Análise e planejamento da Floresta Urbana enquanto elemento da Infraestrutura Verde:

Estudo aplicado à bacia do córrego Judas / Maria Joaquina, São Paulo, SP.

FAU USP
2012

Renier Marcos Rotermond

**Análise e planejamento da Floresta Urbana enquanto elemento
da Infraestrutura Verde: Estudo aplicado à bacia do córrego
Judas / Maria Joaquina, São Paulo, SP.**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade de
São Paulo, para a obtenção do título de mestre
em Arquitetura e Urbanismo

Área de Concentração: Paisagem e Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato Mesquita
Pellegrino

**São Paulo
2012**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL AUTOR: reniermarcos@yahoo.com.br

E-MAIL ORIENTADOR: prmpelle@gmail.com

Rotermund, Renier Marcos
R843a Análise e planejamento da floresta urbana enquanto elemento da infraestrutura verde: estudo aplicado à bacia do córrego Judas / Maria Joaquina, São Paulo, SP / Renier Marcos Rotermund. –São Paulo, 2012.
158 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Paisagem e Ambiente) – FAUUSP.

Orientador: Paulo Renato Mesquita Pellegrino

1.Planejamento ambiental – São Paulo (SP) 2.Arborização
3.Floresta urbana 4.Infraestrutura verde I.Título

CDU 504.001.1(816.11)

Agradecimentos

A minha esposa, Susanne, pelo apoio, carinho e paciência que, especialmente nos momentos de maior trabalho me trouxe a força e calma necessária para superar cada etapa. A minhas filhas Luana e Natalie pela paciência com o pai em seus momentos de ausência. A minha mãe, Paula, pelo apoio, correções e sugestões..

Ao Professor Paulo Pellegrino, por me sugerir estudar o “caso” Judas / Maria Joaquina e posteriormente me acolher como orientado para trilhar os espaços da Infraestrutura Verde.

Ao Professor Demóstenes, pela nossa amizade, por tantas conversas, leituras e debates em torno das Florestas Urbanas, e pelo auxílio e orientação no trabalho com as imagens de satélite.

Ao Jefferson, que me socorreu em vários momentos do tratamento e classificação das imagens, sempre disposto e bem humorado.

Ao colega Carlos Alberto em parte responsável pelo meu retorno à universidade e por sua ajuda com opiniões, sugestões e literaturas.

Ao Professor Luiz Fernando Orsini Yazaki pelas conversas e orientações neste fluido mundo da drenagem.

A Sabrina, Paulo Giovani, Larissa, Luciana, Sophia, Odete, pessoas que durante estes três anos contribuíram para a finalização dessa dissertação, lendo, opinando, corrigindo e contribuindo com leituras, conversas e risadas fundamentais para o bom andamento da vida.

A todos aqueles, que mesmo não nominalmente citados, contribuíram para este caminho.

Rotermund, Renier Marcos. **Análise e planejamento da Floresta Urbana enquanto elemento da Infraestrutura Verde: estudo aplicado à bacia do córrego Judas / Maria Joaquina, São Paulo, SP.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 2012

Resumo

Este trabalho desenvolve uma proposta de desenho da Infraestrutura Verde da bacia do córrego Judas / Maria Joaquina – São Paulo, SP - como forma de promover aumento da cobertura arbórea, das áreas verdes públicas e a conexão entre as áreas que prestam serviços ecossistêmicos. Para alcançar este objetivo, foi realizado um estudo da Floresta Urbana da bacia, o principal componente da Infraestrutura Verde. Este procurou analisar dois aspectos da floresta: a sua cobertura, distribuição e relação com o entorno nos diferentes setores da bacia; a arborização em vias públicas e sua relação com o espaço e funções do sistema viário. A análise da cobertura arbórea da bacia com o uso de imagem de satélite mostrou que esta é hoje de 28,6 %, um valor alto se comparado a outras áreas estudadas. Entretanto, esta cobertura é desigual em relação aos seis setores amostrados. O mesmo ocorre com os elementos construídos e espaços livres de construção. Este fato aponta para a necessidade de políticas diferenciadas de gestão da Floresta Urbana em cada setor. As vias públicas são elementos chaves para o desenvolvimento da cobertura arbórea. A análise da espacialização desta cobertura em vias públicas mostrou que ela se encontra aquém do possível e do desejável em termos de quantidade e qualidade. A largura insuficiente de calçada, o planejamento inadequado em relação a posição dos equipamentos e outras interferências físicas não só restringem o acesso de pedestres, como impedem o plantio de árvores em muitos locais. Um novo desenho da via, com uso da pista de rolamento compartilhada para o plantio de árvores e trânsito de pedestres, a realocação de equipamentos e outras interferências, pode resultar em ganho da cobertura arbórea com melhoria da acessibilidade. O trabalho desenvolve e propõe um plano de Infraestrutura Verde que absorve as diretrizes e propostas de manejo apresentadas nos estudos da floresta urbana e do sistema viário e desenvolve uma rede de espaços multifuncionais composta por áreas verdes, corredores e estruturas destinadas à drenagem sustentável. Ele organiza as várias escalas de análise e intervenção na paisagem em torno de um desenho geral, que por sua vez se relaciona com o restante da matriz urbana.

Palavras Chave: Planejamento ambiental – São Paulo (SP), Arborização, Floresta Urbana, Infraestrutura Verde

Rotermund, Renier Marcos. Analysis and planning of the Urban Forest as part of the Green Infrastructure: study applied to the watershed of the stream Judas / Maria Joaquina at São Paulo City, Brazil. Master's degree dissertation. University of São Paulo, School of Architecture and Urbanism. 2012

Abstract

This dissertation develops a design proposal of the Green Infrastructure of the São Judas / Maria Joaquina's stream watershed, as a way to promote the increase of the tree cover, and of the public green spaces as well as the connectivity between areas that provide ecosystem services. A study of the Urban Forest – the main component of the Green Infrastructure at the watershed - has been conducted to achieve this goal. Two aspects of the forest have been analyzed: 1) the coverage, distribution and relation with its surroundings in the different sectors of the watershed; 2) street trees and their relation with space and functions of the road system. The analysis that has been made of the watersheds' tree coverage, using a satellite image, shows that it attained 28,6%, which is a high value compared to the analysis of other areas. However, this coverage is different to the six sampled areas. The same happens to the built elements and open space construction, which points out the need for differentiated policies of the Urban Forest management in each sector. Public roads are critical elements to the development of the tree cover. In terms of quantity and quality the tree cover on public roads falls far short. Many places have narrow sidewalks, inadequate planning of equipment, that do not only restrict the pedestrians' accessibility but also prevents the planting of trees. A new design of the right-of-way that includes shared roadways for planting and pedestrian traffic, as well as the relocation of elements and interferences, could improve accessibility and tree cover. In this dissertation we propose and put forth a Green Infrastructure plan which utilizes the guidelines and management proposals presented in the analysis of the urban forest and the road system and develops a network of multifunctional spaces that include green areas, corridors and structures for sustainable drainage. It organizes the various scales of analysis and actions upon the landscape around a general design which, in turn, is related to the rest of the urban matrix.

Keywords: Environmental Planning – São Paulo (Brazil), Tree Planting, Urban Forest, Green Infrastructure

Sumário

Introdução, contextualização e objetivos	11
Intervenção ambiental da bacia do córrego Judas / Maria Joaquina – o impasse como precursor para uma proposta de Infraestrutura Verde	12
Objetivos desta Dissertação	14
 1 Infraestrutura Verde e Floresta Urbana	 15
Urbanização e os processos naturais	16
As consequências da urbanização sobre o ciclo hidrológico	16
As consequências da urbanização sobre a vegetação	18
As consequências da urbanização sobre o clima	20
A vegetação e os serviços ecossistêmicos	23
Infraestrutura Verde	27
Infraestrutura Verde – Definições	27
Sobre o termo e a facilidade de comunicar	29
Ecologia da Paisagem e Infraestrutura Verde	31
Princípios de planejamento e desenho da Infraestrutura Verde	33
A Floresta Urbana	36
O espaço das Florestas Urbanas	37
A Floresta Urbana enquanto ecossistema	39
Floresta urbana e Infraestrutura Verde	39
 2 Planejamento e Gestão da Floresta Urbana	 41
A Gestão das Florestas Urbanas	42
Modelos de Planos de Gestão	43
Exemplos de planejamento da Floresta Urbana	45
Brasil – Planos Diretores de Arborização Urbana	45
Plano Diretor de Arborização Urbana de Porto Alegre	47
Estados Unidos – Plano de manejo da Floresta Urbana de Seattle	48
Valoração dos serviços ecossistêmicos das Florestas Urbanas	50
Valoração de indivíduos arbóreos	50
Valoração ecossistêmica da Floresta Urbana	50
Cobertura arbórea	51
Modelos de Análise da Floresta Urbana	52
Floresta Urbana e vias públicas	54
Sistema Viário – Origens e usos	54
Novos princípios de desenho	55
A via pública, o espaço da árvore e os parâmetros de distanciamento	59
 3 Caracterização da Bacia do Córrego Judas / Maria Joaquina	 63
Localização	64
Histórico de Ocupação da Bacia.	64
Uso e Ocupação do Solo	67
Descrevendo a bacia	67
Aspectos Ambientais	78

Geologia	78
Hidrologia	79
Clima – Unidades Climáticas Naturais e Urbanas	81
Biodiversidade	84
4 Método para análise e gestão da Infraestrutura Verde e Floresta Urbana da Bacia do córrego Judas	85
Delimitação da bacia e seus setores.	86
Método de Estudo da cobertura vegetal e cobertura do solo da bacia com o uso de imagens de satélite	87
Aprimorando o método	89
Método de avaliação do espaço disponível para a implantação da arborização no sistema viário	90
Construção da Infraestrutura Verde	91
5 Resultados e Discussões	93
A Cobertura Arbórea da Bacia	94
Uma breve discussão sobre os classificadores disponíveis.	94
Resultados Gerais da Classificação.	97
Análise dos resultados.	99
Estratégias gerais para o desenvolvimento da vegetação	100
Setor Industrial	101
Setor Zona Mista	105
Setor ZER Granja	108
Setor Corredor	110
Setor ZER ABV	113
Setor Área Verde	116
A Arborização e as Vias Públicas	119
Avenida Santo Amaro	122
Rua Baldomero Girbal Cortada	126
Rua Carmo do Rio Verde	129
Rua Comendador Elias Zarzur	132
Rua Barão de Cotegipe	135
Construção da Infraestrutura Verde da Bacia do córrego Judas/Maria Joaquina	139
Elementos que constituem a Infraestrutura Verde da bacia do córrego Judas/Maria Joaquina.	139
Desenvolvendo a Infraestrutura Verde da Bacia – conectado o verde.	140
Desenvolvendo a Infraestrutura Verde da Bacia – conectado as águas	143
Desenvolvendo a Infraestrutura Verde da Bacia – integrando a bacia no contexto regional	146
Considerações Finais	148
Referências Bibliográficas	150

Introdução

De como esta dissertação surgiu: o projeto para construir um reservatório de cheias em meio a uma área verde; suspendendo o projeto; o debate de interesses e visões; o esboço de uma proposta de planejamento ambiental para a bacia. Um breve resumo sobre o desenvolvimento desta dissertação

Objetivos da Dissertação

Introdução

Intervenção ambiental da bacia do córrego Judas / Maria Joaquina – o impasse como precursor para uma proposta de Infraestrutura Verde

No ano de 2005, com o intuito de resolver os problemas de enchentes na região do Alto da Boa Vista, um bairro bastante abastado na região de Santo Amaro – Cidade de São Paulo, a prefeitura de São Paulo contratou um projeto de microdrenagem (sistema de galerias de águas pluviais) para um trecho da bacia do córrego Judas / Maria Joaquina. A microdrenagem existente já não era mais capaz de drenar e escoar toda a água de chuva, resultando na inundação das casas que foram construídas exatamente sobre o antigo percurso do córrego. A implantação deste novo sistema de drenagem, com maior capacidade de volume de escoamento, teria como consequência ondas de cheias maiores durante os grandes eventos de chuva. Esta situação agravaria ainda mais as enchentes que já ocorriam nas regiões mais baixas da bacia. Para viabilizar o novo sistema de drenagem sem gerar novas enchentes a jusante, o volume excedente de água teria de ser retido em algum ponto intermediário do percurso, por um período suficientemente longo, para ser liberado após o pico maior das chuvas. Um reservatório.

A equipe de engenheiros contratada identificou um trecho do córrego Judas, único local em que este ainda corre em canal aberto, uma situação próxima do natural. Para este local projetou-se então um reservatório linear, seguindo a calha do córrego. O leito do córrego seria retificado e transformado em uma calha de concreto e gabião com quase um quilômetro de comprimento por 15 metros de largura em média. (HIDROSTUDIO, 2006)

Ainda que a idéia de se realizar a detenção da água naquilo que poderíamos considerar a “várzea” do córrego fosse o natural, o desenho resultante não foi. O local em questão faz parte do parque municipal Severo Gomes e de um clube hípico, nos quais já existe uma vegetação bastante significativa e exuberante beirando o córrego. A obra geraria um impacto forte sobre a vegetação, com supressão de algumas centenas de árvores, além de alteração total da paisagem. A perspectiva do desastre que a obra representaria ao local mobilizou a comunidade de tal maneira que a prefeitura resolveu suspendê-la e criar uma comissão para estudar o assunto e propor alterações.

O autor desta dissertação, então diretor da divisão de manejo dos parques municipais, em conjunto com a então administradora do parque produziu um documento com propostas que, reconhecendo o problema das enchentes, procurava apontar caminhos que melhorassem a condição da bacia e preservassem as áreas verdes que seriam impactadas. O documento, intitulado “Proposta de Intervenção Ambiental na bacia do Córrego Judas – Santo Amaro” (ROTERMUND e NEVES, 2006), procurou já naquele momento apontar propostas para agir sobre as causas das enchentes, analisando a bacia como um todo e propondo intervenções em todo o seu território. Nasceu naquele trabalho a convicção de que o problema que se apresentava não poderia ser resolvido da maneira usual. Seria inadmissível aceitar como solução uma obra que traria prejuízos ambientais e sociais em tal dimensão. Nasceu também neste momento o desejo de se aprofundar na questão que se apresentava, com o intuito de buscar as bases teóricas para uma proposta sólida para o problema. O caminho seguido foi o do mestrado.

Ao longo do desenvolvimento dos estudos, o foco se voltou mais para a questão das Florestas Urbanas enquanto elemento chave da Infraestrutura Verde urbana e como esta Floresta Urbana pode ser melhor gerenciada a fim de trazer os benefícios tão necessários para a qualidade de vida. Este foco não significa o entendimento de que este é o único tema a ser abordado em relação à Infraestrutura Verde da bacia, mas se deve à própria formação e afinidade de trabalho do autor com vegetação arbórea. Ao mesmo tempo, procurou-se tratar da Floresta Urbana relacionando-a com outras questões, como a drenagem, que foi o precursor de toda a problemática, com a ocupação do solo, as áreas verdes, o espaço da via pública entre outros, tendo como matriz a Infraestrutura Verde.

A dissertação se organiza em quatro partes principais distribuídas em 5 capítulos: revisão bibliográfica, conceitos e estudos de caso (capítulos 1 e 2), apresentação da área (capítulo 3), método de estudo (capítulo 4) e resultados e discussões (capítulo 5).

O primeiro capítulo trata das consequências da urbanização sobre o meio natural e os resultados disto para as cidades. Discute a definição de Infraestrutura Verde, sua relação com a Ecologia da Paisagem e os princípios de planejamento e desenho. O capítulo traz também uma discussão sobre a definição de Floresta Urbana, sua relação com as áreas verdes, arborização urbana, e a abrangência do termo em relação à ecologia urbana.

