto paisagístico. Sobre as edificações como referenciais é possível propor áreas de estar ou pontos focais, propondo a aproximação da comunidade por meio de espaços de contemplação e estar. A vegetação existente, gramas e estratos arbóreos que margeiam o passeio e a via de acesso não apresentam nenhum obstáculo para a elaboração de projeto paisagístico podendo ser mantidas.

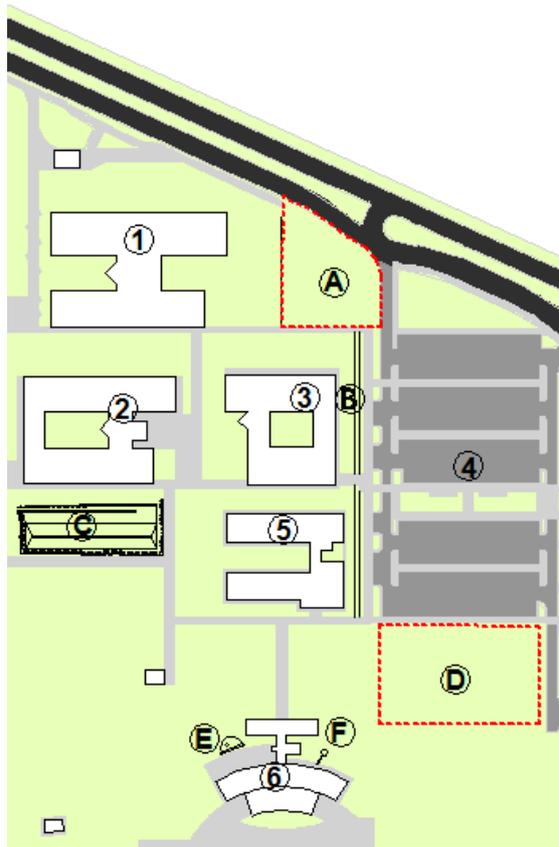
### 5.1.3 Diretrizes

Considerando a microbacia como uma área específica de desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao manejo sustentável de águas pluviais, a diretriz projetual para a elaboração do projeto será a reafirmação das TCs como referenciais para os usuários. Notou-se a necessidade de identificação das TCs, com isto a vegetação a ser escolhida deverá ser um fator de identificação das próprias TCs na microbacia. Para isto será utilizado espécies iguais, formando um padrão, agregando valor estético e funcional, corroborando para a divulgação das mesmas. A diretriz projetual também envolve as seguintes decisões:

- A seleção de TC:

Em toda a extensão da microbacia experimental existem várias técnicas compensatórias, como afirmado anteriormente. Dentre as várias e já citadas TCs, foram selecionados para o desenvolvimento desta pesquisa duas áreas, “A” e “D” visando a integração de técnica compensatória através do projeto paisagístico, Figura 23.

Figura 23: Microbacia Experimental e localização das técnicas compensatórias implantadas pelo grupo G-Hidro na UFSCar-São Carlos- SP.



#### LEGENDA

##### -Edifícios na microbacia e áreas de projeção:

- 1 Departamento de Fisioterapia - 1.767,5m<sup>2</sup>
- 2 Departamento de Medicina I -1.457m<sup>2</sup>
- 3 Departamento de Medicina II -1.426,7m<sup>2</sup>
- 4 Estacionamento - 5.732,5m<sup>2</sup>
- 5 Departamento de Gerontologia – 924,2m<sup>2</sup>
- 6 Núcleo de Formação de Professores – 728,7m<sup>2</sup>

##### -Técnicas compensatórias implantadas na microbacia:

- A Área para TC do Dep. de Fisioterapia
- B Canal Gramado
- C Sistema Filtro-Vala-Trincheira
- D Área para TC do Estacionamento
- E Poço de Infiltração Rebaixado
- F Poço de Infiltração

Fonte: Adaptado de EDF/UFSCar.

A seleção das áreas “A” e “D” teve como critério a identificação de áreas verdes livres na microbacia, conforme o Zoneamento Ambiental Urbano - ZAU (UFSCAR, 2013), que futuramente não seriam alvo de edificações. Com isto, sabendo que estas áreas não seria destinadas a construção de departamentos, laboratórios, AT, entre outros, propôs-se a implantação TCs nestas áreas. Dentre as várias TCs possíveis, e tendo disponibilidade de área, os planos de infiltração foram selecionados para este estudo por demandarem maior espaço se comparado com outras TCs (como os poços de infiltração que necessitam de pequena área) e por apresentarem o uso compatível ao uso da área, ou seja, a permanência de área verde e

livre. Contudo, a área de projeção final dos planos de infiltração será proporcional ao volume de água pluvial que irá receber.

- A correção do solo:

Com os dados obtidos, para o solo será realizada a calagem para correção da acidez (com 250g de calcário dolomítico para cada m<sup>2</sup>) para dar melhor condição de crescimento das espécies tornando o solo levemente ácido. Também pelas características do solo foi recomendada a adubação e a escarificação com 0,50m de profundidade para destorroar as áreas que receberão as espécies, promover o rápido desenvolvimento das mudas no local, assim como também aumentar a permeabilidade da camada superficial do solo que havia sido compactada.

- A seleção das espécies:

Para a preparação do solo a intenção primordial foi não interferir na funcionalidade da TC, isto é, a capacidade de infiltração dos planos de infiltração. Para isto houve o cuidado de não deixar áreas com o solo exposto, ou seja, sem cobertura vegetal, ou que as espécies escolhidas não deixem áreas de solo aparente, ou vazios entre mudas, para que durante a precipitação não ocorra o aporte de partículas para a área de infiltração e prejudique a funcionalidade da técnica. Desta maneira, a maior parte do plano de infiltração permanecerá recoberta com grama e alguns pontos localizados, receberão vegetação diferenciada para formar uma composição harmônica com o ambiente e durante o plantio esta área de vegetação terá o solo coberto com material que proteja o solo, caso haja precipitação durante o período. As espécies a serem selecionadas também deverão ter a função de identificar a existência da TC na área.

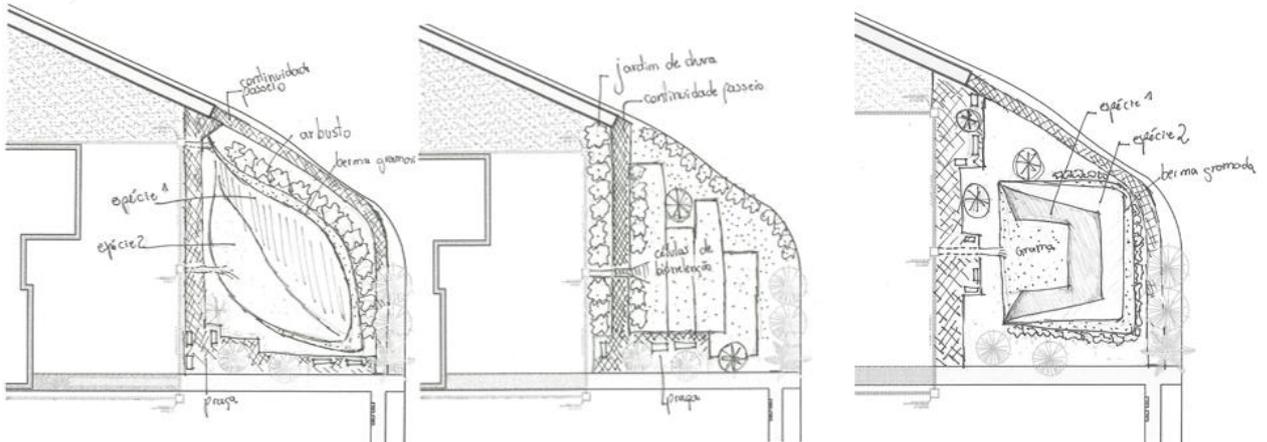
## 5.2 ESTUDO PRELIMINAR

### 5.2.1 LINGUAGEM PROJETUAL

Propõe-se como linguagem projetual uma forma mais livre, mais orgânica ou retilínea, estruturando o desenho em partes compostas com cores e volumes diferenciados. Essas cores e volumes tem a proposta de criar uma identidade para os planos de infiltração da microbacia experimental.

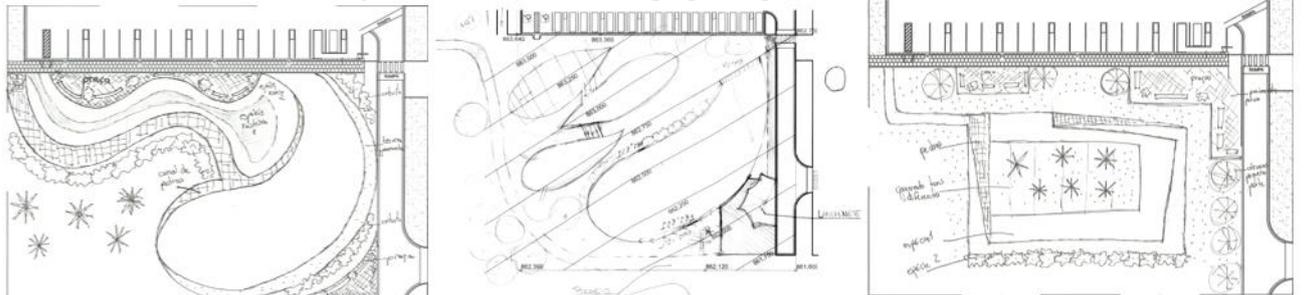
Considerando os condicionantes hidrológicos e paisagísticos, durante estudos para a iniciais para a tomada de decisão para a escolha da TC a ser implantadas nas áreas “A” e “D” foram estudadas algumas formas, entre elas as seguintes (Figura 24 e Figura 25):

Figura 24: Formas e técnicas propostas para área A



Fonte: a autora adaptado de G-Hidro.

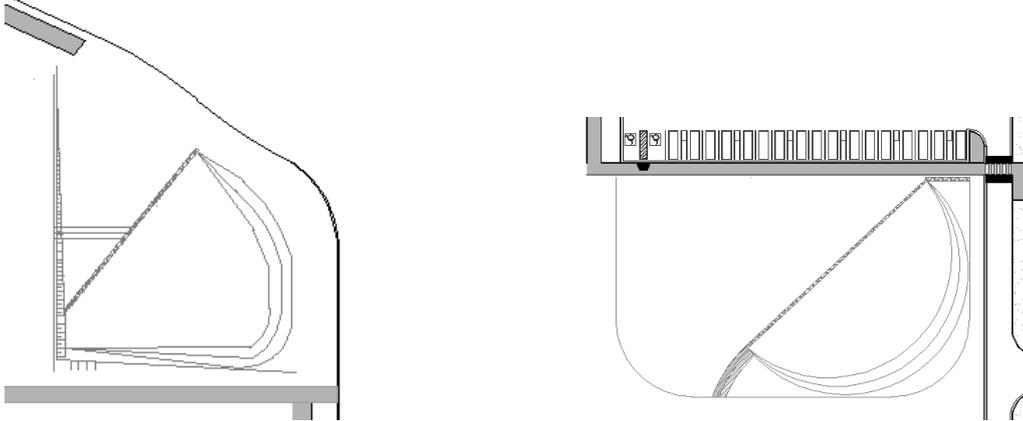
Figura 25: Formas e técnicas propostas para área B



Fonte: a autora e G-Hidro.