O segundo capítulo trata do planejamento e da gestão da Floresta Urbana, trazendo uma discussão sobre alguns modelos de planejamento, como os Planos de Gestão e os Planos Diretores, além de exemplos de sua aplicação nas cidades de Seattle e Porto Alegre. Algumas ferramentas utilizadas no planejamento e na gestão de Florestas Urbanas são apresentadas. Estas ferramentas destinadas ao gerenciamento de informações sobre a floresta também permitem estimar os benefícios prestados por elas e servem de apoio para estabelecer metas de desenvolvimento de cobertura vegetal.

O capítulo 3 descreve a bacia, aborda a sua história de ocupação, descreve a ocupação urbana existente, e apresenta os aspectos ambientais relacionados à sua hidrologia, à geologia e à biodiversidade.

O quarto capítulo descreve o método de trabalho adotado. Método para a o delineamento da bacia e da sua divisão em 6 setores. Método para a análise da cobertura vegetal com o apoio de classificação supervisionada da cobertura de solo a partir de imagem de satélite. Método para estudo da cobertura vegetal e sua relação com o espaço do viário e os demais elementos presentes neste. E por último a apresentação de um desenho para o desenvolvimento da Infraestrutura Verde da bacia.

O quinto capítulo apresenta e discute os resultados obtidos com a aplicação do método em três partes:

- 1) análise da cobertura do solo e delineamento de estratégias para o desenvolvimento da floresta urbana em cada um dos setores.
- 2) Situação de 5 trechos de vias, abordando o uso do espaço por veículos, pedestres, arborização e demais elementos. Proposta de novas formas de desenho para este espaço, tendo em vista um melhor aproveitamento para o uso de pedestres e ampliação da cobertura arbórea e permeabilidade.

3) Propostas de desenvolvimento da Infraestrutura Verde da Bacia, ligadas a um conceito espacial geral, conforme proposto por Ahern (2007)

Este trabalho abrange, como já foi citado, uma parte da Infraestrutura Verde da bacia. O tema está longe de se esgotar: o controle das enchentes dentro deste território – questão central que levantou toda a discussão – ainda não foi resolvido. Espera-se contribuir com a apresentação e discussão de aspectos relevantes que tragam benefícios a todos que ali residem ou se utilizam do espaço.

Objetivos desta Dissertação

O objetivo principal dessa dissertação é o de estudar e avaliar a Floresta Urbana como principal componente da Infraestrutura Verde da bacia do córrego Judas / Maria Joaquina em duas escalas: a de setores de uso e ocupação de solo e de espaço da rua. Este estudo e as propostas dele decorrentes estão ancorados no conceito da Infraestrutura Verde e subsidiam o seu desenvolvimento.

Como resultado dessa análise, pretende-se:

- Verificar, quantificar e avaliar a atual cobertura vegetal, espaço construído e espaço livre de construções a partir do uso de uma imagem de satélite recente. Este estudo será feito em cada um dos setores delimitados e ampliados para a bacia como um todo.
- Elaborar propostas para o desenvolvimento da floresta urbana da bacia em cada um dos setores que a compõem.
- Discutir o espaço do sistema viário, propondo o seu redesenho para um melhor uso social e ambiental.
- Elaborar um desenho para a Infraestrutura Verde da bacia, que integre as discussões realizadas nas várias escalas da paisagem e se articule com o entorno.

Urbanização e Processos Naturais: de como a urbanização altera a paisagem natural e se relaciona com o ambiente. As consequências do processo de urbanização sobre o ciclo hidrológico, sobre a vegetação e sobre o clima.

A Vegetação e os Serviços Ecossistêmicos. Os serviços ecossistêmicos prestados pela natureza e a sua contribuição para o meio urbano

Infraestrutura Verde: Definindo Infraestrutura Verde, o conceito, seus elementos, sua organização. A necessidade de um termo para comunicar com facilidade o conceito

Ecologia da Paisagem e Infraestrutura Verde. Como os conceitos da Ecologia da Paisagem se aplicam a Infraestrutura Verde.

Princípios de planejamento e desenho da Infraestrutura Verde.

Florestas Urbanas. A definição de Floresta Urbana e a consolidação do termo. O espaço das Florestas Urbanas, uma discussão sobre as áreas verdes e a arborização urbana. A Floresta Urbana vista como um ecossistema específico. A relação entre a Floresta Urbana e a Infraestrutura Verde

A urbanização e os processos naturais

A paisagem natural é fruto de um processo extremamente longo de adaptação da flora e da fauna às condições de clima e solo, onde todos estes elementos, em um intrincado quebra-cabeça, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Este processo adaptativo ocorreu num período de tempo que vai muito além da escala da vida humana.

A ação do homem sobre o planeta e em especial o processo de urbanização se deram em um período curtíssimo de tempo. Estes trouxeram uma série de alterações no meio físico que determinaram uma nova condição de existência para a biodiversidade que permaneceu no local ou que posteriormente ali se instalou pela ação direta ou indireta do homem. O início da urbanização geralmente implica na remoção da vegetação existente para a implantação da cidade. A permanência de algumas manchas verdes está normalmente associada à dificuldade de ocupação destes espaços em função de suas condições físicas, às exigências legais que impõe restrições à ocupação de áreas específicas, ou à exigência de manutenção de espaços livres, como no caso de áreas verdes institucionais em loteamentos urbanos. Isto se levamos em conta a ocupação da cidade formal. No caso da ocupação informal, esta se dá justamente nas áreas mais sensíveis, em razão do seu baixo valor financeiro, da ausência de políticas eficientes que ofereçam alternativas habitacionais à população de baixa renda além da falta de fiscalização e até da conivência das autoridades e gestores públicos. Alves Filho (2001) aponta que 38% das habitações da Região Metropolitana de São Paulo são construídas de forma inadequada, estando grande parte delas situadas em áreas de risco associadas às chuvas. Esta ocupação se dá, seja pela população de baixa renda, expulsa pela sociedade para as periferias, aonde é assentada por grileiros, seja por setores organizados e com forte poder econômico que se apropriam destas áreas e transferem o custo ambiental desta ocupação a toda a sociedade.

Consequências da urbanização sobre o ciclo hidrológico

O comportamento das águas nas bacias urbanas é muito diferente daquele encontrado nas bacias naturais, tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo. (CARDOSO NETO, 1998). As principais alterações no meio e que agem como fatores de pressão sobre o ciclo hidrológico e a qualidade das águas são a impermeabilização do solo, a redução da cobertura vegetal, a implantação de sistemas de drenagem eficientes no rápido transporte de águas pluviais e servidas, lançamento de esgoto em corpos d'água, poluição difusa e a ocupação de áreas críticas tais como várzeas, fundos de vale e encostas. Cada um destes fatores individualmente ou de maneira associada produz uma série de alterações no ciclo hidrológico. Dentre as alterações citadas, a impermeabilização da superfície de uma bacia é o principal fator de mudança no ciclo. À medida que a superfície de uma bacia é impermeabilizada ocorre um aumento do escoamento superficial e conseqüente aumento de vazão de água. A vazão máxima de uma bacia em m³/s pode ser até seis vezes superior à encontrada na bacia antes do processo de urbanização (TUCCI, 2003)

A associação do efeito da impermeabilização com a implantação de uma eficiente rede de drenagem reduz o tempo de concentração da água na bacia, fazendo com que esta chegue rapidamente aos fundos de vale e pontos baixos do sistema. Aumento de vazão

e redução no tempo de concentração resulta em grandes volumes de água chegando aos pontos mais baixos em períodos de tempo muito curtos, fazendo com que as inundações ocorram em cotas acima do esperado em condições anteriores à urbanização. O aumento da velocidade de escoamento superficial somado ao aumento da vazão resulta em fortes enxurradas que tem um grande impacto sobre o solo desprotegido e a calha dos córregos intensificando os processos erosivos. Os processos erosivos acarretam num maior transporte de sedimentos e detritos que irão assorear os fundos de vale e eventualmente entupir os sistemas de drenagem, agravando ainda mais os problemas de enchentes.

A diminuição da penetração da água no solo é também resultado direto do aumento da impermeabilização e a redução do tempo de concentração. Com isso, ocorre a diminuição do nível de água no subsolo, já que menos água penetra no solo. Com este estoque de água menor no subsolo, ocorre a redução do volume basal dos córregos deteriorando ainda mais a qualidade da água, pois esta passa a ter uma concentração muito maior de poluentes. (TUCCI, 2003); (CARDOSO NETO, 1998)

Parte da poluição gerada no meio urbano se deposita sobre as superfícies da cidade e é carregada pela água que escoar superficialmente para os rios e cursos d'água. A esta poluição se junta a poluição atmosférica que é capturada pelas gotas de chuva, gerando uma carga altamente poluidora que pode ser superior a gerada por lançamentos de esgoto. Esta forma de poluição, denominada poluição difusa, é gerada principalmente nos primeiros 25 mm de precipitação, que correspondem em média a 95% do total da carga poluidora. Em muitos países, aonde os sistemas de drenagem são mais desenvolvidos, esta chuva inicial é coletada e tratada juntamente com o esgoto (sistema único ou combinado), evitando assim a que a maior parte atinja rios e lagos (TUCCI, 2005). Mas este sistema tem seu limite e quando este é atingido, o excesso de água de chuva mais o esgoto misturado a ele, são encaminhados diretamente para os rios. Para Roy et al (2008), citando diversos autores, o escoamento superficial de águas de chuva é um contribuinte chave para o colapso dos ecossistemas aquáticos em ambientes urbanos nos EUA e na Austrália. Isto se deve a uma política de a proteção à saúde da comunidade e da propriedade enfatizando o rápido afastamento da água, ao mesmo tempo em que estabelece uma baixa prioridade para a preservação dos ecossistemas.

Do ponto de vista urbanístico, a água deixou de ser um elemento de valor na paisagem urbana, na medida em que foi sendo contaminada e reduzida a veículo para a sujeira e o esgoto da cidade. Tornou-se uma paisagem indesejável que precisa ser ocultada aos olhos da população.

Baptista (2005) considera que as obras de canalização de córregos geram na população uma falsa idéia de segurança em relação às inundações, o que facilita a ocupação das áreas próximas a estes corpos d'água. O próprio poder público reforça esta idéia ao promover através da mídia suas obras de canalização de maneira pouco responsável como se estas fossem a solução definitiva para os problemas de enchentes. A mídia também reforça esta impressão reproduzindo o discurso oficial e atribuindo ao rio ou córrego a "culpa" pelas enchentes.

A canalização de córregos e nascentes também é usada como forma de driblar o código florestal. Órgãos licenciadores do estado de São Paulo e mesmo a prefeitura de São Paulo consideram que a faixa de preservação permanentes ao longo de córregos e

nascentes deixa de existir com a sua canalização. Isto se dá pela leitura da lei que determina a extensão da APP a partir da margem. Ora, se o corpo d'água está canalizado, não tem margem. Assim construções são aprovadas ao lado e sobre o leito dos rios e nascentes que desapareceram aos olhos da população;

Figura 1 - Notícias diversas recortadas de páginas da internet a partir de uma busca rápida mostram visão popular de canalização como solução para enchentes e melhora de qualidade de vida.

Para Wong e Eadie (2000), o tratamento dado para o escoamento superficial das águas pode ser descrito como uma atitude de “fora da vista, fora da consciência” (out of sight, out of mind). Como reflexo dessa atitude, na visão da sociedade a água da chuva não tem valor como recurso, seja ele de uso ou estético.

Para Bartalini (2006) mesmo aonde a urbanização já avançou de maneira comprometedora, as áreas de nascentes e altos cursos dos córregos têm uma função ambiental a cumprir. São estes “veios menores” que oferecem maiores possibilidades de tratamento e de reatar uma relação direta dos habitantes com o elemento que é uma das matérias primitivas formadoras da paisagem física e humana: a água.

As conseqüências da urbanização sobre a vegetação

O processo de urbanização quase sempre implica em retirada da vegetação, reafeiçoamento do terreno para a implantação da infraestrutura e das construções, com cortes, aterros e terraplanagens. Esta ação altera completamente as características físicas e químicas do solo e tem conseqüências futuras para a implantação e sobrevivência da vegetação a ser implantada ou mantida. O solo é compactado pelo tráfego de veículos pesados, tornando-o menos permeável e dificultando o desenvolvimento de raízes. O horizonte superior do solo, mais fértil, é retirado trazendo dificuldade para que a vegetação possa fixar raízes e retirar os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento. A gradual impermeabilização da superfície, com a implantação de construções e pavimentos provoca o rebaixamento do nível subterrâneo de água e reduz a disponibilidade hídrica para a vegetação. Essa impermeabilização

inibe ainda a troca de gases entre o solo e a atmosfera tornando o ambiente restrito ao desenvolvimento de organismos de solo, bem como do desenvolvimento das próprias raízes. Scharenbroch (2002), considera que o solo é um fator crítico para o desenvolvimento de uma floresta urbana saudável e para a otimização de benefícios ambientais. Citando Craul (1995), informa que aproximadamente 90% dos problemas da arborização urbana estão ligados a problemas no solo.

O aumento da temperatura do ar e o calor refletido por pavimentos e construções aumentam as condições de estresse para os seres que ali habitam. Esta condição de estresse se agrava dado o fato de que nesses ambientes a umidade relativa do ar tende a ser mais baixa do que em condições naturais, muitas vezes se aproximando das condições de climas desérticos. A poluição do ar, da mesma maneira que afeta a saúde das pessoas, afeta também a da vegetação ali presente. As folhas, galhos e troncos são cobertos por fuligem e materiais tóxicos que inibem o bom desenvolvimento da vegetação e a tornam mais suscetível a doenças.

Os fragmentos de vegetação natural que eventualmente restam no processo de urbanização passam por um severo processo de perda de biodiversidade. Isso ocorre por conta do isolamento destas populações em relação a outros fragmentos, impedindo a troca de material genético e a chegada de novas espécies de plantas e animais. A partir do momento em que ficam isoladas essas comunidades entram em declínio, levando ao desaparecimento de muitas espécies, que com a sua morte não são repostas. Os efeitos da urbanização são mais sentidos nas bordas destes fragmentos, de maneira que fragmentos menores são mais sujeitos a perda de biodiversidade tornando-se mais alterados.

Na sua ocupação do espaço urbano, o ser humano traz consigo novas espécies que antes ali não existiam. A arborização e ajardinamento de ruas, praças e parques são em grande parte feita com plantas exóticas. Esta vegetação introduzida muitas vezes não tem nenhuma relação com outros organismos que habitam o local, contribuindo para o empobrecimento da diversidade biológica. No paisagismo que vemos sendo executado em praças, parques, jardins públicos e privados a situação é a mesma. Há um uso predominante de espécies exóticas em diversidade bastante reduzida, que resultam em ambientes pobres e suscetíveis a pragas e doenças. Tais ambientes só se sustentam com cuidados intensivos que exigem elevados aportes de insumos e energia, com custos muitas vezes insustentáveis para a administração pública.

Os jardins e florestas humanas pouco ou nada se assemelham com a paisagem natural. Há uma busca incessante pelo controle sobre a natureza, sua forma e seu desenvolvimento. Os indivíduos são considerados pelos seus atributos individuais e não como parte de uma comunidade vegetal e também desta forma são manejados. A natureza idealizada se afasta da condição de existência da natureza real, gerando um conflito contínuo, pois as plantas não se submetem a esse ideal, insistindo em se desenvolver da forma que fazem em conformidade com uma evolução que levou milhões de anos. A natureza é diversificada e esta diversidade não é compreendida pelo observador, que a associa a desordem. Da mesma maneira, processos naturais, como a queda das folhas, o crescimento da vegetação nas fendas dos muros e dos pavimentos são vistos pelo observador comum como um sinal de falta de cuidado. Faz-se necessário valorizar no trabalho de desenho e implantação de jardins, parques e praças a

diversidade que a flora brasileira oferece. O olhar do observador deve ser provocado através desta vivência estética para compreender que a diversidade não significa desordem, assim como o desenvolvimento da natureza através de seus processos vitais de maneira livre não significa desleixo.