Contudo, para as duas áreas achou-se como melhor forma a ser implantada os planos de infiltração por se tratar de uma estrutura única para receber o volume de água previsto. Também optou-se por uma forma mais orgânica, contudo que facilitasse o dimensionamento e implantação. Com isto as formas finais adotadas para as áreas foram as seguintes (Figura 26):

Figura 26: Formas finais adotadas para os planos de infiltração das áreas A e D respectivamente.



Fonte: a autora adaptado de G-Hidro.

A partir da finalização das formas e o dimensionamento, realizou-se a construção dos planos de infiltração (Figura 27 e Figura 28):

Figura 27: Construção do Plano de Infiltração da área "A".



Fonte: G-Hidro.

Figura 28: Construção do Plano de Infiltração da área "D".



Fonte: G-Hidro.

De acordo com as formas adotadas, os planos funcionam da seguinte maneira:

A) Área “A”: Plano de Infiltração 1

O Plano de Infiltração 1, (PI-1) tem uma área total de aproximadamente 500m<sup>2</sup> e recebe as águas de escoamento superficial direto proveniente da cobertura do prédio que abriga o Departamento de Fisioterapia do *campus*, com área de 1.747,54m<sup>2</sup>, somados a uma área de expansão de 1.253,76 m<sup>2</sup>, entre o prédio e o PI-1, sendo um total de 3.001,3 m<sup>2</sup>. O dimensionamento e execução desta técnica compensatória foi objeto de estudo específico, realizado por Tecedor (2014)<sup>11</sup>, e atende a um período de retorno de 10 anos e tempo de esvaziamento menor que 24 horas.

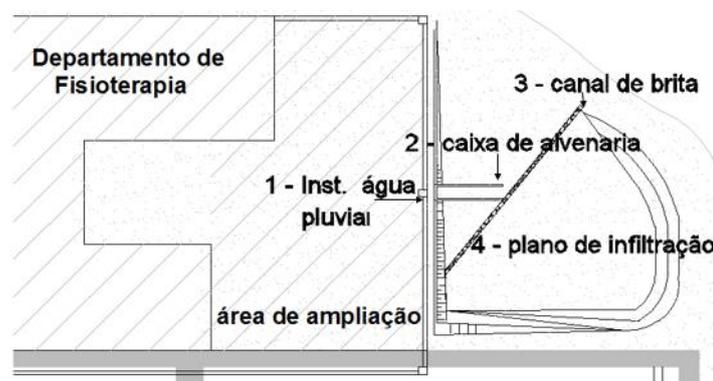
O direcionamento das águas pluviais dessas áreas para o PI-1 segue-se como apresentado na Figura 29 e Figura 30, onde:

a) a partir da cobertura do Departamento de Fisioterapia seguem para a instalação predial pluvial convencional (1), desconectada da rede de drenagem convencional, e encaminhada para uma caixa de alvenaria para medição por meio de um vertedor triangular (2) situado a montante do plano;

b) O escoamento segue para um canal de brita (3) com a função de distribuí-lo igualmente na área de infiltração e evitar que a água crie caminho preferencial no plano;

c) após o canal de brita, a água avança para o plano (4) onde ficará armazenada temporariamente até sua infiltração no solo, sendo esta área de inundação prevista.

Figura 29: Direcionamento das águas pluviais que infiltram no PI-1.



Fonte: Adaptado de EDF/UFSCar.

<sup>11</sup> TECEDOR, N. *Monitoramento e modelagem hidrológica de plano de infiltração construído em escala real* / Natália Tecedor. -- São Carlos: UFSCar, 2014. 92 f

Figura 30: Plano de Infiltração 1.



Fonte: Adaptado do Grupo G-Hidro.

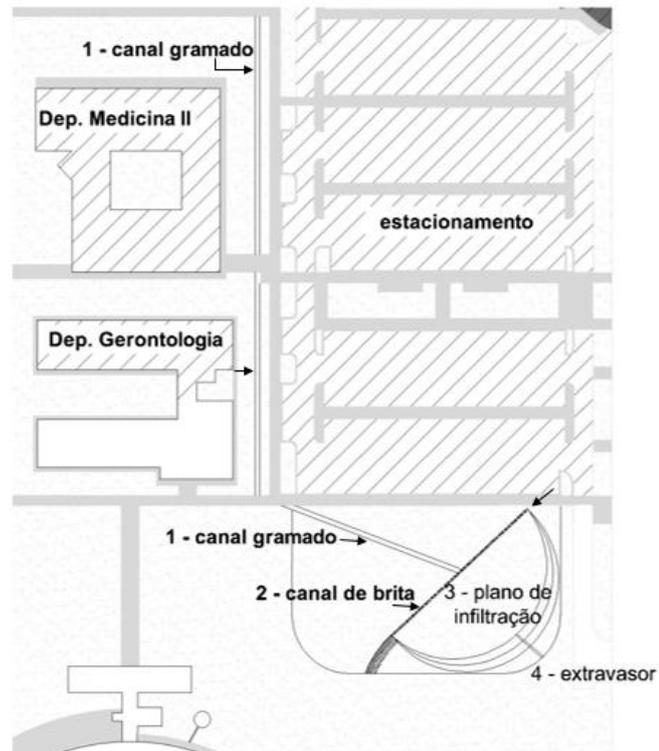
#### B) Área “D”: Plano de Infiltração 2

O Plano de Infiltração 2 (PI-2), tem uma área total de aproximadamente 655m<sup>2</sup> e recebe as águas de escoamento superficial direto provenientes da cobertura do Departamento de Medicina II com área de 1.426,7 m<sup>2</sup>, somados a área do estacionamento adjacente com 5.732,5 m<sup>2</sup> e parte da cobertura do Departamento de Gerontologia com 188m<sup>2</sup>. O dimensionamento do plano também atende a um período de retorno de 10 anos e tempo de esvaziamento menor que 24 horas.

O direcionamento das águas pluviais dessas áreas para o PI-2 segue-se como apresentado na Figura 31 e Figura 32 onde:

- a) as águas pluviais provenientes das coberturas dos prédios do Departamento de Medicina II e do Departamento de Gerontologia (desconectadas da rede de drenagem convencional) são direcionadas para o PI-2 através de um canal gramado (1);
- b) o escoamento das águas provenientes do estacionamento e da cobertura dos prédios são direcionadas para um canal de brita (2), cuja função é distribuir as vazões de entrada em toda a extensão do plano e evitar que a água crie caminho preferencial no plano;
- c) após o canal de brita, as águas pluviais avançam para o plano e infiltram no solo (3), sendo esta área de inundação prevista;
- d) Quando necessário, a água segue para uma saída de emergência, sobre a crista do barramento (4) para que não haja extravasamentos.

Figura 31: Direcionamento das águas pluviais que infiltram no PI- 2.



Fonte: Adaptado EDF/UFSCar.

Figura 32: Plano de Infiltração 2.



Fonte: a Autora

É importante compreender a funcionalidade dos planos de infiltração para poder elaborar o projeto sabendo de suas limitações, como os locais que serão inundadas e as partes estruturais como as bermas para não serem desfeitas por raízes de árvores.

### 5.2.2 VIABILIDADE FÍSICA

Para toda área de projeção dos planos de infiltração é possível implantar projeto paisagístico, devendo-se manter sua estrutura, como o canal de brita, inclinação, a berma, o canal gramado e a cobertura vegetal. Como os planos de infiltração apresentam uma leve inclinação, recomenda-se não deixar solo exposto, soma-se a isto o fato de exercerem uma função de pré-tratamento onde os poluentes também são removidos pela adsorção no revestimento vegetal, e quando na escolha deste revestimento vegetal recomenda-se selecionar espécies que sejam adaptadas a curtos períodos de inundação periódica e que sejam resistentes a velocidade do escoamento.

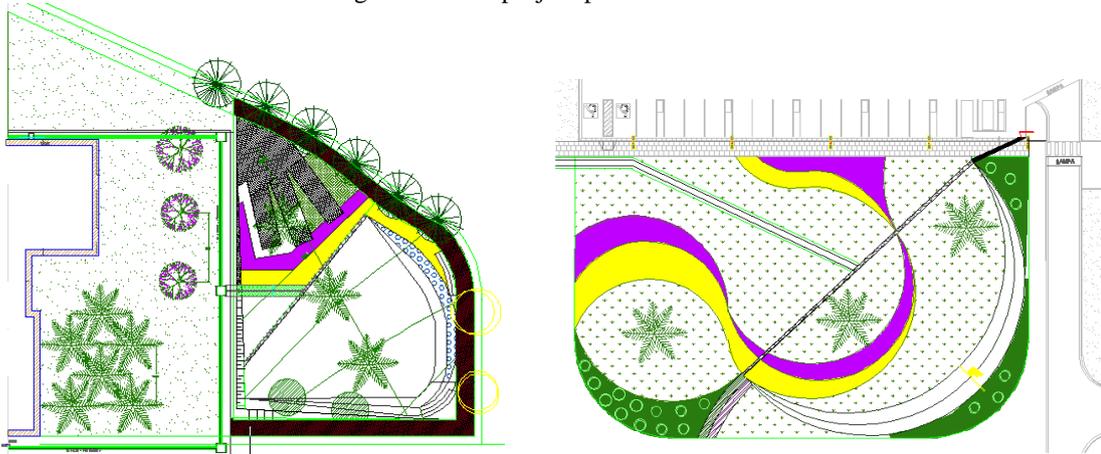
### 5.2.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

Os planos de infiltração possuem dimensões consideráveis, com isto o custo do projeto paisagístico e de manutenção será compatível com a área de intervenção. Consequentemente o projeto paisagístico para os planos de infiltração terá um custo mais elevado se comparado ao custo do projeto para outras TCs de pequeno porte (que se adequam a escala de um lote).

## 5.3 ANTEPROJETO

Para a elaboração do anteprojeto foram adotadas como padrão estético as cores e espécies específicas. Conforme as características funcionais e o tamanho da área dos planos de infiltração, foi trabalhado com a implantação parcial de vegetação (diferente de gramíneas) nas áreas de infiltração da TC. Para a seleção da vegetação, decidiu-se não inserir estratos arbóreos para que o crescimento das raízes não viesse desenvolver saliências que possivelmente poderiam acumular água, evitar o escoamento ou desfazer as bermas. Entretanto, a implantação de palmeiras é possível porque sua raiz não invade espaços laterais. Também foi considerada a criação de uma composição paisagística harmônica entre duas ou mais espécies através de diferença de alturas e contraste de cores proporcionando diferentes pontos focais de acordo com o trajeto realizado pelos usuários. Para o aspecto formal decidiu-se acompanhar o traçado dos planos de infiltração. Com base nisto, os anteprojetos elaborados para os planos foram os seguintes (Figura 33):

Figura 33: Anteprojeto para os PI-1 e PI-2.