As consequências da urbanização sobre o clima

O clima no ambiente urbano apresenta alterações significativas em relação ao clima em ambiente natural. A intensidade desta alteração é determinada pelo tamanho da mancha urbana, sua localização geográfica, e na forma, tanto do uso do solo, quanto da sua ocupação. As alterações ocorrem em relação à: temperatura das superfícies e do ar circundante, que se torna mais alta que as das áreas naturais ou periurbana; da movimentação do ar (força e direção dos ventos) que é bloqueada ou canalizada pelas construções; umidade do ar em geral mais baixa do que as áreas naturais e; pior qualidade do ar agravada pela grande concentração de fontes poluidoras.

O aumento médio da temperatura atmosférica no sentido da periferia das cidades em direção as suas áreas centrais é uma das principais características do fenômeno conhecido como Ilha de Calor. Segundo Eriksen (1978), citado por Lombardo (1985), o fenômeno da ilha de calor é causado pelos seguintes processos:

- Redução da cobertura vegetal e de solo exposto, reduzindo os processos de evaporação, fundamentais para o esfriamento das superfícies. Aliado a isso, os sistemas de drenagem convencionais trabalham no sentido de provocar o escoamento da água de chuva o mais rápido possível para os fundos de vale. Assim, reduz-se o tempo em que estas águas teriam para evaporar sobre as superfícies aonde caem ou escoam, resfriando-as.
- Os materiais utilizados na pavimentação, nas edificações e suas coberturas, têm uma capacidade de guardar e conduzir calor muito superior ao solo e as superfícies vegetadas. Estas superfícies têm geralmente colorações escuras, mais propensas à absorção da radiação solar. Além disso, as edificações são multifacetadas, atuando como refletores, absorvendo energia e aquecendo superfícies próximas. Todo este calor absorvido é transmitido ao ar circundante através de radiação de ondas longas, aquecendo-o na medida em que as superfícies se aquecem.
- A atividade humana, que ocorre concentrada em ambientes urbanos gera uma quantidade de calor suficientemente grande para reforçar ainda mais o fenômeno.

Ainda segundo os autores, há duas consequências diretas relacionadas ao fenômeno da Ilha de Calor. A primeira é de que a circulação atmosférica, especialmente em períodos de calmaria, tende a acontecer das áreas periféricas para as áreas centrais, elevando nesta a concentração de poluentes a níveis intoleráveis. Isto resulta no agravamento de doenças respiratórias, aumentando o número de óbitos, especialmente entre crianças e idosos. A segunda implicação é o aumento das precipitações nas áreas mais centrais das urbanizações, o que leva ao agravamento de problemas de enchentes e deslizamentos de terra.

Lombardo (1985) estudou o fenômeno da ilha de calor na região metropolitana de São Paulo, utilizando imagens de satélite e medições de campo (Figura 2). Pelos dados obtidos verificou-se que diferença de temperatura entre as áreas urbana e rural chegou a

ser superior a 10°C. Analisando o fenômeno ao longo do tempo, a autora constatou que aos domingos este era menos intenso, indicando uma provável relação da atividade humana para a sua acentuação. Esta atividade foi pesquisada por Azevedo (2001) que estudou comparativamente o fluxo de calor gerado pela atividade humana e biomassa e o fluxo anual de radiação solar na Região Metropolitana de São Paulo. Chegou à conclusão que a primeira é comparável na mesma ordem de grandeza com a segunda. Isto é, se, numa escala de grandeza a radiação solar fosse equivalente a dez, o calor gerado pela atividade humana seria de no mínimo um.

Figura 2 - Temperatura aparente de superfície Cidade de São Paulo, através de imagem de Satélite Landsat. Pode-se visualizar claramente o aquecimento intenso das regiões mais centrais e densamente construídas, bem como “bolsões” mais frios, em decorrência de uma arborização e presença de áreas verdes mais marcante. Fonte: SÃO PAULO (2006)

Estudo conduzido por Alves Filho (2001) em relação às enchentes na Região Metropolitana de São Paulo apresentou algumas constatações interessantes. As médias de chuvas aferidas desde a década de 1930 nos postos pluviométricos da região, indicam um incremento médio de volume de 200 mm anuais em relação àquela década.

Verificou ainda que as isolinhas de maior pluviosidade dos episódios de enchentes estudados envolveram quase sempre a mancha urbana da Região Metropolitana de São Paulo (Figura 3), o que é condizente com o que foi apontado por Eriksen (1978).

Figura 3 - Composição da distribuição espacial de chuva acumulada estimada com radar meteorológico de São Paulo, para 18 eventos de enchentes associados com brisas marítimas e ilha de calor na RMSP, ocorridos no período de 2002 a 2004. (PEREIRA FILHO 2004)

A vegetação e os Serviços Ecossistêmicos

As formas vegetais são a base de sustentação para a vida do planeta, fixando a energia solar para a produção de substâncias orgânicas complexas que serão o alimento das demais formas de vida (ODUM, 1988). São também responsáveis e mediadoras em muitos serviços ecossistêmicos. Diversas linhas de pesquisa procuram identificar, avaliar e quantificar os serviços ecossistêmicos prestados pela vegetação, em especial a vegetação arbórea, no aspecto social, econômico e ambiental. Este entendimento tem sido cada vez mais assimilado por gestores e planejadores urbanos e incorporados às ferramentas de gestão. Mas isto ainda é, na prática, muito aquém em relação à importância da vegetação como promotora da qualidade de vida no meio urbano.

A Sociedade Ecológica da América define serviços ecossistêmicos como um amplo espectro de condições e processos através dos quais os ecossistemas e as espécies que fazem parte desses, ajudam a sustentar e garantir a vida humana. Estes serviços mantêm a biodiversidade, produzem bens e dão suporte a vida através de várias funções, como a purificação de água e ar, geração, preservação e fertilização dos solos, decomposição de resíduos, estabilização do clima, ciclagem e movimento de nutrientes, além de muitos outros (DAILY et al, 1997). O conceito de serviços ecossistêmicos é importante, pois valoriza as funções ambientais, muitas delas afetando diretamente as populações humanas fisicamente, economicamente, socialmente e espiritualmente.

No documento síntese produzido pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio, são definidas quatro categorias de serviços ecossistêmicos sustentados pela biodiversidade que, conforme a definição do termo já exposta, são fundamentais para o bem estar humano (MILLENIUM ASSESSEMENT, 2005): Serviços de Provisão, Serviços de Regulação, Serviços Culturais e Serviços de Suporte (Figura 4).

Tem sido objeto de estudos como a vegetação e as áreas verdes influenciam a qualidade de vida nos ambientes urbanos através dos valiosos serviços ambientais que prestam.

Segundo Federer (1970), citado por Hough (2004), uma árvore de grande porte pode transpirar 450 litros por dia, que absorvem 230.000 Kcal de energia no processo de evaporação. Este processo tem um efeito de regulação de temperatura primoroso no seu entorno. O sombreamento provocado pela planta também impede que outras superfícies absorvam este calor, mantendo-as em temperaturas ambiente.

Para Köhler et al (2003), citando Stupnägel (1987) e Laar (2002), a melhor solução para a melhoria do microclima em áreas urbanas de alta densidade é o aumento da cobertura vegetal. Em alguns casos seria possível a implantação de parques e áreas verdes a partir da desativação de plantas industriais próximas ou no interior das áreas centrais. Em muitos casos este aumento não é viável em função da alta densidade urbana, exigindo a adoção de outras estratégias para tal fim. O uso de tetos verdes e paredes vegetadas tem sido por este motivo, objeto de muita pesquisa e discussão. Em muitos centros urbanos de países do hemisfério norte, o uso destas estruturas é incentivado por governos, especialmente por seus benefícios em relação a clima e drenagem.

Figura 4: Quadro de serviços ecossistêmicos desempenhados pela natureza

Categoria	Serviço	Descrição
Provimento	Alimentos	Produção de frutas e verduras em hortas e pomares urbanos
	Água	Fornecimento de água captada em poços artesianos, chuva, rios e lagos
	Combustível	Utilização de resíduos de podas para a queima, gás produzido a partir de biomassa em aterros.
Regulação	Qualidade do Ar	Remoção de poluentes, manutenção da umidade relativa do ar
	Regulação Climática	Redução do fenômeno de ilha de calor, captura e fixação de gases de efeito estufa, circulação de ar (ventos).
	Regulação de Enchentes	Interceptação da água de chuva pelas árvores, redução da velocidade de escoamento superficial, infiltração, impacto da vegetação nos níveis de chuva.
	Controle de Erosão	Proteção da vegetação contra a exposição do solo ao vento e chuvas
	Qualidade do Solo	Manutenção da qualidade do solo, através de aeração, ciclagem de nutrientes, decomposição de matéria orgânica.
	Purificação da Água	Captura de poluentes pela vegetação, especialmente em matas ciliares, mas também em tetos vegetados, jardins de chuva, etc.
	Decomposição de resíduos	Decomposição dos resíduos orgânicos gerados pelas atividades humanas; aterros, compostagem, mulche
Culturais	Valores Estéticos	Embelezamento das cidades, identidade de paisagem
	Valores Éticos e Espirituais	Preservação de espécies ameaçadas, lugares ou espécies sagradas
	Educação	Atividades científicas e educacionais relacionadas às áreas verdes e a biodiversidade
	Recreação e Ecoturismo	O uso de áreas verdes para atividades de lazer, recreação e esporte
Suporte	Habitat	As áreas verdes oferecem condições para a manutenção de comunidades biológicas
	Produção Primária	Produção de material biológico através da fotossíntese.

A mesma opinião em relação à vegetação é compartilhada por Spangenberg (2004) que considera que a vegetação tem um efeito importante na melhoria do microclima e conforto térmico nos espaços urbano de cidades de clima quente. Spangenberg et al (2008.) realizaram experimentos e simulações na região central de São Paulo, no bairro da Luz, para de identificar a contribuição da vegetação no microclima e no conforto térmico. Constataram uma redução de temperatura do ar de aproximadamente 2oC do Parque da Luz em relação ao seu entorno. Segundo os autores, a densidade de área foliar e o índice de área foliar são fatores significativamente influentes no microclima. Quanto mais elevados, menor a temperatura do ar e das superfícies, além de um melhor conforto térmico para climas quentes e úmidos. Também apontaram que o efeito foi maior em locais com uma cobertura vegetal contínua do que em relação a árvores isoladas. Isto reforça a necessidade de se promover coberturas contínuas, bem como uma boa distribuição de áreas verdes no interior da mancha urbana.

Oke (1973) citado por Lombardo (1985) considerou que 30% de cobertura arbórea seria um mínimo recomendável para promover o adequado balanço térmico em áreas urbanas. Valores inferiores a 5% determinariam características semelhantes a desertos.

Molin et al (2007) citando trabalhos de Arcova et al (2003) e CIECCO et al (1998) em mata atlântica, refere-se a valores de interceptação de água de chuva pelas copas da ordem de 18,6% e 18,26% respectivamente. Xiao e McPherson (2003) verificaram que a interceptação média anual das árvores de parques e ruas de Santa Mônica, Califórnia, foi de 1,6% do total da chuva precipitada. Sob a área da copa esse valor foi da ordem de 27,3%.

Macpherson e Muchnick (2005) conduziram um interessante experimento para avaliar o efeito do sombreamento das árvores na durabilidade do asfalto. A insolação e aumento da temperatura do pavimento asfáltico acelera o seu processo de degradação, obrigando manutenções mais freqüentes. Os autores constataram que o sombreamento provocado pelas árvores reduzia a velocidade deste processo, fazendo com que os intervalos para a manutenção fossem aumentados, gerando uma economia de U\$ 7,13/m² de pavimento em um período de 30 anos. Considerando que o sistema viário corresponde em torno de 20% da superfície de uma cidade e que os custos de manutenção desse sistema representam uma soma altíssima de recursos públicos, este estudo exemplifica o quanto as cidades têm a perder ou ganhar apenas com este aspecto, se forem capazes de realizar um trabalho de arborização eficiente em seu sistema viário.

Sullivan e Kio (1996) citados por Jackson (2003) demonstraram que a presença de árvores próximas a alojamentos públicos está associada ao decréscimo da violência. Freire (2005) aponta também para o volume consistente de literatura tratando da relação entre a arborização e lazer com a redução da violência. O estudo realizado pela autora no município de Piracicaba apontou que os jovens e crianças envolvidos em situações de violência eram oriundos de comunidades que não dispunham de arborização e áreas de lazer.

Ulrich (1984) citado por Jackson (2003) apresenta resultados mensuráveis de convalescença de pacientes em hospitais, onde aqueles que estavam alojados em quartos com vista para a vegetação tiveram uma recuperação mais rápida do que os que estavam em quartos voltados para paredes. Wells (2000) citado por Jackson (2003) associa o aumento da capacidade cognitiva de crianças de famílias de baixa renda à visão, através de janelas voltadas para a vegetação, mais do que voltadas para solo exposto ou pavimentos. E o que dizer se pode dizer de escolas construídas em meio a espaços áridos e sem vida? Ou complexos hospitalares que mais parecem fábricas?

É conhecida a capacidade que vegetais tem de remover poluentes do solo ou de meios aquáticos. Read et al (2008) concluíram, após experimentos com 20 espécies de plantas diferentes que o uso da vegetação melhora o desempenho dos biofiltros na remoção de poluentes. Verificaram também que existe uma grande variação de remoção em função da espécie utilizada. Os autores recomendam que sejam utilizados não apenas uma espécie, mas várias espécies diferentes combinadas para se obter uma melhor performance do sistema.

Conclusões semelhantes foram obtidas por Bratieres et al (2008), que realizaram testes em 125 combinações diferentes de substratos e espécies vegetais plantadas sobre

estes. Os autores concluíram que todos os sistemas foram eficientes na remoção de sólidos suspensos. Em relação à remoção de poluentes dissolvidos, concluíram que a camada filtrante deve ser concebida de maneira diferente dependendo dos objetivos pretendidos. Finalmente, em relação às espécies utilizadas, os autores concluíram que existe uma variação da capacidade de remoção de poluentes entre as espécies, e que existe uma variação ao longo do tempo, uma maturação do sistema com o crescimento das plantas e de seu sistema radicular.

Estes são apenas alguns estudos que procuram entender e quantificar os serviços ecossistêmicos da vegetação e como estes podem servir à criação de um ambiente urbano ambientalmente mais equilibrado.

Para diversos profissionais nas mais diversas áreas, como engenheiros, médicos, meteorologistas, agrônomos e urbanistas, que lidam com os problemas ambientais das metrópoles já é claro a necessidade de se resgatar e garantir a natureza dentro das cidades. Os parques, praças, a vegetação, os rios e corpos d'água, a arborização de rua, quintais, ainda que reduzidos e modificados pela mão humana contribuem para a manutenção do equilíbrio ambiental nas áreas urbanas. O reconhecimento deste patrimônio, sua preservação e desenvolvimento através de um planejamento ambiental são fundamentais para a reversão do quadro de degradação ambiental que se apresenta. A este patrimônio deve ser dado o status de uma infraestrutura imprescindível para a vida humana com pelo menos o mesmo grau de prioridade para sua conservação e qualidade que é dada a infraestrutura cinza, produzida em concreto, metal e asfalto. Uma Infraestrutura Verde, construída e planejada com e para a natureza e a cidade.

Infraestrutura Verde

O termo Green Infrastructure, ou Infraestrutura Verde surgiu em 1994 em um relatório da Florida Greenways Commission, ao governo estadual com a intenção de apontar que os sistemas naturais são igualmente ou os mais importantes do que os componentes da infraestrutura convencional (FIREHOCK 2010). A partir de então o conceito foi rapidamente assimilado nos meios acadêmico, governamental e não governamental, e vem sendo usado tanto como ferramenta de planejamento como de preservação de paisagens naturais. A utilização do conceito se dá nas escalas continental, regional (WEBER et al, 2006; SUNDSETH e SYLWESTER 2009), metropolitana e local, sempre enquanto rede de espaços que desempenham serviços ecossistêmicos diversos (CRIAÇÃO 2009; NEW YORK, 2010).

Infraestrutura Verde – Definições

Uma primeira definição mais popular do termo surgiu em agosto de 1999, e partiu de grupo de trabalho formado pela ONG The Conservation Found, a Agência Nacional do Serviço Florestal Americano, organizações conservacionistas, agências locais, estaduais e federais. Neste encontro cunhou-se a seguinte definição para Infraestrutura Verde:

*“Green infrastructure is our nation’s natural life support system — **an interconnected network** of waterways, wetlands, woodlands, wildlife habitats, and other **natural areas**; greenways, parks and other **conservation lands**; working farms, ranches and forests; and wilderness and other **open spaces** that **support native species, maintain natural ecological processes, sustain air and water resources** and contribute to the health and quality of life for America’s communities and people.”* (BENEDICT e MCMAHON, 2001, p.6, grifos nossos)

Os autores vêem a Infraestrutura Verde como

*“an interconnected network of green space that **conserves natural ecosystem values and functions** and **provides associated benefits to human populations**.”* (BENEDICT e MCMAHON, 2001, p 5, grifos nossos)

Os autores, alguns deles também autores do plano de Corredores Verdes da Florida, apresentam como componentes da Infraestrutura Verde as **áreas naturais, as áreas de conservação e os espaços abertos** (aqui entendidos com áreas verdes) conectados em rede. Não são espaços isolados. A noção de **conectividade** é fundamental para o entendimento da Infraestrutura Verde, pois é através desta que existe a possibilidade da conservação biológica e também da manutenção das funções ambientais e serviços ecossistêmicos.

A Infraestrutura Verde nasceu em uma escala de paisagem ampla, regional, com foco nos elementos naturais a serem preservados e também no manejo daqueles que mesmo antropizados, tem atributos ambientais relevantes. Tal visão começou rapidamente a se voltar para uma escala de paisagem mais local. Nesta direção podemos encontrar na página eletrônica da ONG Natural England, a seguinte definição:

*"Green Infrastructure (GI) is a strategically **planned and delivered** network of high quality green spaces and other environmental features. It should be designed and managed as a **multifunctional resource** capable of delivering a wide range of environmental and quality of life benefits for local communities. Green Infrastructure includes parks, open spaces, playing fields, woodlands, allotments and private gardens."* (NATURAL ENGLAND, 2010, grifos nossos)

Nesta definição a Infraestrutura Verde é apresentada como uma rede estrategicamente planejada e disposta de áreas verdes e outras estruturas ambientais, que devem ser projetadas e manejadas como um recurso multifuncional capaz de prover uma ampla gama de benefícios ambientais para a qualidade de vida das comunidades locais.

A ação do planejamento, do desenho espacial dos componentes e do manejo dos componentes da Infraestrutura Verde como estruturas multifuncionais, ganha nesta definição destaque. A citação de espaços como áreas de recreação, jardins privados, parques e pequenas hortas, começa a aproximar a Infraestrutura Verde do urbano.

Para a Associação Americana de Arquitetos Paisagistas,

"Green infrastructure can be considered a conceptual framework for understanding the "valuable services nature provides the human environment. At the national or regional level, interconnected networks of park systems and wildlife corridors preserve ecological function and create a balance between built and natural environments. At the urban level, parks and urban forestry are central to reducing energy usage costs and creating clean, temperate air. Lastly, green roofs, walls, and other techniques within or on buildings bring a range of benefits, including reduced energy consumption and dramatically decreased stormwater runoff. At all scales green infrastructure provides real ecological, economic, and social benefits." (ASLA, 2011)

A Infraestrutura Verde, na visão da Associação, é considerada uma estrutura conceitual, e a noção de várias escalas da paisagem é bem pontuada. Em uma escala local, a Infraestrutura Verde passa a integrar o ambiente urbano, na forma de estruturas construídas, com o objetivo de promover serviços ecossistêmicos diversos. Vê-se em todas as definições uma forte relação com a idéia de serviços ecossistêmicos voltados ao ser humano, embora não somente.

Benedict e McMahon (2001) e Firehook (2010) ponderam que as bases para o desenvolvimento da Infraestrutura Verde têm contribuições de diversas disciplinas, como a ecologia da paisagem, biologia, arquitetura da paisagem, geografia, engenharia e outras. Embora o termo em si seja bastante novo, os conceitos que dão base para o seu planejamento não o são. Eles têm origem na ecologia da paisagem, e vem sendo ampliados com a contribuição das outras áreas do conhecimento.

O conceito de Infraestrutura Verde é amplo no que tange as suas definições e estas ainda são objeto de discussões. A razão disso pode estar relacionada a três questões: a própria novidade do termo em si, com pouco tempo de existência para que uma corrente se torne mais aceita; o fato de que ele pode ser utilizado de maneira bastante ampla, tanto em escala quanto em tipos de espaços, pois por infraestrutura pode-se entender uma gama muito ampla de estruturas; por envolver um grupo muito heterogêneo de profissionais, como biólogos, engenheiros, arquitetos, entre outros. Por esse motivo, é

natural que haja divergências a respeito do entendimento que se faz da Infraestrutura Verde, na medida em que se olha sobre esta através das cores de diversas áreas de distintas de conhecimento.

Um exemplo dessas divergências pode ser observado em um artigo de Firehook (2010) no qual ela aponta o que considera como confusão que se faz no uso do termo, citando a definição de Infraestrutura Verde que a Agência de Proteção Ambiental Americana apresenta com relação à gestão de recursos hídricos através do uso de estruturas de drenagem LID (Low Impact Development) ou de BMP's (Best Management Practices). No documento intitulado "Managing Wet Weather with Green Infrastructure – Action Strategie – 2008" disponível na página da Agência Americana de Proteção Ambiental, a Agência descrever o que a Infraestrutura Verde pode ser: *"Green infrastructure is management approaches and technologies that utilize, enhance and/or mimic the natural hydrologic cycle processes of infiltration, evapotranspiration and reuse."* (EPA, 2008, p.5) Mesmo apresentado a definição proposta por Benedict e McMahon, os autores do documento ponderam que:

"for the purposes of our efforts to implement the Green Infrastructure Statement of Intent (discussed below), we intend the term "green infrastructure" to generally refer to systems and practices that use or mimic natural processes to infiltrate, evapotranspire (the return of water to the atmosphere either through evaporation or by plants), or reuse stormwater or runoff on the site where it is generated. "(EPA, 2008, p.4)

Tal característica é própria do modelo de drenagem sustentável. Estas intervenções não necessariamente são planejadas ou implantadas no contexto de uma Infraestrutura Verde, promovendo a conectividade biológica ou maximizando a cobertura vegetal. A abordagem da paisagem muitas vezes não está presente, de maneira que a conexão dos empreendimentos com o restante do sistema não existe. Outro caso citado pela autora é o de programas de certificação "verdes", como o LEED (Leadership in Environment, Energy and Design) que é desenvolvido pelo Green Building Council, voltado para a implantação de "bairros verdes". A certificação destes bairros não envolve necessariamente a aplicação de conceitos inerentes à Infraestrutura Verde.

A autora sustenta que a Infraestrutura Verde opera na escala da paisagem, olhando para além de lotes ou parcelas privadas. Em uma área urbana o foco de abordagem é a cobertura de dossel arbóreo, corredores verdes, córregos e matas ciliares, promovendo a conexão entre os parques e outras áreas verdes maiores. A partir desta visão macro, pode-se então estudar quais são os melhores locais para a implantação de estruturas como pavimentos permeáveis, jardins de chuva, cisternas e outras, articuladas com o restante da Infraestrutura Verde.

Sobre o Termo e a facilidade de comunicar

O termo Infraestrutura Verde foi cunhado, segundo Benedict e McMahon (2001) com o intuito de enfatizar as diferenças entre as práticas conservacionistas tradicionais e a necessidade de uma nova abordagem. O autor destaca três aspectos que são: a) a necessidade de preservação não como uma amenidade, mas como uma necessidade; b) a necessidade de uma visão de conexão entre o sistema de áreas naturais; c) a

percepção de uma estrutura que precisa ser ativamente manejada e mantida e que não é auto-sustentável. Ainda segundo os autores, embora o termo seja novo, a idéia não o é. Ela tem base em dois conceitos. Já no início do movimento de criação dos parques urbanos americanos no final do século XIX havia o entendimento de que uma rede de parques e áreas verdes conectadas tem um maior valor social. Exemplo deste pensamento é o “Emerald Necklace”, o sistema de parques implantado em Boston, concebido por Olmsted. O segundo conceito está ligado à ecologia e a conservação da biodiversidade. A preservação de áreas naturais é tão importante quanto possibilitar o fluxo entre estas áreas, garantindo assim a preservação das espécies e também dos processos naturais. O aspecto da sustentabilidade do sistema é um ponto comum a toda infraestrutura. Esta também precisa ser manejada e mantida para que as condições funcionais se preservem.

A facilidade de comunicar é um aspecto relevante para a adoção de um termo. Quando falamos de infraestrutura, já existe uma idéia relativamente estabelecida ligada às estruturas de serviços, como água, luz, o sistema viário. O termo já está incorporado ao cotidiano das pessoas e está ligado ao bom funcionamento dos serviços que a sociedade necessita. Também traz fortemente em si a idéia de operação de uma rede. Ao se falar em Infraestrutura Verde, existe o aproveitamento deste entendimento para valorizar algo do qual as pessoas não estão tão acostumadas a pensar, que é são os serviços ecossistêmicos prestados por estes espaços naturais ou espaços especialmente projetados e construídos. Essa facilidade de comunicação deve servir tanto na comunicação com a população em geral, quanto com os gestores e profissionais das variadas áreas de conhecimento.

A Infraestrutura Verde será tratada neste trabalho como uma rede de espaços, naturais ou não, preservados ou implantados para prover os múltiplos serviços ecossistêmicos necessários à sustentabilidade do meio urbano ou rural e a qualidade da vida humana e da biodiversidade que ali habita. Para tal, esta rede de espaços deve ser planejada, desenvolvida e mantida ativamente.

Ecologia da Paisagem e Infraestrutura Verde

Bennedict and McMahon (2006), reconhecem na ecologia da paisagem e na biologia da conservação as bases de conhecimento e ferramentas para planejar a Infraestrutura Verde para comunidades vegetais e animais ao longo do tempo. A conservação da biodiversidade e proteção de sistemas naturais é uma meta importante da Infraestrutura Verde, mas ela inclui também uma diversidade de elementos que podem não estar ligados a esta meta. Corredores verdes, parques ou outras áreas naturais possibilitam usos para o lazer, podem estar ligados a valores históricos ou preservam sítios arqueológicos. Também possibilitam o desenvolvimento de atividades econômicas como, por exemplo, uma horta comunitária inserida no meio urbano.

A ecologia da paisagem desenvolveu-se como área de estudo a partir da década de 1950, ganhando durante o período de 1980, quando os conceitos ganharam um corpo teórico baseado nos mosaicos de território. Como o próprio termo traz em si, a ecologia da paisagem trata das interações entre organismos e seu desenvolvimento em um espaço geográfico delimitado (a paisagem), onde determinado uso de solo e ecossistemas ocorrem (DRAMSTADT et al, 1996). Três características são inerentes à paisagem: *estrutura*, que é o arranjo espacial de seus elementos, *funcionamento*, os ciclos e movimentos de elementos naturais, como água, ar, energia, materiais e seres vivos, *mudança*, tanto na estrutura quanto no funcionamento ao longo do tempo.

Do ponto de vista estrutural, toda paisagem ou região é composta por três elementos universais.

- a) A matriz, base na qual se arranjam todos os elementos dessa paisagem, sendo os seus atributos definidos pela maneira como esta está organizada espacialmente (contínua, fragmentada, homogênea, etc.).
- b) As manchas, elementos que estão inseridos nas matrizes e cujos atributos estão ligados a características como forma, quantidade, tamanho, organização e distribuição.
- c) Os corredores, elementos que contêm a idéia de fluxo e conexão entre partes ou também de barreira, também tem os seus atributos ligados à forma.

Podemos ainda identificar uma quarta fisionomia que se relaciona com todos os outros elementos e só subsiste no contato entre eles, que são as bordas, zonas de transição entre a matriz, as manchas e corredores. As bordas têm as suas características determinadas pelas características das estruturas em contato.

Forman (1995) cita quatro padrões indispensáveis no planejamento da paisagem, relacionados aos três elementos universais da matriz..

- Grandes manchas de vegetação natural.
- Amplos corredores vegetados ao longo de cursos d'água
- Manutenção da conectividade entre as grandes manchas, aonde largos corredores ou grupos de trampolins ecológicos (pequenas áreas naturais) são os mecanismos considerados mais apropriados.
- Pequenos "pedaços heterogêneos de natureza" em áreas com desenvolvimento

humano, composto por pequenas manchas de vegetação natural e uma rede de corredores lineares.

A disposição e relação entre todos estes elementos nos dão a noção de um mosaico que é o resultado visual deste arranjo na paisagem. Este arranjo pode ser compreendido através do seu padrão e da escala. Seu “estado de saúde” pode ser analisado através do grau de conectividade entre todos os seus elementos naturais. A ecologia da paisagem é um instrumento poderoso para a análise e planejamento do território e particularmente valioso no estudo voltado a conservação da biodiversidade.

Estes padrões propostos por Forman estão muito ligados a áreas naturais e podem parecer pouco apropriados para serem aplicados nas áreas urbanas. Talvez por esse motivo os primeiros trabalhos embasados no conceito de Infraestrutura Verde tenham sido mais voltados para o planejamento de grandes áreas naturais.

Ahern (2007) destaca três idéias chave da ecologia da paisagem que são relevantes para a Infraestrutura Verde urbana:

Abordagem em múltiplas escalas da paisagem. As relações entre as diversas partes dos sistemas ecológicos funcionam em várias escalas, desde uma escala ampla, regional, até uma escala local. Existe uma hierarquia nestas relações. A análise destas relações leva a indicação dos pontos chaves de contato entre áreas, aonde importantes conexões existem ou deveriam ser feitas.

Reconhecimento das relações de padrões da paisagem e processos. A composição espacial e a configuração dos elementos da paisagem determinam como a paisagem funciona.

Conectividade funcional. A conectividade ilustra a relação entre a estrutura da paisagem e o seu funcionamento. Ela diz respeito ao grau do fluxo de energia, nutrientes, materiais e seres entre os elementos que compõe a paisagem.

Ahern (2007) relaciona alguns exemplos de elementos da paisagem classificados de acordo com o modelo de Matriz, mancha e corredor:

Matriz Urbana	Manchas Urbanas	Corredores urbanos
Bairros Residenciais	Parques, praças	Rios
Distritos Industriais	Campos de Esportes	Canais
Distritos Verticais / Centrais	Alagados	Vias de Tráfego
Distritos Comerciais	Jardins Comunitarios	Espaços sob Linhas de Força
Distritos de Uso misto	Cemitérios,	Caminhos a beira de Rios
	Campus Universitários	Caminhos a margem de Drenagens
	Depósitos de Lixo	
	Terrenos Baldios	

Figura 5: Quadro de exemplos de elementos da paisagem em áreas urbanas e a sua correspondência ao modelo Matriz, Mancha e Corredor. (Adaptado de Ahern, 2007)

Princípios de planejamento e desenho da Infraestrutura Verde

O planejamento e desenho da Infraestrutura Verde são particularmente desafiadores por considerarem de maneira conjunta características diversas da paisagem e uma série de funções e serviços ecossistêmicos. Este desafio se torna maior quanto mais o processo de antropização estiver consolidado, maior for o grau de degradação dos espaços naturais e menor conectividade entre estes espaços e funções.