Fonte: a autora e Kelly C. Magalhães.

Considerando as possibilidades formais apresentadas no anteprojeto, abriu-se um grande leque de opções para a seleção específica das espécies. Entretanto, mesmo sabendo que existem inúmeras opções de espécies adequadas, elas devem apresentar algumas características específicas, como adaptação ao clima, ao tipo de manutenção realizada no *campus* e resistência à presença de água por determinados períodos.

Como os planos de infiltração armazenam temporariamente o volume de água precipitada antes de infiltrar no solo (este armazenamento tem duração de 24 horas), foi primordial a escolha plantas resistentes à presença de água nos períodos chuvosos como também as secas sazonais. As espécies também devem ser tolerantes a exposição ao sol, pois as áreas não recebem sombreamento durante a maior parte do dia.

Além do funcionamento da TC, a manutenção também foi um aspecto essencial para a seleção das espécies. A manutenção do *campus* ocorre a cada 30 dias aproximadamente e é realizada por maquinários (como mini trator cortador de grama, roçadeiras acopladas a trator e roçadeiras laterais) e não tratam de espécies mais delicadas que exigem trabalhos manuais por conta da dimensão do *campus*. Este fato levou a exigência de espécies de baixa manutenção. Com base nestes aspectos, foram selecionadas as seguintes espécies (Quadro 9):

Quadro 9: Espécies selecionadas para os PI-1 e PI-2.

Espécies selecionadas para os Planos de Infiltração			
Nome Científico	Nome Popular	Características	Imagem
<i>Washingtonia robusta</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>washingtônia</li> <li>Palmeira-leque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: acima de 12m</li> <li>floração: -</li> <li>Cultivo: pleno sol</li> <li>Origem: Espanha, Nova Zelândia, Florida</li> </ul>	
<i>Hemerocallis hybrida</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>lírio-de-são-José</li> <li>hemerocale</li> <li>Lírio-de-um-dia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: 30-90cm</li> <li>Floração: ano todo</li> <li>Cultivo: pleno sol</li> <li>Origem: Europa e Ásia</li> </ul>	
<i>Tradescantia pallida var. purpúrea</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>trapoeraba-roxa</li> <li>trapoeraba</li> <li>coração-roxo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: 20-30 cm</li> <li>Floração: -</li> <li>Cultivo: pleno sol</li> <li>Origem: México</li> </ul>	
<i>Agave attenuata</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>agave-dragão</li> <li>tromba-de-elefante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: 1-1,5m</li> <li>Floração: ocasional</li> <li>Cultivo: pleno sol</li> <li>Origem: México</li> </ul>	
<i>Dypsis Madagascariensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>areca</li> <li>areca-de-locuba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Vida: Perene</li> <li>Porte: 7-15m</li> <li>Floração: -</li> <li>Cultivo: pleno sol</li> <li>Origem: África, Madagascar</li> </ul>	

Fonte: a autora baseado em Lorenzi (2013) e [www.jardineiro.net](http://www.jardineiro.net).

A areca-de-locuba, que é uma palmeira, foi proposta para implantação nos dois planos com a intenção de fazer uma ligação visual às maiores distâncias entre as duas técnicas compensatória e possivelmente entre as demais TCs implantadas na microbacia.

Através da palmeira washingtônia intenciona-se a criação de um volume mais denso de texturas e sombras para atrair os usuários a um ponto de estar próximo ao prédio e à TC, convidando-os a permanência e apropriação do lugar.

O lírio-de-são-josé tem como características a resistência à presença de água e a baixa manutenção, apresenta propriedades de reter metais pesados, colaborando para melhor qualidade da água a ser infiltrada (especialmente no PI-2, por receber água precipitada em um estacionamento). Soma-se a isto o fato de produzir flores (selecionada a cor amarela) que irão fazer composição de textura, volume e cor.

A trapoeraba-roxa, é uma vegetação mais baixa (atingido até 0,25 de altura) para fazer uma cobertura maciça do solo. Ela é uma planta rústica que não exige podas e se multiplica

facilmente pela ramagem (LORENZI, 2013), tem coloração arroxeada irá fazer uma composição com o lírio-de-são-josé.

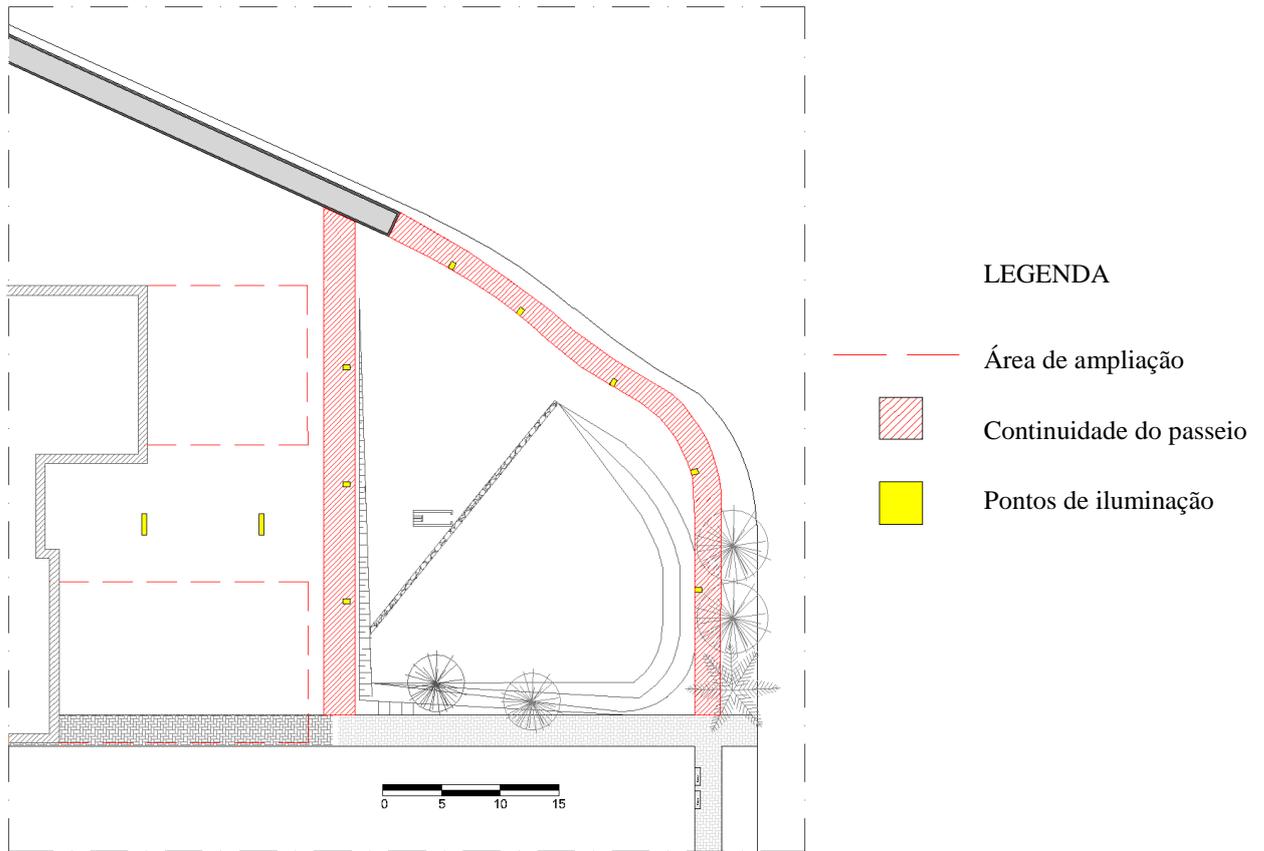
A agave dragão, da família das suculentas, exige baixa manutenção e é muito resistente, irá compor nichos pontuais para os dois planos.

#### 5.4 PROJETO DE PRÉ-EXECUÇÃO

Levando em consideração a existência de outros projetos a serem realizados nas áreas dos planos de infiltração, foi necessário adaptar o anteprojeto através da compatibilização de projetos levantados. Os dados encontrados foram:

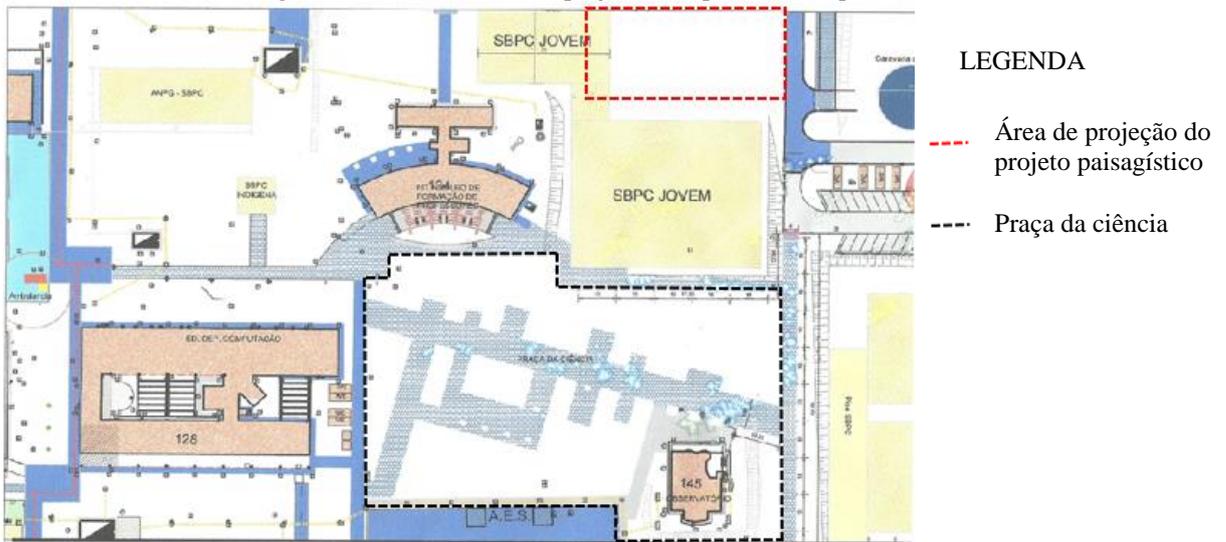
- A continuidade do passeio e iluminação de acesso ao prédio do Departamento de Fisioterapia e ampliação prevista do prédio do Departamento de Fisioterapia (Figura 34), adjacente ao PI-1;
- Área destinada a implantação de tendas para 67<sup>a</sup> reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC realizada no *campus* da UFSCar no ano de 2015 (Figura 35), associada a área destinada a implantação da praça da ciência, adjacente ao PI-2.

Figura 34: Levantamento de projetos complementares para o PI-1.



Fonte: Adaptado de EDF/UFSCar.

Figura 35: Levantamento de projetos complementares para o PI-2.