A paisagem urbana difere muito de paisagens naturais ou abertas antropizadas. Geralmente não existem grandes áreas naturais que possam servir de abrigo às espécies mais sensíveis, nem corredores eficientes para o seu deslocamento em áreas urbanas. A natureza encontra-se fragmentada dentro da matriz urbana e esta é impermeável a uma série de fluxos entre os fragmentos. As bordas dos fragmentos e corredores são abruptas, com pouca ou nenhuma transição entre os ambientes que por sua vez são de naturezas extremamente contrastantes. O planejamento ecológico deve ter especial atenção na recuperação dos processos abióticos do meio, como o ciclo hidrológico e as condições climáticas, restaurando a paisagem, a conectividade entre os seus elementos e resgatando os processos tão necessários para a manutenção da vida. A partir deste ponto a recuperação de uma comunidade biológica começa a se tornar possível.

Benedict e McMahon (2006) propõem alguns princípios básicos de planejamento, implantação e manejo da Infraestrutura Verde.

a) Matriz para a conservação e o desenvolvimento: O planejamento e a preservação da infraestrutura verde têm como objetivos garantir a preservação e o restauro de áreas naturais e a conectividade necessária para garantir a preservação da biodiversidade. Em se tratando de áreas ainda não urbanizadas, este planejamento pode identificar aquelas que precisam ser preservadas, bem como a conectividade entre elas, permitindo um desenvolvimento urbano menos danoso. Em áreas urbanas ocorre processo semelhante, com maior ênfase na recuperação de áreas e conectividade.

b) Investimento público prioritário: Os serviços ecossistêmicos prestados pela Infraestrutura Verde devem ser considerados prioritários assim como são os serviços prestados pela infraestrutura cinza. Estes serviços podem ser quantificados possibilitando o entendimento, tanto do governante, quanto da comunidade do seu valor tanto sob os aspectos sociais, quanto financeiros.

c) Envolvimento de múltiplos interessados: A infraestrutura verde envolve grupos e pessoas que tem interesses e motivações diversas. Todas estas partes devem ter suas necessidades e desejos respeitados. Para o sucesso das ações, é necessário criar relações entre estas elas, uma aliança em torno de um projeto comum. A apropriação de um projeto por parte da comunidade é mais efetiva do que legislações ou regras, porque esta é mais sensível ao valor da terra, direitos e deveres da propriedade privada e autonomia da comunidade.

d) Planejamento e projeto antes do desenvolvimento humano: A recuperação de áreas degradadas é mais dispendiosa do que a sua preservação. Quando isto já não for mais possível, o planejamento da Infraestrutura Verde será norteador para indicar as

áreas prioritárias para a recuperação bem como outras estratégias visando a recuperação dos processos ecológicos e ambientais.

e) Multiplicidade de escalas e jurisdições: A Infraestrutura Verde pode ser planejada em várias escalas. Ela pode ser entendida desde uma escala que transcende a região até uma escala local, em uma comunidade. Novamente, é importante frisar que independente da escala, existe uma conexão com o entorno que precisa ser considerada. O contexto é fundamental, de maneira que ao se focar em um pequeno trecho da paisagem, este deve ser entendido em uma escala maior. Essa multiplicidade de escala pode resultar no envolvimento de atores de diversas jurisdições, desde a governança local, o envolvimento de um número maior de comunidades, passando pelo estado, federações, até o nível continental.

f) Conectividade: Tal quais as estruturas de serviço, como sistema viário e sistemas de telecomunicação que são planejados, implantados e operados em forma de rede para que funcionem corretamente, os elementos da Infraestrutura Verde devem atuar de maneira conectada e integrada. Esta integração refere-se não apenas aos elementos em si, mas também ao planejamento integrados entre as ações e planos desenvolvidos pela comunidade, governos e particulares.

g) Fundamentação em teorias e práticas científicas sólidas de planejamento urbano: O planejamento e projeto da infraestrutura verde dependem do conhecimento de várias áreas profissionais, como biólogos, arquitetos paisagistas, agrônomos, geólogos, engenheiros, geógrafos entre outros. As estruturas que compõe a Infraestrutura Verde são multifuncionais, de maneira que o seu entendimento, projeto e manejo devem ser abordados por diversas disciplinas e estas, com a suas fundamentações teóricas dão as bases para a Infraestrutura Verde.

Para Ahern (2007), o conceito de estrutura ecológica em rede está focado primariamente em promover a biodiversidade e é raramente aplicado no contexto urbano, mas isto vem mudando através do movimento de Infraestrutura Verde. Trazendo o foco para uma situação mais urbana, o autor propõe os seguintes princípios para o planejamento e desenho da Infraestrutura Verde:

a) Articular um conceito espacial. Conceitos espaciais guiam, comunicam e inspiram a essência de um plano ou estratégia de planejamento. Estes conceitos são comumente articulados como metáforas que ao mesmo tempo em que são muito acessíveis ao público, inspiram também o processo de planejamento.

b) Pensar estratégico. Usar uma abordagem apropriada para o contexto espacial e os objetivos planejados, incluindo estratégias de proteção, defensivas, ofensivas ou oportunistas. A diversidade da paisagem deve ser abordada pela diversidade de estratégias disponível.

c) Infraestrutura como meio para a sustentabilidade. A infraestrutura existente deve ser entendida e concebida como um meio de contribuir e alcançar um grau de sustentabilidade. Se ela é pensada apenas como meio de evitar ou diminuir impactos negativos do desenvolvimento, a possibilidade de inovação e de cumprir com outras funções torna-se muito limitada. Além de necessária, a Infraestrutura Verde é uma oportunidade para o desenvolvimento humano.

d) Planejar para múltiplos usos. A infraestrutura deve ser trabalhada de maneira criativa para encontrar novos caminhos para cumprir suas funções de maneira sustentável. Isto pode ser feito de duas maneiras: combinar funções em uma mesma estrutura, através de uma integração temporal de diferentes usos (como reservatórios de cheias que são usados para o lazer); integração vertical de elementos, onde um conjunto de elementos assume uma multiplicidade de funções (um jardim de chuva que dá suporte a arborização, regula tráfego e melhora a qualidade da água).

e) Aprender fazendo. Um desafio e ao mesmo tempo impedimento para a aplicação dos princípios da ecologia da paisagem são a ausência de evidências empíricas de intervenções específicas para locais determinados. Para isso, propõe-se como estratégia viável, abordagens adaptativas de planejamento, aonde ações são monitoradas e adaptadas à medida que são implantadas.

É claro que o que os autores propõem envolve uma mudança cultural da maioria das pessoas em relação ao papel da infraestrutura verde e de seus principais componentes. Ela precisa ser encarada como provedora de serviços ecossistêmicos de fato, e não como mera amenidade. Trata-se de uma necessidade para a cidade a qual não pode possível ser substituída por obras de engenharia ou equipamentos climatizadores.

A infraestrutura Verde também é caracterizada pela diversidade, na forma e no planejamento, por sua multifuncionalidade e amplitude de escalas. Isto implica também em uma democratização do processo de planejamento e gestão, por envolver um grande numero de interessados e uma grande variedade de profissionais, bem como transparência dos planos e ações.

A Floresta Urbana

Miller (1997) define a floresta urbana como **toda a vegetação arbórea e vegetação associada a esta dentro e ao redor das cidades**. Esta definição abrangente inclui toda a vegetação arbórea presente na cidade, desde as florestas mais preservadas em unidades de conservação, passando por parques, praças, até as árvores isoladas em quintais ou no sistema viário. Tal definição traz em seu bojo algumas premissas.

- tem seu foco voltado para a vegetação arbórea, embora não exclusivamente, ao incluir a vegetação associada às árvores. No entanto, não define claramente os limites desta vegetação associada.
- tem uma delimitação geográfica baseada na urbanização, embora não estabeleça claramente esta extensão. Esta extensão depende da administração local, é um artifício humano.

Magalhães (2006) informa que o termo “Urban Forest” foi traduzido inicialmente no Brasil como Arborização Urbana, com definição semelhante, em termos de abrangência daquela apontada por Miller. Ele cita Milano (1994) que conceitua a Arborização Urbana como o “conjunto de terras públicas e privadas com vegetação predominantemente arbórea ou em estado natural que uma cidade apresenta”.

Nowak et al (2010), ressaltam os serviços sociais, econômicos e ambientais que a floresta urbana presta a comunidade e que estes se tornarão cada vez mais importantes na medida em que as áreas urbanas se expandem.

A definição proposta por Miller é ampliada por Moll (1995, p1), que considera que “(...) *an urban forest is the area in and around the places we live that has or can have trees.*” Isto inclui as áreas em processo de urbanização, vias e espaços livres ainda não arborizados, a franja urbana, e também as áreas rurais que serão objeto de urbanização.

Moll (1995) e Clark et al (1997) atentam para o fato de que a delimitação do espaço geográfico desta floresta deva ser regida pela área de influência da cidade. Mas o seu planejamento e gestão não obstante os limites político-administrativos devem considerar as relações ecológicas com o entorno.

Segundo Magalhães (2006) diversos autores discordam da utilização do termo Floresta Urbana para designar todo o conjunto da vegetação urbana. Ele aponta três aspectos principais para justificar essa discordância:

- O primeiro é o fato de que a definição deveria considerar aspectos estruturais e funcionais dos componentes desta floresta, onde árvores isoladas e fragmentos têm diferenças significativas.
- O segundo aspecto refere-se às práticas de manejo adotadas em relação a árvores isoladas, notadamente aquelas situadas em vias públicas e aquelas adotadas no manejo de fragmentos florestais.
- Por fim, o terceiro aspecto refere-se à terminologia adotada para as práticas de plantio e manejo em relação a árvores isoladas (arborizar, arboricultura) e para os fragmentos florestais ou áreas de recuperação florestal (reflorestar, silvicultura).

Considera ainda o autor, que a tradução ou adoção de um termo encontra-se em fase de consolidação. Para ele, ambos os termos (arborização urbana ou floresta urbana) não abarcam de uma maneira confortável todo o conjunto da vegetação. Mesmo concordando com as diferenças apontadas por este autor, podemos argüir que o uso do termo Floresta Urbana não impede que se olhe de maneira diferenciada para os diferentes arranjos dessa floresta, nem que manejos sejam realizados de maneira diferenciada para cada parte desta floresta. Assim, cabem em uma floresta urbana tanto as atividades de arborizar como as de reflorestar.

O problema do termo utilizado pode ser considerado uma questão cultural, e do mesmo modo que se evolui para novas terminologias e denominações, estes podem (e devem!) evoluir na medida em que o olhar sobre este conjunto (as árvores da cidade) se modifica. Konijnndijk (2003) aponta que o termo também gerou confusão ao ser introduzido na Europa, por conta de que a existência de florestas no interior e no entorno imediato das cidades é um fenômeno muito europeu. Lá existe uma longa história de conservação e manejo destas áreas, denominadas florestas, bosques e outros termos correlatos. Somente a partir da década de 1990, com a emergência de uma comunidade de pesquisadores, políticas e programas, e com a incorporação do conceito nas universidades é que ele passou a ser amplamente adotado.

Entre nós, o termo Floresta Urbana também causa certa confusão, talvez a mesma descrita por Konijnndijk (2003), pois por Floresta temos um entendimento, uma imagem de ambiente selvagem, dominado por uma massa vegetal arbórea contínua. Mas a explicação do termo é clara, simples. Talvez seja menos intuitiva do que o termo Infraestrutura Verde, mas nos parece ser sim adequado para transmitir uma idéia de conjunto das árvores existentes na cidade e tudo o que a elas se agrega.

O espaço das Florestas Urbanas

Caporusso e Matias (2008) discutem a questão dos termos mais utilizados para designar a vegetação urbana concluindo que o mais utilizado é área verde. Espaços livres, áreas livres, arborização urbana, verde urbano, também são usados no meio científico para designar a vegetação intra-urbana. Para os autores

“(...) a necessidade de padronização e adequação do conceito de áreas verdes urbanas é latente nos dias atuais, visto que o planejamento urbano precisa atender as necessidades da sociedade, que vive em ambientes cada vez mais artificiais, e evitar o declínio da qualidade de vida nas cidades.” (CAPORUSSO e MATIAS, 2008, p.83)

A observação feita pelos autores remete à necessidade de adoção de indicadores precisos, que não dêem margem de dúvida em relação ao que englobam. A manipulação política de índices, um uso confuso ou distorcido dos conceitos leva a distorção daquilo que geralmente se pretende: um indicador da qualidade de vida urbana. A necessidade de um índice confiável é apontada por Nucci (2008), que cita fontes diversas indicando índices de áreas verdes diferentes para o município de São Paulo em um mesmo período. Mesmo assim, o autor atribui estas “divergências” não à falta de uma definição, mas por conta da metodologia de coleta de dados.

Guzzo et al (2006) define como **espaços livres** todas as áreas não edificadas, de propriedade pública ou privadas, independentemente de seu uso. Segundo o mesmo autor, as **áreas verdes** compõem um tipo especial de áreas livres, onde os elementos fundamentais de sua composição são a vegetação e o solo permeável. Assim, toda a área verde é necessariamente um espaço livre, mas o inverso não, pois existem diversos espaços livres completamente impermeabilizados e com total ausência de vegetação. Llardent (1982), citado por Nucci (2008) define área verde como qualquer espaço livre no qual predominam as áreas plantadas com vegetação. Tal afirmação pode gerar confusão em relação ao que se entende como predomínio de áreas plantadas com vegetação. Guzzo et al (2006), concorda com Llardent e complementa que uma área verde deve ter pelo menos 70% de seu espaço coberto por vegetação em solo não pavimentado.

Lima et al (1994, p. 548), num trabalho que envolveu uma ampla consulta a instituições de pesquisa, ensino e planejamento ambiental propõem as seguintes definições que diferencia a vegetação associada a áreas livres ou indivíduos isolados.

*“**Área Verde:** onde há o predomínio de vegetação arbórea; engloba as praças, os jardins públicos e os parques urbanos. Os canteiros centrais e trevos de vias públicas, que tem apenas funções estética e ecológica, devem, também, conceituar-se como Área Verde. Entretanto, as árvores que acompanham o leito das vias públicas, não devem ser consideradas como tal.”*

*“**Arborização Urbana:** diz respeito aos elementos vegetais de porte arbóreo, dentro da urbe, tais como árvores e outras. Nesse enfoque, as árvores plantadas em calçadas, fazem parte da Arborização Urbana, porém, não integram o Sistema de Áreas Verdes.”*

Lima et al (1994), ainda hierarquizam os diversos tipos de áreas verdes (públicas, privadas, praças, parques, etc.). As áreas verdes privadas muitas vezes são relegadas a um segundo plano no planejamento e nas legislações referentes à arborização. Estas representam uma boa porção das áreas urbanas e desempenham igualmente funções ambientais, ainda que o acesso livre à comunidade seja cerceado. A importância de áreas verdes privadas para o ambiente urbano deve ser reconhecida e objeto de políticas públicas para a sua preservação como um bem comum. Clark et al (1997) destacam que estas comportam a maior porção da floresta urbana nas cidades americanas, daí a necessidade de um olhar sobre elas.

As áreas verdes apresentam diferenças significativas em relação a indivíduos isolados quando se trata de benefícios ambientais. Um primeiro aspecto diz respeito à permeabilidade do solo. Geralmente estas áreas apresentam uma área permeável significativa, muito maior do que as áreas de canteiros de indivíduos isolados. A sua importância para a infiltração de água é maior. Da mesma maneira, áreas com maior permeabilidade favorecem um melhor desenvolvimento e porte dos indivíduos arbóreos, como já apontado por diversos autores (MILLER, 1997; TROWBRIDGE e BASSUK, 2004). Árvores com melhor desenvolvimento podem desempenhar melhor as funções ambientais. As áreas verdes são mais vantajosas do que indivíduos isolados na melhoria microclimática, como proteção a biodiversidade e extremamente relevantes em relação a aspectos sociais e estéticos, para as comunidades que as frequentam. São elas que oferecem uma importante oportunidade de convívio, lazer e recreação para as pessoas, sendo significativas na imagem da cidade.

A Floresta Urbana enquanto ecossistema

A utilização de vegetação não arbórea associada a espaços construídos é uma tendência no mundo atual, e vem sendo objeto de políticas públicas, com programas de incentivo e regulamentações específicos. Tetos verdes, paredes vegetadas, jardins de chuva, alagados construídos fazem parte de um novo conjunto de estruturas onde a vegetação tem papel fundamental na prestação de serviços ecossistêmicos às comunidades urbanas. Considerando-se a observação feita por Nowak et al (2010), seria importante ampliar a definição de Floresta Urbana com a inclusão de toda a vegetação da cidade e não apenas aquela associada às árvores, como proposto por Miller.

Diversas intervenções urbanísticas “radicais” em grandes centros urbanos ampliam enormemente as possibilidades de expansão do conceito de floresta urbana, de inclusão de todo o território potencialmente vegetável, como proposto por Moll (1995). Seul (rio Cheonggyecheon), Nova Iorque (High Lane Park), Duisburg (Landschaftspark Duisburg Nord), Paris (Promenade Plantée), e muitas outras cidades outras implantaram áreas verdes onde isto não era imaginado. Será que ao propor a inclusão nesta floresta de áreas que podem vir a ter árvores, Moll referia-se também a estes espaços? Será que dentro de um planejamento da cidade estes foram considerados sob essa ótica? Nos parece que a proposição feita por Moll está mais ligada a necessidade de um melhor planejamento desta floresta no sentido de que seja garantido o espaço e as condições necessárias para o seu pleno desenvolvimento. Nisto incluem-se aqueles sítios que deveriam ser objeto de um tratamento pela arborização, como novos empreendimentos, estacionamentos e outros espaços que a própria legislação urbanística muitas vezes já prevê para tal.

Considerando que do ponto de vista ambiental o uso da vegetação ocorre para além da arborização, como no caso de tetos verdes, jardins de chuva, paredes vegetadas entre outros, e considerando também a dificuldade em se estabelecer claramente as áreas que “podem vir a ter árvores”, como defende Moll, uma definição de floresta urbana deveria ser aplicada a todo conjunto da vegetação existente na área urbana. Esta área é definida a partir do planejamento urbano, ou seja, onde a urbanização está presente ou se pretenda implantá-la. Indo além, poderíamos ousar denominar de Floresta Urbana todo o conjunto da biodiversidade, vegetal ou não, típico deste ecossistema dominado pela mão humana, a cidade.

Para este trabalho estaremos considerando a Floresta Urbana como sendo o conjunto da vegetação arbórea e não arbórea presente nas cidades e no seu entorno imediato. Diferente do proposto por Moll, a Floresta Urbana aqui considerada se limita à vegetação existente, não englobando as áreas que ainda serão vegetadas através de uma ação planejada ou não. Mas seu planejamento não deve deixar de considerar a ampliação da Floresta Urbana, nas áreas que serão objeto de ampliação da cobertura vegetal e até de novas áreas verdes da cidade.

Floresta Urbana e Infraestrutura Verde

A relação entre a Floresta Urbana e a Infraestrutura Verde é direta. Mesmo não sendo o único elemento da Infraestrutura Verde urbana, diversos autores consideram a vegetação, em especial as árvores, como sendo principal ou essencial componente

desta (NOWAK, 2010; STALEY, 2009). A Infraestrutura Verde de uma cidade engloba não apenas a Floresta Urbana, mas também rios, lagos e espaços, vegetados ou não, que desempenham funções ambientais. Ao adentrarmos o ambiente urbano acrescenta-se a estes espaços, estruturas construídas com o intuito de desempenharem funções ambientais, tais como tetos verdes e paredes vegetadas, jardins de chuva e outras estruturas destinadas a aumentar o período de retenção das águas de chuva da bacia.

A Infraestrutura Verde, por tudo o que foi visto, é mais ampla que a Floresta Urbana sendo que esta (a Floresta Urbana) está imersa na primeira. Nucci (2008, p. 24) afirma que:

“Dentro da linha metodológica do Planejamento da Paisagem, quando se fala em planejar com a natureza, está se falando principalmente da vegetação. É a partir dela que muitos problemas serão amenizados ou resolvidos e, portanto, a cobertura vegetal, tanto em termo qualitativo como quantitativo e também sua distribuição espacial no ambiente urbano, deve ser cuidadosamente considerada na avaliação da qualidade ambiental.”

Portanto, ao falarmos de planejamento e desenho da Infraestrutura Verde estaremos tratando também em grande parte de planejamento e desenho da Floresta Urbana e vice versa. O planejamento da Infraestrutura Verde deve considerar além de todos os aspectos já tratados, aqueles inerentes à própria vegetação que será utilizada em seu desenho. Se estivermos tratando de árvores, o espaço necessário para o seu pleno desenvolvimento, o solo em quantidade e qualidade adequadas, as características de cada espécie devem ser consideradas.

A Gestão das Florestas Urbanas. Modelo para o desenvolvimento de florestas urbanas sustentáveis. Exemplos de planejamento das florestas urbanas no Brasil – plano diretor de arborização urbana – e nos Estados Unidos – Plano de Manejo

Valoração dos serviços ambientais das Florestas Urbanas. A valoração dos indivíduos arbóreos e a valoração ecossistêmica das florestas urbanas – quantificando os benefícios. O índice de cobertura arbórea e a sua relação com serviços ecossistêmicos. O uso de modelos para avaliar a estrutura da floresta urbana, o seu estado e os serviços ecossistêmicos por ela prestados.

Floresta Urbana e vias públicas. A importância da via pública como espaço para a arborização. A evolução no uso deste espaço, o impacto do automóvel e a busca por um novo paradigma. Novos princípios para o desenho do sistema viário. O espaço para a árvore, pedestres, automóveis e serviços. Parâmetros de distanciamento de árvores e canteiros.

A Gestão da Floresta Urbana

Para Von Gadow (2002), as paisagens florestais são ambientes complexos e a sua gestão exige pleno conhecimento, planejamento e manejos baseados em técnicas científicas sólidas, mesmo princípio adotado por Benedict e McMahon (2003) no planejamento da Infraestrutura Verde. Tratando-se de um bem público este manejo deve ser transparente e integrar a comunidade em seu planejamento e consecução. Este planejamento deveria ser uma questão obrigatória. No caso brasileiro esta regulamentação (ou não) depende da postura de cada município em relação ao tema. A participação da comunidade e dos interessados na questão é um ponto chave para o desenvolvimento de planos, uma cultura que ainda está bem aquém do ideal em nosso país, seja pela falta de interesse dos governantes, seja pela falta de uma cultura participativa da população em geral.

A elaboração de um plano específico para a floresta urbana deve estar inserido e articulado com o planejamento da cidade como um todo. A existência de um plano para a gestão da floresta urbana por si só não garante essa integração, mas pode ser um facilitador para a integração entre os diferentes agentes que atuam sobre o território. Dentro do conceito da Infraestrutura Verde é importante que haja uma forte articulação do planejamento da floresta urbana com a drenagem, com o sistema de áreas verdes, com o planejamento voltado ao sistema viário e demais políticas que possam incidir sobre a manutenção dos serviços ecossistêmicos e sociais prestados pelos elementos da floresta urbana. Resumidamente, o plano deveria ser uma forma de estabelecer uma conexão entre os agentes, as instituições e os diferentes níveis de planejamento que incidem sobre a cidade, na sua elaboração e aplicação.

No Brasil tem-se adotado a figura e o termo plano diretor como instrumento de diretrizes para o desenvolvimento e em especial para a gestão do uso e ocupação do solo urbano. Nos Estados Unidos várias cidades adotaram a figura de Plano de Gestão ou Plano de Manejo. O plano diretor é previsto pela constituição federal e regulamentado através do Estatuto da Cidade que *“estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental”*. (BRASIL, 2001, Art. 1)

A obrigatoriedade a nível nacional de um planejamento da arborização urbana ainda é objeto de discussão e não foi regulamentada. Entretanto, está em tramitação no congresso nacional a alteração do estatuto da cidade para a inclusão em seu artigo 42 da necessidade de elaboração de um Plano Diretor de Arborização Urbana pelos municípios, e estabelece alguma diretriz de conteúdos. O a ser desenvolvido deverá, conforme o previsto no projeto de lei (BRASIL, 2008, Art. 2º):

“estabelecer normas sobre o plantio e a conservação de árvores nos logradouros públicos da cidade e deve abranger, pelo menos:

I – o inventário quantitativo e qualitativo da arborização urbana;

II – o planejamento das áreas públicas a serem objeto de plantio, garantindo, sempre que possível, a conservação das árvores existentes no local;

III – definição das espécies a serem utilizadas, respeitando-se o limite mínimo de 60% do total de árvores plantadas oriundas dos ecossistemas nativos da região e a diversificação de seu uso;

IV – programa de educação ambiental com vistas a garantir a efetiva participação da população no trato da arborização; e

V - as normas relativas à produção de mudas, plantio, porte das árvores, manejo, podas, conservação e transplante, considerando-se as condições ambientais de acesso, circulação e segurança dos logradouros a serem arborizados.”

O que está sendo proposto como norma no caso brasileiro é em parte o que já vem sendo adotado por algumas municipalidades que se debruçaram sobre o tema. Mas o que está sendo proposto como “agenda mínima” é insuficiente, uma vez que tem o seu foco muito voltado para a arborização do sistema viário. Falta uma noção do todo, no que a própria definição de floresta urbana pode ser útil, para que o planejamento e gestão dessa seja o mais inclusivo possível. Visto que ele já fará parte de um plano maior (o plano diretor municipal) e que também outros planos acessórios a esse plano diretor são previstos (como um plano diretor de drenagem), é importante que estes sejam articulados entre si, como já foi mencionado, sendo a Infraestrutura Verde o elemento articulador entre os espaços destinados a sustentabilidade ambiental da cidade.

Modelos de Planos de Gestão

Para colaborar na elaboração de planos de gestão de florestas urbanas, Clark et al (1997) desenvolveram um modelo para o desenvolvimento de florestas urbanas sustentáveis. Este modelo se aproxima dos princípios já discutidos em relação a Infraestrutura Verde. A noção de sustentabilidade da floresta urbana usada no modelo está ligada a definição cunhada pela comissão Brundlandt em seu relatório “Para o nosso Futuro Comum”, na qual o manejo sustentável da floresta urbana visa suprir as necessidades das presentes gerações sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Para os autores, não há como se conceber a idéia de floresta urbana sustentável sem a intervenção ativa do ser humano. O modelo proposto parte do princípio de que a comunidade aceite algumas idéias, o que chamaremos de visão comum da floresta urbana: Primeiro, de que a Floresta Urbana traz uma ampla gama de benefícios. Segundo, que a Floresta Urbana exige a intervenção humana para a sua conservação, como já exposto acima; e por último, que esta floresta tem limites geográficos definido e estabelecidos em função da existência da urbe.

Os autores propõem um plano de gestão que seja baseado em três áreas, ou componentes, para cada um dos quais são apontados diversos critérios relacionados a objetivos específicos, todos eles relacionados a sustentabilidade da floresta. A partir dos objetivos específicos, com o auxílio de indicadores é possível avaliar a sustentabilidade da floresta. Os componentes da Floresta Urbana são:

- o patrimônio vegetal, que é a floresta em si;
- a estrutura comunitária, que é a comunidade como um todo, que se beneficia utiliza e interage com esta floresta;

- a administração da floresta urbana, que diz respeito a estrutura de gestão dessa floresta.

Para cada componente são eleitos os critérios de avaliação e objetivos específicos, conforme exemplificado no quadro abaixo:

Componente	Critério (exemplo)	Objetivo Específico (exemplo)
Patrimônio Vegetal	Cobertura arbórea.	Atingir um grau de apropriado de cobertura arbórea na escala da cidade
Estrutura Comunitária	Interação entre cidadãos, governo e setor privado	Todos os constituintes da comunidade interagem em benefício da floresta urbana.
Administração da Floresta Urbana	Plano de Manejo em escala municipal	Desenvolvimento e implementação de um plano de manejo da floresta urbana em áreas públicas e privadas

Figura 6 – Quadro de exemplo da relação entre critério de avaliação e objetivo para diferentes componentes da Floresta Urbana

Seguindo adiante, cada critério pode ser avaliado a partir do objetivo específico que se pretenda alcançar, com o uso de indicadores apropriados, conforme exemplo abaixo:

Objetivo específico (exemplo)		Desenvolvimento e implementação de um plano de manejo da floresta urbana em áreas públicas e privadas
Critério		Plano de Manejo em escala municipal
Indicador de Performance	Baixa	Inexistência de Plano
	Moderada	Plano existente limitado quanto ao escopo e implementação
	Boa	Plano a nível governamental aceito e implementado em todos os setores administrativos
	Ideal	Plano implementado e aceito em todos os setores governamentais, sociedade civil e privada

Figura 7 – Exemplo de avaliação do grau de desenvolvimento de um objetivo específico da gestão da floresta urbana. No caso foi escolhido um objetivo relacionado a administração da Floresta Urbana.

Tal qual o modelo proposto por Clark e colaboradores, o modelo proposto pela Comissão de Silvicultura da Georgia (GEORGIA FORESTRY COMMISSION, 2001) também parte da premissa de uma visão comum por parte de toda a comunidade em torno da floresta urbana.

Esta visão comum também é a primeira das 4 partes do plano. A segunda parte do plano trata de modelos para auxiliar a comunidade (sociedade civil, iniciativa privada e governo) a criarem espaços para a implantação da floresta, respeitando o desenvolvimento econômico. A criação de espaços para plantio se com a organização e educação da comunidade para implantar e manter a floresta urbana, através de aquisição ou destinação de áreas para plantio e através de mecanismos regulatórios que resultem no aumento da cobertura arbórea. A terceira parte do plano é relacionada com a preservação e manutenção da floresta e organiza os diversos conhecimentos e técnicas necessárias para tal na forma do manejo e gestão propriamente dito. A última traz ferramentas para avaliar o sucesso do plano seja no momento de iniciar um programa dessa natureza, seja para a avaliação de um programa existente.

Figura 8 – Modelo de Floresta Urbana da Geórgia (Fonte: Georgia Forestry Commission, 2001)

Os autores comparam o modelo de desenvolvimento urbano existente ao proposto pelo plano em relação às árvores:

Modelo de desenvolvimento existente	Modelo de Floresta Urbana
Árvores tem baixa prioridade	Árvores tem prioridade equivalente
Árvores como ornamento	Árvores como infraestrutura
Árvores Individuais	Maciços Arbóreos
Arvores ornamentais e pequenas	Árvores de copas extensas
Pavimentação	Cobertura vegetal de solo
Manejo de árvores	Manejo da floresta
Desenho baseado na estética	Desenho de base ecológica e solo

Figura 9 – Atual modelo de gestão da floresta urbana comparado ao modelo proposto pela Georgia Forestry Commission (GEORGIA FORESTRY COMMISSION, 2001)

Os modelos apresentados têm o objetivo de apoiar as municipalidades a elaborar o seu planejamento. O primeiro modelo traz uma proposta mais abrangente ao se debruçar com bastante cuidado sobre o aspecto da estrutura administrativa pública e também do envolvimento da comunidade no planejamento e consecução do plano. Já o segundo modelo tem um foco mais objetivado na ampliação da cobertura arbórea, através da criação de espaços para o plantio e desenvolvimento das árvores. Ambos trazem importantes reflexões para a ampliação do debate em torno do planejamento da Floresta Urbana teremos a partir da entrada em vigor da alteração do Estatuto da Cidade.

Exemplos de planejamento da Floresta Urbana.

Brasil – Planos Diretores de Arborização Urbana

Algumas cidades brasileiras já adotaram a ferramenta de Plano Diretor de Arborização Urbana, entre elas Porto Alegre, Goiânia e Vitória. Sanches et al (2009) fizeram a análise

comparativa dos planos de Porto Feliz, Porto Alegre, Goiânia e Vitória, em relação a inventário da vegetação arbórea, diagnóstico e planejamento. Dos quatro planos, o de Vitória é o mais antigo e o de Porto Feliz encontrava-se em fase de elaboração.