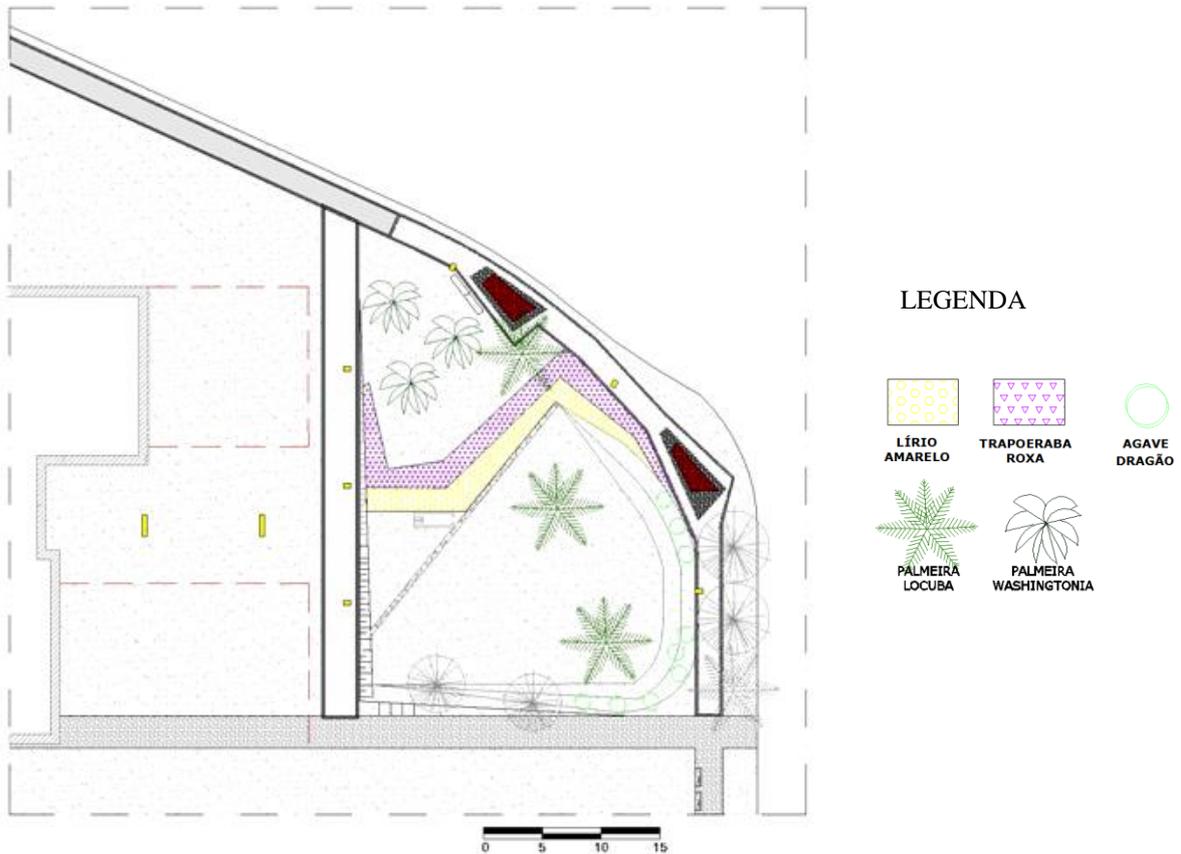


Fonte: Adaptado de EDF/UFSCar.

Com estas modificações, o resultado do projeto paisagístico para os planos foi o seguinte:

- Para o projeto paisagístico do PI-1, como a continuidade do passeio ainda não foi executada, sugeriu-se uma nova proposta, criando pequenas praças ao longo do passeio, diminuindo a área de maciços de estratos arbóreos e diminuindo a área pavimentada (para não aumentar o volume do escoamento das águas pluviais) sugerida no anteprojeto. Com isto a proposta final foi conforme a Figura 36 e Figura 37:

Figura 36: Projeto paisagístico final para o PI-1.



Fonte: a autora e Kelly C. Magalhães.

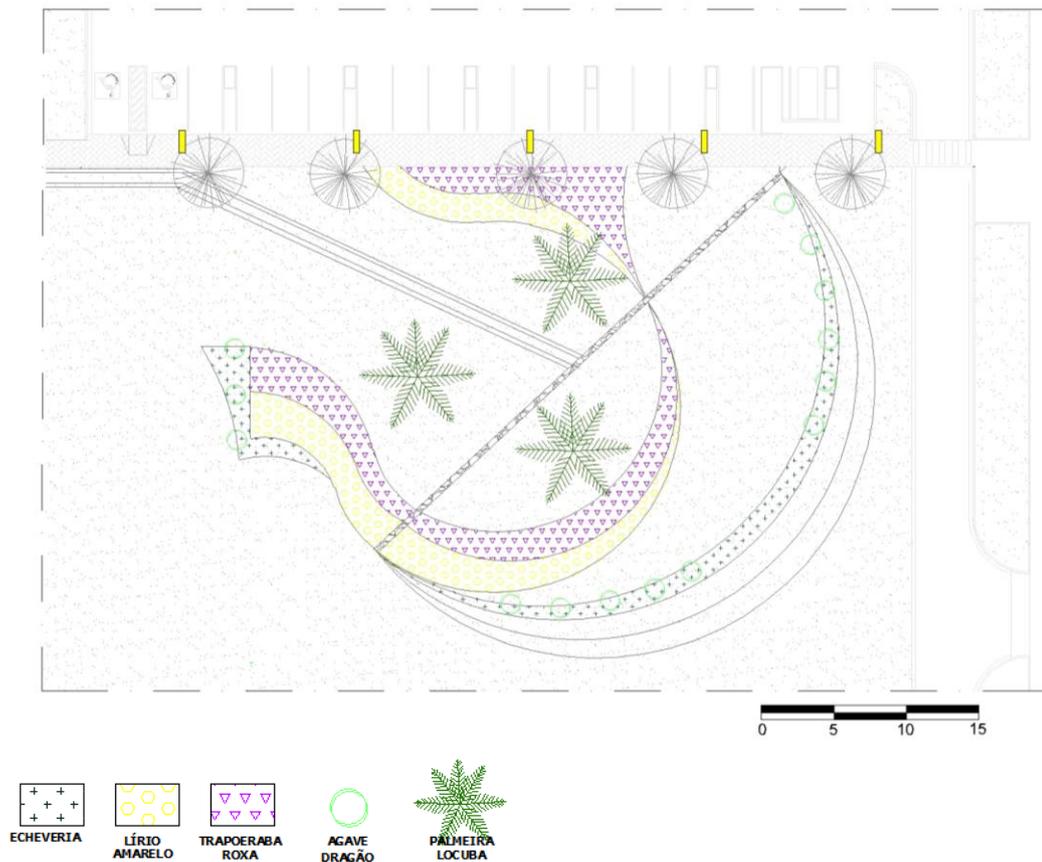
Figura 37: Visualização 3D do projeto paisagístico para o PI-1.



Fonte: a autora

- Para o projeto paisagístico do PI-2, com a ocupação de uma parte da área, sugerida no anteprojeto, pela tenda da SBPC, sugeriu-se reduzir a área da projeção do lírio e da traçoeraba-roxa. Com isto, a proposta final foi conforme Figura 38 e Figura 39:

Figura 38: Projeto paisagístico final para o PI-2.



Fonte: a autora e Kelly C. Magalhães.

Figura 39: Visualização 3D do projeto paisagístico para o PI-2.