Os autores verificaram na análise dos planos que no inventário da vegetação arbórea, as variáveis quantitativas e qualitativas utilizadas foram semelhantes, mas com diferenças quanto a métodos de amostragem, inclusive possibilitando algum tipo de erro, como no caso de Goiânia e Vitória. Os inventários precisam ser complementados, nos casos de Goiânia, Vitória e Porto Feliz. Todos os planos apresentam cadastramento georreferenciado das árvores. No caso do diagnóstico, os resultados dos inventários foram fundamentais para subsidiar as propostas dos planos. Os planos fizeram referência ao grau de diversidade de espécies, apontando para a necessidade do seu aumento. A taxa de necessidade de manejo teve destaque em Porto Feliz apontando a necessidade de manejo em 84% das árvores. No caso de Goiânia, chegou-se até a informações que relacionam queda de árvores com adaptabilidade de espécie.

Em relação ao planejamento, Goiânia e Vitória apresentaram grande semelhança em relação aos programas. Os de Vitória, bem descritos, contemplam plantio, manejo, monitoramento, educação ambiental, produção de mudas, convênios e cadastramentos informatizados. Goiânia tem um programa voluntário de plantio. Porto Alegre, Goiânia e Vitória apresentam um importante volume de informações técnicas e regras que poderiam estar em anexos ao plano. O plano de Goiânia apresenta também um trabalho de planejamento paisagístico com definição das espécies a serem plantadas por quadra viária.

Figura 10 – Exemplo de mapeamento da vegetação arbórea no município de Goiânia. Fonte: PDDAU Goiânia

Plano Diretor de Arborização Urbana de Porto Alegre

O plano diretor de arborização de Porto Alegre data de março de 2000, mas somente em novembro de 2006 foi oficializado através de resolução do conselho municipal de meio ambiente.

O plano mescla diretrizes de planejamento, normas técnicas para produção, plantio e manejo de mudas, estabelece diretrizes para a elaboração de um plano de Manejo da arborização e também regras para transplantes, remetendo a questão das autorizações de poda para legislação específica. Interessante apontar que o Plano Diretor em seu caput considera a “existência da Floresta Urbana na cidade de Porto Alegre” como fundamental para a manutenção da qualidade de vida da população. A floresta urbana mencionada refere-se claramente àquela definida por Miller (1997).

A existência do plano é considerada estratégica e fundamental para o desenvolvimento da floresta urbana de Porto Alegre, pois trouxe um status a arborização exigindo dos demais atores (arquitetos, engenheiros, concessionárias de serviços), uma nova postura em relação a arborização.

O plano vigente atende a todos os itens propostos na alteração do Estatuto das Cidades e está centrado em 5 objetivos principais:

- definir diretrizes de planejamento, implantação e manejo da Arborização Urbana,
- promover a arborização enquanto instrumento de desenvolvimento urbano e qualidade de vida,
- implementar e manter a arborização urbana visando a melhoria da qualidade de vida e equilíbrio ambiental,
- estabelecer critérios de monitoramento e dos órgãos públicos e privados que tenham atuação sobre a arborização urbana,
- Integrar e envolver a população com vistas a manutenção e preservação da arborização urbana.

As diretrizes referentes a estes objetivos foram tratadas em um capítulo, sendo o envolvimento da população tratado em um capítulo a parte, talvez para dar destaque a esta questão. Sobre as diretrizes o plano estabelece algumas com bastante clareza, mas deixa outras sem um melhor direcionamento. Exemplos disso são diretrizes como: manter no mínimo 40% de área vegetada no passeio público ou, respeitar o percentual mínimo de 70% de espécies nativas, que tem aplicação clara e imediata. Outras dependem de normas para a sua consecução, detalhamentos que não estão explícitos no plano. Da mesma maneira, normas de produção, padrão de mudas, plantio, poderiam ser objeto de legislação complementar, como portarias, o que facilitaria a sua revisão sem a necessidade de uma revisão de todo o plano.

No que tange a participação da população, o plano atribui ao executivo a obrigação de desenvolver programas de educação ambiental, com objetivos diversos:

- Conscientizar para a importância da manutenção e preservação da arborização, da importância das espécies nativas e manutenção de equilíbrio ecológico, da construção de canteiros em torno de cada árvore;
- reduzir a depredação e o número de infrações administrativas relacionadas a danos a arborização

- convênios com universidades para pesquisas relacionadas a arborização
- compartilhar ações público-privadas para viabilizar a implantação e manutenção da arborização através de instrumentos de co-gestão com a sociedade.

O restante do plano trata de normas mais específicas relacionadas à produção de mudas, plantio, manejo, podas e transplantes, que poderiam ser objeto de legislações específicas, com exceção da parte que trata do Plano de Manejo. Este plano deveria estabelecer metas para implantação do Plano Diretor, procedimentos administrativos, zoneamentos, identificar espécies adequadas e indesejadas para a arborização, metodologias para diferentes manejos da vegetação, dimensionamento de equipes, equipamentos entre outros. O Plano de Manejo é uma peça chave do Plano diretor, pois através dele diretrizes passam a ter as suas estratégias e ações definidas e planejadas, tanto em relação a metas quanto a forma de executar. Este plano de manejo nunca chegou a ser elaborado.

Estados Unidos – Plano de Manejo da Floresta Urbana de Seattle

Baseado no modelo proposto por Clark et al (1997) a cidade norte americana de Seattle desenvolveu um plano de manejo para a sua floresta urbana. O plano tem como visão que: “A floresta urbana de Seattle é uma mistura dinâmica e sustentável de espécies em diferentes idades, criando ecossistemas contíguos e saudáveis que são valorizados e cuidados pela cidade e todos os seus cidadãos como um patrimônio ambiental, econômico e comunitário essencial.” (SEATTLE, 2007. p3.)

O objetivo do plano é direcionar um amplo espectro de ações para o desenvolvimento de uma floresta sustentável em Seattle. Trata-se de um plano de 30 anos, que recomenda os passos que a cidade deve dar para preservar as suas árvores e alcançar o desenvolvimento que se pretende chegar: a da “cidade em meio às árvores.”

Os quatro princípios básicos do plano são:

- Sustentabilidade como um objetivo amplo que resulta em na manutenção das funções e benefícios sociais, econômicos e ambientais ao longo do tempo.
- A floresta urbana presta serviços mais do que fornece produtos.
- A sustentabilidade da floresta urbana requer intervenção humana.
- Árvores que crescem em terrenos particulares são os maiores componentes desta floresta.

O diagnóstico da vegetação constatou que atualmente a cobertura arbórea da cidade está em torro de 18%, já tendo sido 40% em passado recente. Bordos (maples) e amieiros (alders) antigos compõem 70% da cobertura florestal. Em ambientes urbanos, 40% das árvores são pequenas, decíduas e sem copa expansiva. Com base nisso, a cidade estabeleceu uma meta de cobertura geral de 30%, num horizonte de 30 anos. Esta cobertura é projetada de maneira diferenciada como pode ser visto no quadro abaixo.

Tabela 2.1 – Quadro de cobertura arbórea por categoria de uso do solo, Seattle – Estados Unidos. Quadro atual de cobertura e número de árvores e metas propostas em porcentagem e número de árvores plantadas. (Seattle, 2007)

Categoria de uso de solo	Cobertura Atual	Arborização Atual	Cenário 30 anos	Árvores necessárias
Residências Unifamiliares	18%	473.300	31%	350.200
Residências Multifamiliares	13%	103.400	20%	56.000
Áreas de uso misto	8%	49.700	15%	44.400
Centro	9%	9.700	12%	3.800
Propriedades Industriais	8%	68.100	10%	18.100
Principais propriedades institucionais	15%	14.600	20%	5.000
Praças e Boulevards Urbanizadas	19%	90.000	25%	28.400
Áreas Naturais	64%	568.700	80%	143.200
Cidade como um todo	18%	1.377.500	30%	649.100
Corredores de transporte – arborização viária (área inclusa nas outras categorias)	16%		24%	-

Além da meta de cobertura, o plano apresenta uma série de programas, ações, com metas e cronogramas a serem atingidos. Estas metas são anuais e plurianuais. Sua revisão ocorre a cada 5 anos. A fim de coordenar as ações entre os departamentos, o desenvolvimento de políticas, a distribuição de recursos, a cidade de Seattle criou em 1994 um grupo interdepartamental denominado Coalizão da Floresta Urbana. Ele agrega 9 diferentes departamentos (equivalente a secretarias) que tem atuação sobre a floresta urbana e é liderado pelo departamento de sustentabilidade e meio ambiente. Este grupo acompanhou a elaboração do plano e é responsável pela sua implementação.

Qualquer que seja a ferramenta adotada e concordando com o proposto nos dois modelos americanos, é importante que haja realmente um trabalho no sentido de se criar uma visão de floresta urbana ou de arborização para a cidade que seja compartilhada **por toda a sociedade**. Esta visão deve ser construída democraticamente. A ausência deste entendimento leva a conflitos em todas as esferas da sociedade. Na esfera governamental, os órgãos de preservação e manejo da floresta estarão em constante conflito com os responsáveis pela infraestrutura cinza (construída) da cidade se ambos não entenderem que ambas devem ter o seu espaço garantido. O mesmo se aplica a sociedade civil e a privada, geralmente alijadas do processo de decisão e do processo de planejamento.

No caso brasileiro, a necessidade de elaboração de um plano de gestão para a floresta urbana, a partir da exigência legal deve ser encarada como uma oportunidade pelos municípios. Oportunidade para mostrar o valor da floresta urbana e os importantes benefícios que esta presta a sociedade. Oportunidade para construir de maneira transparente um modelo que beneficie a cidade, construção que deve se dar com a comunidade e não apenas para a comunidade, como estamos acostumado a ver. E oportunidade para ir além do que a legislação exige e criar um instrumento de planejamento ambiental para a melhoria da qualidade de vida da cidade.

Valoração de serviços ecossistêmicos das Florestas Urbanas

A valoração dos serviços ecossistêmicos prestados pela vegetação é importante para o planejamento das florestas urbanas e principalmente na argumentação em favor da sua preservação, manutenção e expansão. Procura-se também através dessa valoração estimar em que grau a floresta está desempenhando os serviços a ela atribuídos. Os modelos trabalham principalmente com questões relacionadas a custo de tratamento de água, redução de escoamento superficial, economia de energia com refrigeração e aquecimento de construções, emissão de compostos orgânicos voláteis, seqüestro de carbono, valorização imobiliária, estéticos e sociais. (MCPHERSON et al, 2008; RACITI et al, 2006)..

Valoração de indivíduos arbóreos

Segundo Detzel et al (1998), a valoração monetária de indivíduos arbóreos teve como principal origem (nos Estados Unidos) a necessidade de se estabelecer valores de indenização para danos causados por árvores. Hoje a valoração se justifica principalmente pela necessidade de cálculo de compensações ambientais, valores de multas, isenções fiscais e planejamento da aplicação de recursos no manejo da arborização.

O trabalho de valoração de indivíduos arbóreos é muito difícil e sempre envolve algum grau de subjetividade (COELHO e LINHARES, 2006). Há uma variedade de métodos para estes cálculos, nos quais são levados em conta alguns fatores como: espécie, tamanho, condição, localização, frequência, além dos custos operacionais de plantio e manejo (SILVA FILHO et al, 2002; COELHO e LINHARES, 2006; DANA, 2006).

Valoração ecossistêmica da floresta urbana

Diferente da valoração de indivíduos arbóreos, a valoração ecossistêmica da floresta urbana procura avaliar os serviços que ela presta. Esta valoração pode partir de indivíduos isolados, mas aplica-se aplicar ao conjunto da vegetação como um todo e onde esta está inserida.

Para Nowak et al (2008), dados estatísticos seguros sobre a floresta urbana são necessários para a avaliação dos benefícios que ela provê. Estes dados podem ser obtidos a partir de inventários totais, aonde cada árvore é inventariada, ou a partir de amostragem. Nesta análise são levantados dados referentes aos indivíduos arbóreos, como dimensões, estado fitossanitário, e sua relação com o entorno, como classe de uso e ocupação, tipos de cobertura do solo, cobertura vegetal, em tipo e área, entre outros, distância da árvore em relação a outros elementos construtivos e arbóreos. É fundamental que tais informações sejam cadastradas e armazenadas em bancos de dados relacionais, pois as informações ali armazenadas podem ser logicamente processadas para fornecer informações sobre cada indivíduo, estabelecer relações através do cruzamento de dados fornecendo informações por espécie, região, valorar os indivíduos cadastrados. Estas informações são de fundamental importância para o planejamento de um bom manejo da arborização em geral e fornecem informações que são base para posteriores estudos sobre a floresta urbana (SILVA FILHO et al, 2002).

Da mesma maneira que existem hoje modelos para a análise dos serviços ecossistêmicos para a floresta urbana, novos modelos poderiam ser criados para a

avaliação dos serviços ecossistêmicos da Infraestrutura Verde como um todo. Tais análises já podem ser feitas de maneira isolada em relação aos seus componentes e, em alguns casos associando, por exemplo, permeabilidade e tipos de cobertura de solo para a avaliação de serviços relacionados à drenagem.

Os mecanismos de pagamentos por serviços ecossistêmicos vêm cada vez mais sendo discutidos, tanto em uma escala global, como no caso das mudanças climáticas, como a nível local. Algumas experiências concretas já existem e muitas legislações com previsão de remuneração ou isenções fiscais para estes serviços já existem. A necessidade de valores financeiros associados aos serviços ecossistêmicos é um dos motivos pela qual é necessária a sua quantificação.

Como exemplo de valoração de serviços ecossistêmicos, a cidade de Seattle prevê os seguintes custos e benefícios financeiros a partir da manutenção de sua floresta urbana:

Tabela 2.2 - Tabela de custos de manutenção e serviços ecossistêmicos da floresta urbana de Seattle. Valores atuais e cenário para 30 anos baseado em uma cobertura arbórea de 30%. (SEATTLE, 2007)

Serviço	Valor Atual	Meta 30 anos
Custos de manutenção	\$14.054.300	\$21.116.300
Benefícios		
Mitigação de Enchentes	\$20.643.000	\$30.215.000
Purificação do Ar	\$4.849.000	\$7.047.000
Sequestro de CO ₂	\$1.584.000	\$2.331.000
Outros (energia, estéticos, etc)	\$17.237.300	\$26.342.300
Valor Líquido	\$30.259.000	\$44.819.000

Cobertura arbórea.

Dobs et al (2010) investigando a estrutura da floresta urbana e a relação desta com os serviços ecossistêmicos por ela prestados verificaram que os principais indicadores que influenciaram sobre estes serviços foram a cobertura arbórea, pH e matéria orgânica do solo. O primeiro tem uma relação direta sobre os serviços. Os outros dois interferem diretamente na qualidade da vegetação arbórea e, portanto na cobertura que ela produz. A cobertura arbórea é um dos principais indicadores relativos à vegetação. Posto de maneira simples, ela é a proporção de determinada área que é coberta por folhas, galhos e troncos de árvores, quando vista do alto (RACITI et al, 2006).

McPherson et al (2008) consideram que o conceito de cobertura arbórea é prático e útil. Pode ser obtido através de sensoriamento remoto, o que barateia o custo de sua obtenção, independe do tamanho da área a ser amostrada, permite comparações entre áreas e ao longo do tempo, além de ser de fácil entendimento. Entretanto os autores ponderam que por se tratar de uma visualização bidimensional, não é capaz de informar a extensão vertical do dossel, sua composição, estado e outras informações que são dependentes de levantamentos de campo. Não obstante essas limitações existe uma relação entre a cobertura arbórea e os serviços ambientais prestados por essa floresta.