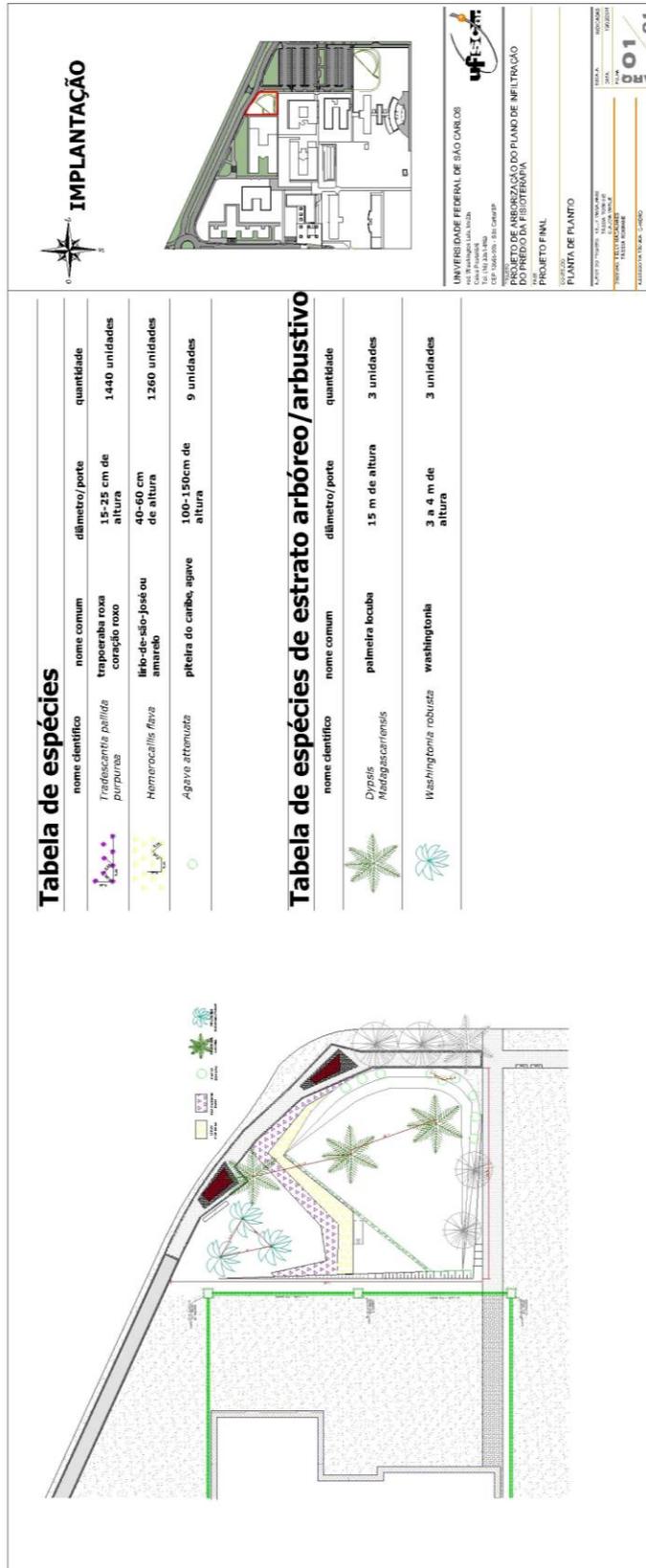


Fonte: a autora

## 5.5 PROJETO EXECUTIVO E DE PLANTIO

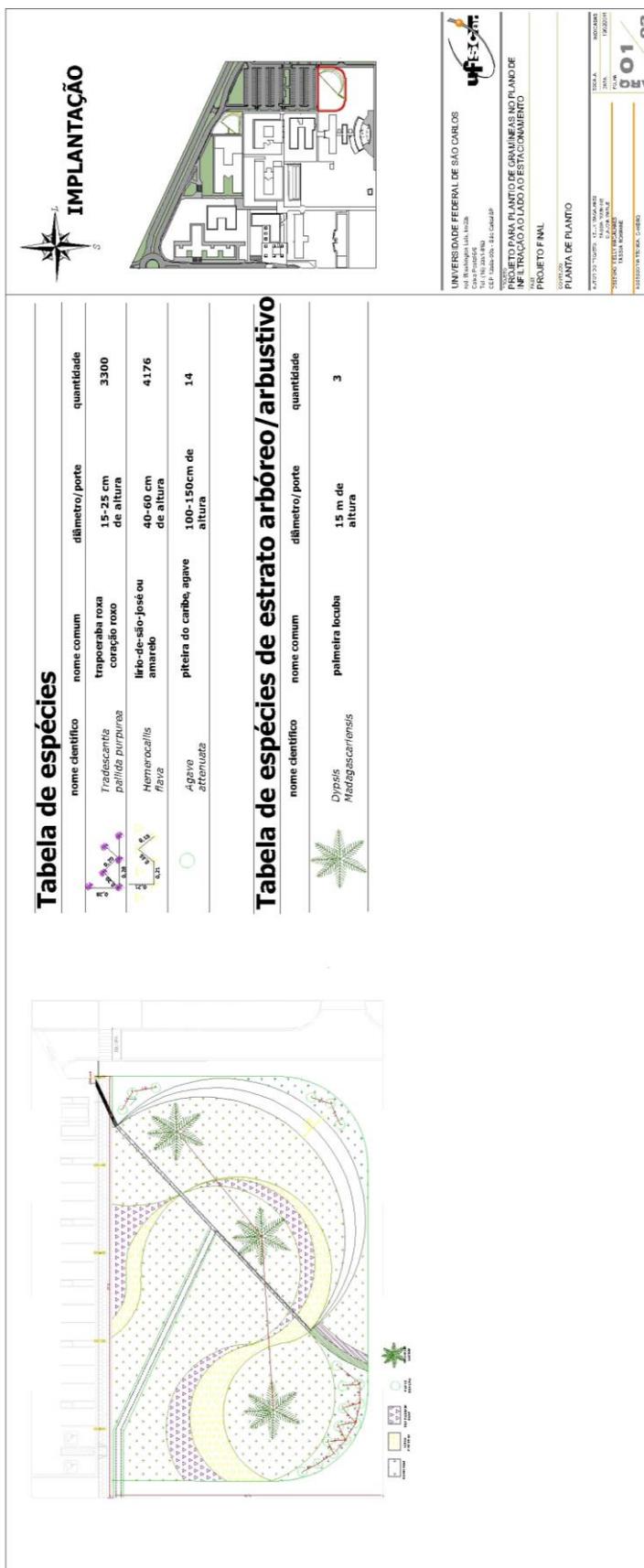
Definidos os projetos paisagísticos para cada PI, prosseguiu-se para a elaboração do projeto executivo e de plantio. Neste trabalho estas etapas foram agrupadas, porque não há a exigência de detalhes mais técnicos, como detalhes construtivos de equipamentos (como bancos, espelhos d'água, pergolados, entre outros) e instalação de pontos iluminação, que não serão trabalhados aqui além dos pontos estabelecidos pelo EDF. Desta maneira, a localização pontual das palmeiras e agaves, a inserção de cotas, a definição das áreas de ocupação de cada espécie, a quantificação e o espaçamento das espécies foram suficientes para o entendimento e implantação dos projetos (Figura 40 e Figura 41).

Figura 40: Projeto de Plantio para PI-1:



Fonte: a autora e Kelly C. Magalhães

Figura 41: Projeto de Plantio para PI -2.



## 5.6 IMPLANTAÇÃO DO PROJETOS: ETAPAS DE EXECUÇÃO

### 5.6.1 Preparo da área

Não se notou a presença de daninhas, formigas ou cupins no início da implantação do projeto. Desta forma, a única prática realizada foi a poda da grama.

### 5.6.2. Locação do projeto

A delimitação da área do projeto do PI-1 foi realizada com a colocação de piquetes demarcando os vértices do projeto e também os pontos onde as palmeiras serão inseridas. Posteriormente foi realizado um traçado com cal, ligando os vértices para formar o desenho proposto no projeto. Para reforçar o traçado feito com cal foi feito um corte aprofundado na área. Este corte também tem a finalidade de demarcar a área onde será retirada a grama para o plantio das espécies selecionadas para o projeto.

Figura 42: Delimitação da área PI-1.



Fonte: a autora.

A delimitação da área do projeto do PI-2 foi realizada com a colocação de piquetes demarcando as curvas do projeto e os pontos de inserção das palmeiras. Diferentemente do PI-1, para reforçar visualmente a curva do projeto foi passado um barbante nos piquetes.

Figura 43: Delimitação da área PI-2.



Fonte: a autora.

### 5.6.3 Preparo do solo

A remoção da grama foi realizada através de recortes para facilitar a retirada de placas de aproximadamente 10 cm de espessura. Esta técnica de remoção de grama agiliza o processo e conserva a grama retirada para que possa ser aplicada em outra área.

Figura 44: Técnica de remoção da grama



Fonte: a autora.

Figura 45: Remoção da grama



Fonte: a autora.

Para delimitar a área de projeto e separar as áreas destinadas para de cada espécie foi colocado um delimitador, que percorre todo o perímetro do projeto.

Figura 46: Delimitador



Fonte: a autora.

Após a retirada da grama foi realizado uma limpeza no terreno retirando possíveis raízes e/ou pragas que possam ter persistido na área. Após esta limpeza foi feita a correção do solo com a aplicação de calcário dolomítico.

Figura 47: Limpeza e correção do solo



Fonte: a autora.

#### 5.6.4 Plantio das espécies

Foi realizado o plantio das espécies, seguindo a diagramação/espacamento definidos em de projeto. Com isto finaliza-se a fase de implantação do projeto paisagístico

Figura 48: Plantio de espécies.



Fonte: a autora.

Figura 49: Implantação do projeto finalizada no PI-1.



Fonte: a autora.

Figura 50: Implantação do projeto finalizada no PI-2.



Fonte: a autora.

## 5.7 MANUTENÇÃO

Após a o plantio deve ser realizada uma rega diária, durante os 15 primeiros dias, após este período as regas puderam ser mais espaçadas. Foi recomendado evitar a poda da grama com roçadeiras acopladas a tratores de grande porte, pois o acesso, mesmo que periódico deste tipo de equipamento pode prejudicar a capacidade de infiltração por provocar a

compactação do solo. As espécies para forração e arbustivas devem receber manutenção manual, ou seja, a sua limpeza, poda, entre outros deve ser feita manualmente.

#### 5.7.1 Intercorrências e manutenção

Após a fase de implantação, foi realizado o acompanhamento do desenvolvimento das espécies. Notou-se nas primeiras semanas o surgimento das primeiras florações do lírio, ainda que tímidas e também o surgimento de um agravante: a presença de espécies daninhas, Figura 51.

Durante o período inicial as plantas invasoras se desenvolveram demasiadamente nos dois PIs, possivelmente devido as condições do solo adubado que favoreceram seu crescimento. Desta maneira foi solicitado a manutenção da área para o controle das plantas daninhas e o replantio de algumas mudas.

Figura 51: Desenvolvimento das espécies



Fonte: a autora.

Outro agravante percebido foi a presença de formigas cortadeiras, Figura 52. Esta espécie de formiga, apesar de comum no campus da UFSCar, não havia sido identificados focos para o seu controle anterior a implantação. Considerando que a área ao norte da microbacia trata-se de uma área de preservação de cerrado, provavelmente as formigas se originaram do próprio cerrado e entende-se que a implantação de novas espécies foi um atrativo. As formigas cortadeiras invadiram predominantemente a área onde foi inserido o lírio amarelo no PI-1. O combate às formigas foi realizado com formicida (fipronil do grupo químico fenil pirazol).

Figura 52: Danos causados por formigas cortadeiras no *hemerocalis*



Fonte: a autora.

## 5.8 LEVANTAMENTO DE CUSTOS

- Custos para a construção da TC:

A implantação da estrutura do Plano de Infiltração PI-1 foi de R\$ 8.500,29 (oito mil e quinhentos reais e vinte e nove centavos), de acordo com Tecedor (2014). A tabela orçamentária está no Anexo A.

- Custos para elaboração do projeto:

Para a elaboração do projeto paisagístico não houve custos relacionados, pois este foi realizado pela autora com o auxílio da arquiteta paisagista Ms. Kelly Cristina Magalhães (professora de Paisagismo da UNESP, doutoranda do PPGEU). Contudo para a ABPA e o CAU (Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil) a elaboração deste tipo de projeto cabe ao arquiteto, que pode conceber e executar projetos para espaços externos, livres e abertos, privados ou públicos, como parques e praças, considerados isoladamente ou em sistemas, dentro de várias escalas, inclusive a territorial (CAU); e para isto, existem duas modalidades mais comumente utilizadas pela maioria dos escritórios de Arquitetura e Urbanismo para realizar o cálculo para o valor do projeto:

- a) Percentual sobre o custo da obra, determinada pelo custo estimado de execução da obra;  
 b) Cálculo pelo custo do serviço (horas trabalhadas), em função do custo de projeto estimado.

- Custos para a realização de análises de solo:

Foi contratada uma empresa especializada para a análise do solo. Para o envio e análise das amostras o valor foi de R\$60,00.

- Custos para execução do projeto paisagístico e custos relacionados à compra das espécies:

A execução do projeto e o fornecimento das espécies foram realizados por uma única empresa, que seguiu a discriminação dos serviços que foi fornecida e os custos de serviços estão na Tabela 3:

**Tabela 3: Custos do paisagismo dos Planos de Infiltração**

TC	Área total da TC				Custo do paisagismo por m <sup>2</sup> (R\$)
	Gramada		Canteiro		
	Área (m <sup>2</sup> )	Valor (R\$)	Área (m <sup>2</sup> )	Valor (R\$)	
PI-1	1.201,6	14.419,8	117,9	7.720,00	16,77
PI-2	1.943,9	23.327,0	229,1	17.395,00	18,73

Fonte: os autores.

- Custos relacionados à manutenção:

Após o investimento inicial para a formação dos canteiros e áreas gramadas avaliou-se o custo da manutenção, que devido à necessidade de poda mensal, justificada pelos infortúnios detalhados na etapa da manutenção, foi avaliada em R\$300,00 (trezentos reais) por PI e a aplicação de formicida foi de R\$150,00 (cento e cinquenta reais) para os dois PIs cuja periodicidade de aplicação deverá ser trimestral. Não foi computado o valor da manutenção da área gramada da TC e do entorno, uma vez que estas entram nos custos de manutenção geral e periódica da Universidade. Na Tabela 4 demonstra-se que os custos mensais considerados não ultrapassam 3,88%, do investimento inicial de implantação dos PIs.

**Tabela 4: Custos de manutenção específica das áreas de canteiros**

TC	Investimento inicial dos canteiros específicos do paisagismo (R\$)	Manutenção mensal (exceto área de grama) (R\$)	Manutenção em relação ao investimento inicial
PI-1	7.720,00	300,00	3,88%
PI-2	17.395,00	300,00	1,72%

Fonte: os autores.

## 5.9 AVALIAÇÃO DAS INTERCORRENCIAS

Para que a população usuária da área da microbacia experimental pudesse estar mais informada a respeito das TCs implantadas, foram elaboradas placas informativas pelo Grupo G-Hidro e implantadas em pontos adjacentes às TCs. As placas contém informações básicas como a identificação de cada TC, o seu funcionamento, seus benefícios, data de implantação e o que é necessário para a sua manutenção, como mostra a Figura 53.

Figura 53: Placas informativas sobre os Planos de Infiltração



Fonte: a autora

Como proposta de resolução dos problemas relacionados a manutenção (formigas e espécies daninhas) indica-se utilização de manta geotêxtil no solo e a realização de um espaçamento menor que o recomendado entre as mudas para criar o fechamento do volume mais rápido nos próximos projetos, devendo ser considerado que com o aumento de quantidades de mudas por metro quadrado, conseqüentemente aumenta-se o custo com a aquisição das espécies.

Também devido ao baixo desenvolvimento da espécie trapoeraba-roxa no PI-1, verificou-se a necessidade de irrigação permanente e a substituição da espécie para os próximos projetos. Este baixo desenvolvimento pode estar relacionado ao fato de que após o período de plantio, experimentalmente, as plantas levam cerca de 30 dias para se fixar e no geral demoram cerca de 6 a 8 meses para espalhar e fechar um canteiro. Mesmo com a escolha criteriosa de espécies que necessitam de baixa manutenção (lírio e trapoeraba), é necessário ressaltar que devido as condições ambientais (e considerando a estiagem que houve na região) as plantas também entram em um período de dormência e não se desenvolvem, interrompendo o fechamento dos canteiros.

Desta forma, a execução da manutenção reforçou-se como essencial, visto que na sua baixa periodicidade e/ou ausência pode afetar negativamente o resultado estético esperado.

Foi possível compreender a recomendação dos manuais de LID de espécies mais rústicas (baixo apelo estético, chamado em alguns casos de paisagismo mais naturalista) e nativas. É possível citar como exemplo a caso a experiência da seleção de espécies para o telhado verde da Academia de Ciências da Califórnia, em que uma equipe de arquitetos paisagistas passou dois anos testando mais de 30 espécies em caixas inclinadas no telhado, onde foram deixadas em crescimento sem fertilização ou irrigação. Após este período foram selecionadas para implantação apenas as espécies sobreviventes, que foram quatro tipos de plantas perenes e cinco flores silvestres anuais para. Contudo, apesar das espécies nativas serem as mais indicadas pelo LID (BMPs, e IMPs), no nosso país algumas plantas nativas são obtidas de forma extrativista, insustentável e ilegal, e são comercializadas apesar dos riscos de autuação, e quando são legais muitas vezes são mais dispendiosas que as exóticas. Logo, intencionou-se neste trabalho apresentar também que algumas espécies, que mesmo sendo exóticas, se desenvolvem bem nas condições da nossa região e teriam uma maior diferenciação na paisagem do *campus* (até mesmo para atrair os usuários), por isto foram selecionadas espécies comuns à realidade da maior parte dos canteiros urbanos das cidades da região, conhecidas pela resistência e baixa manutenção.

Contudo, as intercorrências ocorridas estão relacionados de maneira geral à manutenção, logo a realização de um maior acompanhamento e gerenciamento pós implantação destes projetos, garantirão a sua permanência.

## CAPÍTULO

## VI

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração de técnicas compensatórias de manejo de águas pluviais à paisagem urbana por meio de projeto paisagístico, além de pouco estudada também é pouco explorada em projetos, experimentais ou não, em escala real no país, porém se mostra promissora no sentido de agregar identidade e comprometimento dos usuários além da valorização estética às TCs.

A elaboração e implantação dos projetos paisagísticos em escala real no *campus* foram realizadas a partir das diretrizes definidas no trabalho, sendo que as experimentações confirmaram a necessidade de realização das etapas definidas para a elaboração de projeto.

As diretrizes apresentadas neste trabalho foram executadas com coerência e garantia de funcionalidade das TCs, permitirão aos profissionais envolvidos com as questões de manejo sustentável de águas pluviais (arquitetos, paisagistas, hidrólogos, engenheiros agrônomos, entre outros) orientações que visam a aplicação em cada região a fim de desenvolver projetos paisagísticos que respeitem as características das TCs e de cada localidade.

Na microbacia de estudo, o uso previsto para as áreas em que os planos de infiltração foram implantados eram áreas verdes e livres, porém não qualificadas do ponto de vista estético e funcional. Eram simples áreas gramadas, *non aedificandi*, garantidoras de insolação e ventilação aos edifícios.

A integração paisagística permitiu um desenho mais livre para as técnicas compensatórias, indo além do traçado ortogonal e clássico predominante nos projetos hidrológicos e trouxe organicidade às formas. O espaço do dispositivo de drenagem e a área verde não se restringem à funcionalidade hidrológica de armazenamento e infiltração do ESD, mas também à valorização estética da TC (com a composição de formas e cores), além de permanecer como uma área verde e livre. Desta forma, as TCs tornaram-se áreas multifuncionais, atendendo ao controle hidrológico, ao paisagismo e ao acesso e interação dos usuários.

Promoveu-se a identidade das TCs integradas à paisagem para reconhecimento por parte da comunidade. Esse sentido de pertencimento que se espera despertar nos usuários corrobora com o compromisso de manutenção e preservação do espaço qualificado.

A manutenção posterior à execução do paisagístico nos planos de infiltração apresentou a necessidade de periodicidade mensal para acompanhamento, como irrigação frequente, controle de formigas e remoção de plantas daninhas. Contudo estas ações correspondem a

técnicas comuns de jardinagem, sem grandes investimento seja em recursos humanos ou financeiros, atestando a viabilidade da manutenção.

Decorrente da escassa literatura nacional que envolve a elaboração de projeto paisagístico para aplicação específica em técnicas compensatórias muitas dúvidas parecem frear a disseminação dessas práticas, principalmente dos PIs. A partir das diretrizes desenvolvidas e relatos desta experimentação acredita-se que o paisagismo integrado além de eficiente é viável financeira e ambientalmente é facilmente adaptado para outras regiões.

Por fim, acredita-se que a partir da pesquisa experimental, este trabalho se constitui em uma contribuição para consolidar o uso de tecnologias alternativas em substituição do sistema clássico de drenagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBUD, B. *Criando paisagens: guia de trabalho em arquitetura paisagística*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 4ª edição. 2010.

ALMEIDA, M.F. *Aplicação de técnicas compensatórias na drenagem urbana, sob a ótica dos usuários do espaço: estudo de caso em São Carlos – SP*. 2014. 132p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 2014.

ALMEIDA, R. A.; PITALUGA, D. P. S.; REIS, R. P. A. *Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico*. Revista Biociências, Unitau. Volume 16, número 1, 2010. Disponível em [periodicos.unitau.br](http://periodicos.unitau.br)

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. *Avaliação da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na redução do escoamento superficial*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 21-29, jul.-set., 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ARQUITETOS PAISAGISTAS. *A carta Brasileira da Paisagem*. <http://www.abap.org.br/pdfs/CARTA%20BRASILEIRA%20DA%20PAISAGEM%202012.pdf>

BALDESSAR, S. M. N. *Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil. Curitiba, 2012. 124 f.

BAPTISTA, L. F. S.; *et al.* *Parâmetros urbanísticos contemporâneos na aplicação e concepção do LID (LowImpactDevelopment)*. (2013). Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves – RS. 8p.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N; BARRAUD, S. *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. Porto Alegre-RS: ABRH, 2005, 318 p.

BERNALDEZ, F. G. *Water and landscape in madrid : possibilities and limitations*. Landscape and Urban Planning, 16 (1988) 69-79

BOHEMEN, H.V. *Infrastructure, ecology and art*. Landscape and Urban Planning 59 (2002) 187-201

BRASIL. Presidência da República. Lei federal nº10.257, de 10 de julho de 2001. *Estatuto da Cidade – Política Urbana*. Brasília, 2001.

\_\_\_\_\_. Presidência da República .Lei no 9.433, de 08 de janeiro de 1997. *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos*

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. *Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA*

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Lei federal nº 6.766 de 19 de Dezembro de 79. *Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano*. Brasília, 1979.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 303 de 20 de Março de 2002. *Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente*. Publicada no Diário Oficial da União nº 90, de 13 de maio de 2002, Seção 1, página 68. Brasília, DF, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de Saneamento*. 3.ed.rev.- Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2007. 408p.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. *Programa de Drenagem Sustentável: Apoio ao desenvolvimento do manejo das águas pluviais urbanas*. Brasília, DF, 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão . Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Tendências demográficas: uma análise dos resultados da sinopse preliminar do censo demográfico 2000 / IBGE, Departamento de População e Indicadores Sociais. – Rio de Janeiro: IBGE, 2001. 63 p.*

BONTEMPO, V. L.; OLIVIER, C.; MOREIRA, C. W. S.; OLIVEIRA G. *Gestão de águas urbanas em Belo Horizonte: avanços e retrocessos*. REGA – Vol. 9, no. 1, p. 5-16, jan./jun. 2012

CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. (org) *O Estatuto da Cidade : comentado / organizadores Celso Santos Carvalho, Anaclaudia Rossbach. – São Paulo : Ministério das Cidades : Aliança das Cidades, 2010. 120 p. : il.*

CASTRO, L. M. A.; BAPTISTA, M. B. *Análise Multicritério para a Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana Proposição de Indicadores e de Sistemática de Estudo*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 9 n.4 Out/Dez 2004, 05-19

CATALUÑA. *Lei de protecció, gestió i ordenació del paisatge*. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya. Núm. 4407 – 16.6.2005 8/2005.

CERQUEIRA, E. C.; MORAES, L.R.S. *A legislação ambiental e a sua relação com os rios urbanos: uma análise crítica no Estado da Bahia, Brasil*.

CHACEL, F.M.; *Paisagismo e Ecogênese*. Rio de Janeiro: Fraiha, 2001.

CORMIER, N.S.; PELLEGRINO, P.R.M. *Infra-Estrutura Verde: uma estratégia paisagística para água urbana*. Paisagem Ambiente: ensaios – n. 25, São Paulo. 2008. p.125-142.

COSTA, C. S. *Áreas Verdes: um elemento chave para a sustentabilidade urbana: A abordagem do Projeto GreenKeys*. Vitruvius 126.08ano 11, nov. 2010.

CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. *Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade*. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

CULLEN, G. *Paisagem Urbana*. Edições 70 LDA. Arquitetura & Urbanismo. Lisboa.1983.

DODS, D.A.; SCHMIDT, R. *Rain gardens:integrating stormwater management into attractive landscaping*. World Environmental and Water Resources Congress 2007: Restoring Our Natural Habitat.

FERREIRA, A.A. *Formação e prática em arquitetura paisagística no Brasil: Desafios de uma profissão através do aporte de Haruyoshi Ono*. Architecton - Revista de Arquitetura e Urbanismo – Vol. 02, Nº 02, 2012.

FERREIRA, T. S.; *et al*. *Escolha, projeto e integração urbanística de técnica compensatória em drenagem urbana*.(2013)Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves – RS. 8p.

FERREIRA, T. S. ; BARBASSA, A.P. *Controle de enchentes na fonte por poços de infiltração de diferentes concepções: projeto e construção das estruturas*. 6º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS.2014

GONÇALVES, L.; ALMEIDA, M. F.; BARBASSA, A. P. *Responsabilidades técnicas e sensibilização dos usuários em soluções sustentáveis de drenagem urbana*. X Encontro Nacional de Águas Urbanas. Setembro 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brasil

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

HAYDENA, L.; CADENASSOA, M. L.; HAVERB, D.; OKI, L. R. *Residential landscape aesthetics and water conservation best management practices: Homeowner perceptions and preferences*. Landscape and Urban Planning 144 (2015) 1–9.

HARDT, L.P.A. *Elaboração de projetos paisagísticos*. Anais do II Seminário de Atualização Florestal e XI Semana de Estudos Florestais.

HERZOG, C. P.; ROSA, L.Z. *Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana*.

HERZOG, C. P. *Infraestrutura verde: chegou a hora de priorizar*.

HERZOG, C. *Infra-estrutura verde para cidades mais sustentáveis: Produtos e sistemas relativos a infra-estrutura*. Secretaria do Meio Ambiente. Novembro 2010.

HUANG, X.; WAN, M. *Research on Landscape Architecture in Hydraulic Engineering*. Civil Engineering and Urban Planning 2012.

IWASA, T. A.; SANTOS, D.C.; BENETTI, A. B. *Elaboração de ferramenta de apoio à decisão para proposição de medidas sustentáveis de drenagem urbana*. X Encontro Nacional de Águas Urbanas. Setembro 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brasil

JOBIM, A.L. *Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial*. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2013.

KAHTOUNI, S. *Muito além do Jardim, a paisagem desconstruída*. Integração Abr./Mai./Jun. 2007. Ano XIII, n 49. 127-134

KAZEMI, F.; BEECHAM, S.; GIBBS, J. *Streetscape biodiversity and the role of bioretention swales in an Australian urban environment*. Landscape and Urban Planning 101 (2011) 139–148

LENZHOLZER, S.; DUCHHART, I; KOH, J. *Research through designing in landscape architecture*. Landscape and Urban Planning 113 (2013) 120-127.

LITMAN, T. *Evaluating Complete Streets: The Value of Designing Roads For Diverse Modes, Users and Activities*. Victoria Transport Policy Institute.

LORENZI, H. *Planta para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2013.

MACEDO, S.S. *Quadro do paisagismo no Brasil*. Coleção Quapá (1999)

MACEDO, S. S. *Paisagismo e Paisagem Introduzindo questões*. Paisagem e Ambiente, FAUUSP, São Paulo, v. V, 1994.

MACEDO, S. S. *História do Paisagismo*. Revista Plantas Flores e Jardins, São Paulo: Editora Escala, v. 43, p. 44-51, 2005.

MARTINS, E.S; et al.. *Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 35p.

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

MASCARÓ, J.L. (org). *Infra-estrutura da Paisagem*. Porto Alegre, RS: Masquatro Editora, 2008, 194p.

MEDEIROS, J.M.M. *Visões de um paisagismo ecológico na orla do lago Paranoá*. 200p (UnB –FAU, Mestre Arquitetura e Urbanismo, 2008). Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de Brasília, Brasília.

MOTA, E.(COORDENAÇÃO). *Projeto técnico: parques lineares como medidas de manejo de águas pluviais* ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa - Soluções para Cidades.

\_\_\_\_\_. *Projeto técnico: jardins de chuva*. ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa - Soluções para Cidades.

MOURA, N. C. B.; PELLEGRINO, P. R. M.; MARTINS, J. R.S. *Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para uma drenagem sustentável*. X Encontro Nacional de Águas Urbanas. Setembro 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brasil

MOURA P. M.; BAPTISTA M. B.; BARRAUD S. *Avaliação multicritério de sistemas de drenagem urbana*. REGA – Vol. 6, no. 1, p. 31-42, jan./jun. 2009

NEW JERSEY. *New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual* • Chapter 7: Landscaping. February. 2004. Page 7-48. Disponível em <[http://www.njstormwater.org/bmp\\_manual2.htm](http://www.njstormwater.org/bmp_manual2.htm)>, acesso em: 13 de Agosto de 2015.

OGRIN, D. *Landscape architecture and its articulation into landscape planning and landscape design*. Landscape and Urban Planning 30 (1994)131-37.

OLIVEIRA, S. M. *Paisagismo e as centralidades urbanas*. Paisagem Ambiente: ensaios - n. 20 - São Paulo - p. 61 - 83 – 2005

PEDRAS, L. R. V. *A paisagem em Alexander von Humboldt: o modo descritivo dos quadros da natureza*. REVISTA USP, São Paulo, n.46, p. 97-114, junho/agosto 2000. Disponível em <http://www.usp.br/revistausp/46/08-luciaricotta.pdf>

POMPÊO, C.A. *Drenagem Urbana Sustentável*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 5 n.1 Jan/Mar 2000, 15-23

PRINCE GEORGE’S COUNTY – MARYLAND. Department of Environmental Resources. *Low-Impact Development Design Strategies: An integrated Design Approach*. Maryland. 1999. Disponível em <[www.lowimpactdevelopment.org/pubs/LID\\_National\\_Manual.pdf](http://www.lowimpactdevelopment.org/pubs/LID_National_Manual.pdf)> , acesso em: 13 de Agosto de 2015.

REZENDE, O. M. *Manejo sustentável de águas pluviais: uso de paisagens multifuncionais em drenagem urbana para controle das inundações*. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2010. V, 99 p.: il.; 29,7 cm.

RIGHETTO A. M. (coordenador). *Manejo de Águas Pluviais Urbanas*. Projeto PROSAB 5 - Programa de pesquisa em saneamento básico. Rio de Janeiro: ABES, 2009 396p.: il

RODRIGUES, E. H. *Infraestrutura verde e paisagem urbana: projeto paisagístico Parque Nações Norte*. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 01, n. 04, 2013, pp. 01-07

ROLNIK, R. *A cidade e a lei: legislação, política urbana e território na cidade de São Paulo*. São Paulo: Studio Nobel, 1997.

ROMÁN, B. M. L.; Donato, A. *Modificação das áreas verdes das cidades nos intuitos de incrementar a capacidade de infiltração das mesmas*. X Encontro Nacional de Águas Urbanas. Setembro 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brasil

SANTOS, Milton. *A natureza do espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção*. - 4. ed. 2. Reimpr. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo- Edusp, 2006. - (Coleção Milton Santos; 1).

SCHENK, L. B. M. *Arquitetura da paisagem: entre o Pictórico, Olmsted e o Moderno* / Luciana Bongiovanni Martins Schenk ; orientador Carlos Roberto Monteiro de Andrade. -São Carlos, 2008

SILVA, G. J. A; ROMERO; M. A. B. *O urbanismo sustentável no Brasil: parte*. Vitruvius129.08ano 11, fev. 2011

SILVA, G. J. A; ROMERO; M. A. B. *O urbanismo sustentável no Brasil: a revisão de conceitos urbanos para o século XXI (Parte 02)*. Vitruvius129.08ano 11, fev. 2011

SILVA, T. R. D.; BARBASSA, A. P.; SHINZATO, A. H.; VICENTE, T. Z. *Princípios para concepção de um projeto através do paradigma do desenvolvimento urbano de baixo impacto (LID) - estudo de caso na microbacia da UFSCar*. X Encontro Nacional de Águas Urbanas. Setembro 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brasil

SILVA, T. R. D.; et al. *A importância da paisagem urbana na construção de espaços sustentáveis: estudo de caso aplicado a microbacia experimental no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar/SP)*. 6º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS.2014.

SILVA, T. R. D; BARBASSA, A. D.; Gonçalves, L. M; Magalhães, K. C. *Desenho da paisagem: o projeto de paisagismo como instrumento de qualificação de técnicas*

*compensatórias de drenagem urbana*. X Encontro Nacional de Águas Urbanas. Setembro 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brasil

SHINZATO, A. H.; et al. *Diretrizes para seleção de técnicas compensatórias - estudo de caso na microbacia da UFSCar*. X Encontro Nacional de Águas Urbanas. Setembro 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brasil

SHUTZER, J. G. *Os arquétipos naturais e a intervenção paisagística*. In Coleção Paisagens Culturais. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Belas Artes, 2008. p. 314-323

SILVEIRA, R. W. D. *Filosofia, arte e ciência: a paisagem na geografia de Alexander Von Humboldt / Roberison Wittgenstein Dias da Silveira -- Campinas,SP.: [s.n.], 2012* <http://pct.capes.gov.br/teses/2012/33003017080P0/TES.PDF> 1/03/2015

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 Volume 17n.2-Abr/Jun 2012, 09-18

TAVANTI, D.R.; *Desenvolvimento de baixo impacto aplicado ao processo de planejamento urbano*. 2009. Dissertação de Mestrado. São Carlos: UFSCar. 151 f.

TAVANTI, D.R.; BARBASSA, A. P. *Análise dos Desenvolvimentos Urbanos de Baixo Impacto e Convencional*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 17 n.4 - Out/Dez 2012, 17-28

TECEDOR, N. *Monitoramento e modelagem hidrológica de plano de infiltração construído em escala real / Natália Tecedor*. -- São Carlos : UFSCar, 2014. 92 f.

TECEDOR, N. et al. *Projeto e construção de um plano de infiltração em escala real*. (2013). Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves – RS. 8p.

TUCCI, C. E. M. *Água no meio urbano*. In: *Água Doce*. 1997. Cap. 14.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS(UNICAMP). *Clima dos Municípios Paulistas: A classificação climática de Koeppen para o estado de São Paulo*. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura-CEPAGRI. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>, acesso em: 10 de abril de 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCAR). *Zoneamento Ambiental Urbano - ZAU, campus São Carlos, Sorocaba e Araras*. São Carlos, 2013. Disponível em: <<http://www.soc.ufscar.br/documentos/pdi/memorial-zau>>, acesso em: 10 de abril de 2015.

URBONAS, B.; STAHR, P. *Stormwater Best Management Practices and Detention*. Prentice Hall, (1990) Englewood Cliffs, New Jersey. 450 p

VICENTE, T.Z.; *et al*; *Exigências legais e parâmetros urbanísticos na drenagem sustentável de Ribeirão Preto*. (2013). Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves – RS. 8p.

ZHAO, J.; WANG, R.; CAI, Y; LUO, P. *Effects of Visual Indicators on Landscape Preferences*. Journal of Urban Planning and Development. 2013.139:70-78.

#### **SITES VISITADOS**

<http://www.abas.org/legislacao.php>

<http://www.aquafluxos.com.br>

<http://www.cetesb.sp.gov.br>

## **ANEXO A –DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS**

## 1. Planilha de custos da construção do PI-1:

Item	DESCRIÇÃO	Qte	UN	UNITÁRIO	TOTAL	TOTAL-ITEM
<b>1</b>	<b>SERVIÇOS PRELIMINARES / TÉCNICOS</b>					<b>2.818,71</b>
1.1	<b>Limpeza do terreno</b>					
1.1.2	Limpeza de terreno com raspagem mecanizada com raspagem de camada vegetal (Bacia de Drenagem)	384,69	m²	0,47	180,80	
1.1.3	Carga e descarga mecanizada de entulho em caminhão de 6m³	90,88	m³	0,69	62,71	
1.1.4	Remoção de entulho transporte em caminhão basculante de 6m³, para distâncias superiores a 4 Km (8 km) - m3Xkm	2960,00	m³xkm	0,87	2.575,20	
<b>2.</b>	<b>SERVIÇOS COMPLEMENTARES</b>					<b>2.084,73</b>
<b>2.1</b>	<b>Canal de escoamento de águas pluviais</b>					
2.1.1	<b>Escavação e reaterro de valas</b>					
2.1.1.1	Escavação manual de valas rasas canaletas, até 1,50m sem escoramento, conformação das canaletas de águas pluviais/ passagens sob calçadas	0,58	m³	35,02	20,31	
2.1.2	<b>Escavação mecanizada</b>					
2.1.2.1	Escavação mecânica em solo exeto rocha até 2,00m de profundidade	303,95	m³	1,58	480,24	
2.1.3	<b>Aterro</b>					
2.1.3.1	Aterro manual do talude com compactação mecânica com reutilização de solo	70,03	m³	5,08	355,75	
2.1.4	<b>Regularização</b>					
2.1.4.1	Regularização e conformação da valeta	3,92	m²	3,14	12,31	
2.1.5	<b>Caixas de drenagem</b>					
2.1.5.1	Brita 02 caixa de drenagem, material e espalhamento.	3,10	m³	76,94	238,51	
2.1.5.2	Execução de manta geotextil para caixa de brita 300g/m²	25,83	m²	9,16	236,60	
	Vertedor				566,00	
	Materail de construção para parede de alvenaria				175,00	
<b>3</b>	<b>PAISAGISMO /URBANIZAÇÃO</b>					<b>3.596,85</b>
3.1	<b>Plantio de grama</b>					
3.2.1	Fornecimento e plantio de grama esmeralda em rolos, inclusive terra vegetal	384,69	m²	9,35	3.596,85	
				<b>Total (R\$)</b>	<b>8.500,29</b>	

Fonte: TECEDOR, 2014.

## 2. Discriminação para serviço de escarificação:

O SERVIÇO DE ESCARIFICAÇÃO deverá atender os seguintes requisitos:

- preparo do solo: escarificação, adubação e calagem, conforme análise fornecida; obedecendo local de implantação conforme projeto fornecido em anexo.
- fornecimento de materiais para preparo do solo: 120kg de calcário dolomítico, 480kg adubação 20-00-10 e 60 sacos de 45l de casca de pinus triturada.

## 3. Discriminação para serviço de manutenção e irrigação

O SERVIÇO DE MANUTENÇÃO E IRRIGAÇÃO deverá atender os seguintes requisitos:

- irrigar área indicada em projeto fornecido em anexo para garantir sobrevivência das espécies pelo período de 1 mês. Substituir qualquer espécie vegetal da área irrigada que não resistiram ao período indicado acima.

## 4. Discriminação para serviço de plantio de gramas

O SERVIÇO DE PLANTIO DE GRAMAS deverá atender os seguintes requisitos:

- preparo do solo: abertura de covas e/ou valas necessárias para recebimento das espécies vegetais; obedecendo local de implantação e planta de plantio conforme projeto fornecido em anexo;
- fornecimento espécies para plantio de grama: 3 palmeira *locuba* com 2m, 4.176 *hemerocalis flava*, 3300 *trapoeraba* roxa, 14 agave dragão com porte de aproximadamente 40cm, 1377 *echeveria/kalanchoe tirsifolia*, 284m de limitador;
- plantio das espécies seguindo projeto paisagístico fornecido pelo interessado.

## **ANEXO B –ANÁLISE DO SOLO**



**RESULTADO DE ANÁLISE DE SOLO - FR.510 - REV.01  
EXPRESSOS POR VOLUME DE TERRA FINA SECA AO AR**

N° RELATÓRIO DE ENSAIO (PEDIDO): 62021

AMOSTRAS DE : 49420 ATE 49420

PROPRIETÁRIO: ADEMIR PACELI BARBASSA

CONVÊNIO: RBS

PROPRIEDADE :

MUNICÍPIO : /

ENTRADA : 09/12/2013

SAÍDA: 17/12/2013



AMOSTRA	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S	Na	SB	CTC	V%	m%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
49420	4.6	18	4	0.7	8	2	35	1	7		10	45	22.4	9	0.17	0.9	36	1.2	2.1

Cu, Fe, Mn, Zn em DTPA; pH em CaCl<sub>2</sub>; MO; P em resina; K; Ca; Mg; H+Al; Al; S; e B metodologias segundo "Análise química para avaliação de Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas. Instituto Agronômico de Campinas.2001." Sódio(Na) pela metodologia segundo "Manual de Análises Químicas de Solo, Plantas e Fertilizantes.Brasília.EMBRAPA.1999." Este relatório de ensaio somente pode ser reproduzido na sua totalidade, a reprodução parcial requer aprovação escrita do Laboratório.

O resultado representa a amostra entregue pelo interessado ao laboratório.

pH em CaCl<sub>2</sub>. MO em g/dm<sup>3</sup>. P RESINA, S-SO<sub>4</sub>, B, Cu, Fe, Mn e Zn expressos em mg/dm<sup>3</sup>.

K, Ca, Mg, H+Al, Al, Na, SB e CTC em mmolc/dm<sup>3</sup>.

Cu, Fe, Mn, Zn, extração em DTPA.

**LUÍZ AUGUSTO DE ALMEIDA CAMPOS**  
Eng. Agrônomo - CREA: 78.723/D

**RIBERSOLO: TRADIÇÃO E SEGURANÇA EM ANÁLISES P/ A AGRICULTURA**

Rua C, (Marcos Markarian) N° 395 - Jardim Nova Aliança - Fone/Fax: (16) 3911-1550 / 3911-2788 / 3911-7060

CEP 14026-583 - Ribeirão Preto - SP - SITE: www.ribersolo.com.br - E-MAIL: ribersolo@ribersolo.com.br

DESDE 1979  
em análises agrícolas

PEDIDO : 62021  
 AMOSTRAS DE : 49420 ATE 49420  
 PROPRIETARIO: ADEMIR PACELI BARBASSA  
 PROPRIEDADE :  
 MUNICIPIO : /  
 ENTRADA : 09/12/2013  
 AMOSTRA : 49420 / ENS. PERT. \PL. INF. PAISAG. \G-HIDRO-DECTIV



### RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO

CULTURA: ORNAMENTAIS - PLANTIO

A) CALAGEM: 2,5 t/ha de calcário dolomítico. (250 g/m<sup>2</sup>)

B) ADUBAÇÃO DE PLANTIO

N - 30 Kg/ha	ex 150 Kg/ha de sulfato de amônio.
P2O5- 180 Kg/ha	ex 900 Kg/ha de superfosfato simples.
K2O - 60 Kg/ha	ex 99 Kg/ha de cloreto de potássio.

ou

FÓRMULA: 04.25.10 ==> 700 Kg/ha (70 g/m<sup>2</sup>)

C) ADUBAÇÃO DE COBERTURA

N: 120 Kg/ha, ex: 600 Kg/ha de sulfato de amônio.  
 K2O : 60 Kg/ha, ex: 100 Kg/ha de cloreto de potássio.  
 ou

FÓRMULA: 20.00.10 ==> 600 Kg/ha (60 g/m<sup>2</sup>)  
 Parcelado em três vezes aos 30,60 e 90 dias após o plantio.

D) Adubação Orgânica : Aplicar 10,0 t/ha (1,0 Kg/m<sup>2</sup>) esterco de curral bem curtido antes da adubação de plantio .

#### OBSERVAÇÕES GERAIS:

- \* Cálculo de calagem válido para calcário com PRNT em torno de 70%.
- \* Foram dados como exemplo de adubos simples o SULFATO DE AMÔNIO, SUPERFOSFATO SIMPLES e o CLORETO DE POTÁSSIO, mas, poderão ser utilizados quaisquer outros adubos simples, desde que obedecidas suas características.

As opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de Acreditação deste Laboratório. Para maiores esclarecimentos, entrar em contato com o departamento técnico da RIBERSOLO.

#### RIBERSOLO: TRADIÇÃO E SEGURANÇA EM ANÁLISES P/ A AGRICULTURA

Rua C, (Marcos Markarian) Nº 395 - Jardim Nova Aliança - Fone/Fax: (16) 3911-1550 / 3911-2788 / 3911-7060  
 CEP 14026-583 - Ribeirão Preto - SP - SITE: www.ribersolo.com.br - E-MAIL: ribersolo@ribersolo.com.br





#### ORIENTACOES PARA CALAGEM (Plantio)

- 1) Aplicar metade da dosagem indicada antes da aração, e a outra metade após a aração, mas, antes da gradeação. Desta forma, o calcário ficará melhor distribuído no perfil do solo, dando melhores condições ao bom desenvolvimento radicular da cultura.
- 2) Aplicar com antecedência de pelo menos 60 dias em relação ao plantio, para que dê tempo de reagir e fazer bom efeito.
- 3) A opção pelo calcário dolomítico, calcítico ou magnesiano, é em função das características do solo.
- 4) Para melhor precisão do cálculo de calagem, deve-se analisar o calcário para determinar suas características químicas e granulométricas.

**RIBERSOLO: TRADIÇÃO E SEGURANÇA EM ANÁLISES P/ A AGRICULTURA**  
Rua C, (Marcos Markarian) Nº 395 - Jardim Nova Aliança - Fone/Fax: (16) 3911-1550 / 3911-2788 / 3911-7060  
CEP 14026-583 - Ribeirão Preto - SP - SITE: [www.ribersolo.com.br](http://www.ribersolo.com.br) - E-MAIL: [ribersolo@ribersolo.com.br](mailto:ribersolo@ribersolo.com.br)

DESDE 1979  
em análises agrícolas