A adoção de metas de cobertura arbórea tem sido uma prática corrente em cidades americanas no sentido de reverter o quadro de perda contínua dessa cobertura. Diversas

idades têm utilizado os índices propostos em seus planos de manejo de floresta urbana. A adoção de metas de cobertura é um exercício bastante complexo, por envolver uma série de variáveis, não só no sentido de estabelecê-las, como também para a formulação de estratégias e ações.

Para estabelecer metas de cobertura é preciso que se tenha um retrato do estado atual da cobertura existente, não apenas em extensão, mas também qualitativamente. Em seguida é necessário que se avalie o quanto de área livre existe disponível para o aumento da cobertura arbórea existente. Por fim, é preciso que se avalie o quanto dessa área possível (ou potencial, nas palavras de McPherson et al, 2008), será efetivamente destinada ao aumento da cobertura arbórea. No processo de adoção das metas é preciso ainda considerar as diferenças de cada local, sua ocupação, de maneira que geralmente estas metas são diferenciadas dentro de uma cidade por tipo de ocupação e uso de solo.

Um bom exemplo de uso de metas é o desenvolvido por Luley e Bond (2002), que trabalharam em um plano conceitual para aumento da cobertura arbórea de Nova York com vistas à redução dos índices de poluição atmosféricos para atingir os padrões estabelecidos pela agência de proteção ambiental americana (EPA). O grupo desenvolveu estudos para a melhoria da qualidade do ar a partir de três cenários de cobertura vegetal (cobertura existente, incremento de 10% e incremento de 32%). Verificou-se que a melhora na qualidade do ar para os cenários de incremento de 10% e 32% não variava muito, de maneira que optou-se por trabalhar com o primeiro cenário, onde se atingiria uma cobertura de dossel arbóreo (ICA) de 30%. O trabalho também mostrou claramente a necessidade de um extenso leque de estratégias necessárias para se chegar a esse resultado, pois se baseado apenas no plantio de novas árvores, as metas não seriam atingidas. Tal idéia foi incorporada pela prefeitura em seu programa de manejo de florestas urbanas.

Modelos de análise Floresta Urbana

A análise da arborização e também da avaliação dos serviços ecossistêmicos associados a floresta urbana pode ser realizada atualmente com o uso de modelos computacionais que reúnem as informações disponíveis sobre a cobertura arbórea de uma região, e os associam a dados de inventário local, informações meteorológicas, como regime de chuvas, temperaturas anuais, etc. Além disso, estes modelos trabalham hoje sobre sistemas de informação geográfica, gerando dados na forma de mapas.

Um dos primeiros modelos computacionais para avaliação dos efeitos da floresta urbana, o modelo UFORE (Urban Forest Effects), foi desenvolvido durante a década de 1990 por Nowak e o modelo computacional por Crane e colaboradores. O programa tem como função auxiliar pesquisadores e gestores a quantificar a estrutura e algumas das funções da floresta urbana. (NOWAK et al, 2008). O programa realiza uma série de análise de dados a partir de dados da estrutura da floresta urbana obtida em campo, assim como dados meteorológicos. A partir do aperfeiçoamento do modelo UFORE, criou-se uma suíte de programas conhecido como I-Tree. Esta suíte de programas, desenvolvida pelo serviço florestal norte americano possui ferramentas de análise, planejamento e gestão

de florestas urbanas e alguns aplicativos utilitários. Os softwares mencionados estão disponíveis na página <http://www.itreetools.org/> e são de uso livre.

Tabela 2.3 - Quadro comparativo de resultados de análises realizadas com a utilização do modelo UFORE em três cidades americanas. O valor estrutural está baseado no valor da árvore, isto é, a sua substituição por uma árvore similar. (ITREE, 2011)

Item Analisado	Washington	Milwaukee	Chicago
Número de Árvores	2.584.000	3.377.000	3.585.000
Cobertura arbórea (%)	28,1	21,6	17,2
Poluentes Removidos (ton/ano)	492	496	888
Poluentes Removidos (U\$/ano)	2.300.000	2.590.000	6.400.000
Carbono Imobilizado (ton)	596.000	434.000	716.000
Carbono Imobilizado (U\$)	12.300.000	8.970.000	14.800.000
Carbono Sequestrado (ton/ano)	393.000	321.000	521.000
Carbono Sequestrado (U\$/ano)	19.000	15.500	25.200
Economia de Energia em Edifícios (U\$/ano)	3.450.000	864.000	360.000
Emissão de Carbono evitada (U\$/ano)	129.000	39.100	25.000
Valor Estrutural (U\$)	3.990.000.000	1.430.000.000	2.300.000.000

O uso destes softwares fora das áreas para os quais foram desenvolvidos não é adequada, uma vez que a base de dados que utilizam é referenciada para as condições locais, tanto do ambiente, quanto das árvores que lá existam. Os modelos matemáticos oferecem resultados a partir desta base de dados, que muitas vezes não tem correspondência com o que se encontra em outros países. Mas em seus locais de desenvolvimento, eles tem sido cada vez mais utilizados como uma ferramenta muito útil para a avaliação da Floresta Urbana. A valoração é apenas um de seus resultados. Entre os resultados está a avaliação da sua composição, o estado de suas árvores, suscetibilidade a pragas, eventos climáticos, e outros. Estas informações por sua vez subsidiam a elaboração de políticas, diretrizes e ações de manejo da floresta urbana, como o mapa de prioridade de plantio elaborado para a cidade de Chicago (Figura 11).

Figura 11: Índice de Prioridade de Plantio (PPI), elaborado para diferentes setores da cidade de Chicago, estabelecido com base em densidade populacional, estoque de árvores e cobertura arbórea por habitante. (NOWAK et al, 2010)

Floresta Urbana e vias públicas

Scott et al (1999) e Pomeranz et al. (2000) apud McPherson (2005), informam que os pavimentos de ruas e estacionamentos ocupam em torno de 30% das áreas urbanas nas cidades americanas. A cidade de Nova York, por exemplo, possui 26,6% de sua área urbana destinada a vias públicas. Depois da área destinada a construções, (45,6%) essa é a segunda maior área de cobertura da cidade (NEW YORK, 2009). Segundo McPherson (comunicação pessoal) apud Clark (1997), cerca de 60 a 90% das árvores urbanas nos EUA estão em terrenos privados, sendo o restante mantido pelo poder público em parques, áreas verdes e ao longo de vias. E justamente estas últimas são o principal foco do trabalho de manejo e atenção por parte do poder público. Nem toda área do sistema viário é passível de ser arborizada e apenas uma parte dessa pode ser permeabilizada e utilizada também para fins de captação, retenção, evaporação e infiltração da água de chuva. Porém, com o adensamento urbano, e a ocupação total dos lotes por construções, a via pública se tornou um importante local no tecido urbano passível de um tratamento ambiental. O espaço do sistema viário tornou-se prioritário para as ações de plantio e manejo da cobertura arbórea nas cidades.

Sistema Viário - Origens e usos

Historicamente o espaço do viário sempre teve múltiplos usos, servindo não apenas como espaço para a circulação, mas também como espaço de encontro, lazer, de comércio entre outros. A necessidade de maior mobilidade, razões sanitárias e segurança foram alguns fatores que modificaram o desenho destes espaços. O advento do automóvel roubou para si definitivamente o foco deste espaço. Esta priorização em relação ao automóvel levou o declínio das atividades sociais, físicas e econômicas e trouxe uma piora ambiental do espaço urbano (New York, 2009).

Campos e de Melo (2005) atribuem essa cultura do automóvel também ao espalhamento das cidades, fenômeno que se intensifica a partir da segunda metade do século XX com a migração da população rural às cidades e o surgimento de áreas residenciais de baixa densidade no entorno das mesmas. A ausência de políticas consistentes voltadas aos transportes públicos e o fato de tais ocupações serem pouco servidas por estes, acabam gerando a dependência ao automóvel, que por sua vez acaba invadindo todas as áreas da cidade.

Nas diretrizes para a Política Nacional de Trânsito, fala-se de uma nova dimensão para o que se entende por trânsito:

“Sob o ponto de vista do cidadão que busca melhor qualidade de vida e o seu bem estar social, o trânsito toma nova dimensão. Deixa de estar associado, de forma preponderante, à idéia de fluidez, de ser relacionado apenas aos condutores de veículos automotores e de ser considerado como um fenômeno exclusivo dos grandes centros urbanos, para incorporar as demandas de mobilidade peculiares aos usuários mais frágeis do sistema, como as crianças, os portadores de necessidades especiais e os idosos. O direito de todos os cidadãos de ir e vir, de ocupar o espaço público e de conviver socialmente nesse espaço, são princípios fundamentais para compreender a dimensão do significado expresso na palavra trânsito.” (Brasil, 2004, Anexo I, 2.1.3)

O texto vai além, ao se referir a qualidade de vida nos centros urbanos, pregando a necessidade “(...) de adoção de novos modelos de desenvolvimento urbano e de transporte, e da introdução, nas políticas públicas, dos preceitos de **sustentabilidade** (grifo nosso) e desenvolvimento. (Brasil, 2004, Anexo I, 2.1.3)”

O quadro, aqui ilustrado com uma passagem de um documento oficial que trata da questão da mobilidade urbana no Brasil, é geral. Governos em todas as esferas já debatem estas questões sob uma ótica mais ampla, buscando uma melhor qualidade de vida. Mas da teoria a realidade, essa nova visão de uso de sistema viário tem emergido muito lentamente para começa aos poucos fazer parte do planejamento e desenho das cidades. Este novo desenho procura equilibrar as necessidades de uso para a circulação de pessoas, bens e serviços, com as necessidades de uso social e as funções ambientais em um mesmo espaço. Outro aspecto importante é o abandono da priorização do automóvel de transporte individual em detrimento às viagens realizadas a pé, bicicleta ou transporte público.

Várias prefeituras disponibilizam na rede mundial de computadores documentos técnicos que tratam destes aspectos, numa forma de dar conhecimento e procurar disseminar melhores práticas. Entre eles destacamos o *Street Design Manual*, publicado pela prefeitura de Nova York em 2009.

Princípios de desenho

O Manual de Desenho de Vias da cidade de Nova York propõe os seguintes objetivos gerais de desenho:

- Desenhar para a segurança na movimentação de pessoas e bens.
- Desenhar para o acesso e a mobilidade, acomodar todos os usuários do espaço, dando prioridade aos modos mais eficientes em termos energéticos e uso de espaço.
- Desenhar para o contexto: atender as características sociais, culturais e paisagísticas de cada bairro.
- Desenhar para a “habitabilidade”, criando espaços públicos vibrantes que incentivem o seu uso pela comunidade.
- Desenhar para uma excelência visual, criando paisagens harmoniosas e coerentes.
- Desenhar para uma eficácia de custos, agregando o maior valor possível para o espaço público.
- Desenhar para a sustentabilidade, criando um meio ambiente mais saudável e ambientalmente mais sustentável. Especificamente neste aspecto o manual recomenda:
 - Colaboração entre as diversas agências, testando materiais e técnicas para que as ruas sejam construídas de maneira ambientalmente sólidas.
 - Minimização de superfícies impermeáveis.
 - Maximização da cobertura vegetal.
 - Incorporar de técnicas de drenagem sustentável para o controle de escoamento superficial na fonte.
 - Redução da absorção de calor pelo sistema, com uso de vegetação e materiais com alto albedo.

Relacionadas à proposta de um desenho mais voltado a questão das funções ambientais, tem surgido um movimento de “green streets”, ou ruas verdes. As ruas verdes vêm sendo implantadas por prefeituras de diversas cidades ao redor do mundo, tendo sido transformadas por algumas delas em um programa. Elas incorporam mais

fortemente aspectos relacionados ao uso e aos serviços ambientais, e tem uma ênfase de desenho e concepção na questão da drenagem, embora em alguns casos limite-se a plantio de novas árvores.

A cidade de Portland define o programa de ruas verdes como uma estratégia de drenagem sustentável que atende a normas de regulação e metas de proteção usando uma abordagem de sistemas naturais que reduz o escoamento superficial, melhora a qualidade da água e a saúde da bacia de drenagem (PORTLAND, 2011).

Em Nova York, o programa converte ilhas de tráfego, rotatórias, canteiros centrais pavimentados em espaços verdes plantados com árvores, vegetação rasteira e arbustiva. Mais recentemente o programa incorporou técnicas de drenagem sustentável (NEW YORK, 2011). Nos dois casos citados a vegetação e em especial a arborização são elementos fundamentais.

A presença de solo permeável e canteiros amplos já é uma preocupação que consta nas normas de Porto Alegre e Nova York de maneira bastante enfática. Além de propiciar um melhor desenvolvimento da planta, reduz os problemas de danos ao passeio por conta das raízes, que tem o seu espaço mais garantido. Outras técnicas, como o uso de pavimentos permeáveis, solos estruturais vem sendo usados como formas de melhorar o desenvolvimento das plantas em locais onde há restrição para a implantação de canteiros maiores.

Arquitetos, engenheiros e profissionais de outras áreas vêm criando novas paisagens no sistema viário dentro do espírito da Infraestrutura Verde. Espaços multifuncionais que beneficiam as cidades através de serviços ecossistêmicos e promovem o bem estar social tem sido cada vez mais utilizados e já fazem em muitos países parte do cotidiano. Estas paisagens também vêm sendo acompanhadas da utilização de novas técnicas e materiais sendo um dos principais focos a drenagem sustentável, onde captação, infiltração, detenção de águas pluviais são associados à melhoria de sua qualidade. A captação da água da chuva na fonte, isto é próximo de onde ela cai, retardando a sua chegada aos córregos e fundos de vale é um de seus princípios. Muitas estruturas são vegetadas e podem abrir espaço para novas árvores. Outras favorecem o seu crescimento. É importante destacar que elas têm um alto potencial de captação, detenção e infiltração de águas pluviais, pois são construídas para tal. Isto é diferente de uma área livre de pavimentação, que pode, em função do tipo de solo e de seu grau de compactação oferecer condições de escoamento superficial próximas de áreas impermeáveis. Não basta que o solo esteja livre de pavimentação, mas que ele ofereça condições de infiltração adequadas.

Trincheiras de Infiltração: Jardins de Chuva, Canteiros Pluviais e Biovaletas.

As trincheiras de infiltração são basicamente depressões no terreno destinadas a receber o escoamento de águas de chuva e promover sua infiltração no solo. São reservatórios de detenção, isto é que são mantidos secos durante a maior parte do tempo. As trincheiras podem ser lineares, captando e transportando a água de chuva de um ponto ao outro, ao mesmo tempo em que promovem a sua infiltração ou de outros formatos, concentrando a água que para elas convergem. As denominações destas estruturas também são diversas. Cormier e Pellegrino (2008) diferenciam três tipos de trincheiras: Jardins de Chuva, Canteiros Pluviais e Biovaletas. Os jardins de chuva e

canteiros pluviais são basicamente depressões no solo que recebem a água de chuva de espaços impermeabilizados do entorno e promovem a sua infiltração. O solo introduzido nestas depressões possui uma boa capacidade de infiltração de maneira que após a chuva, em poucas horas estará novamente seco. Os microorganismos presentes neste solo atuam na remoção de poluentes da água que por ele passa. O uso de plantas aumenta ainda mais essa capacidade de depuração ao mesmo tempo em que promovem outros benefícios. Dependendo da capacidade de infiltração do solo onde estas estruturas foram construídas, pode haver a necessidade de se instalar drenos subterrâneos para evitar o acúmulo de água. Os jardins de chuva diferenciam-se dos canteiros pluviais basicamente pelo tamanho, sendo que os canteiros são menores e compactos, podendo também ser instalados sobre lajes. As Biovaletas são trincheiras lineares e transportam a água de chuva de um ponto ao outro ao mesmo tempo em que promovem a sua detenção, infiltração, depuração e evapotranspiração. Sua estrutura construtiva é semelhante aos jardins de chuva, porém são lineares. Na drenagem convencional utilizamos sarjetas de concreto para recolher as águas pluviais. As biovaletas são fortes candidatas a substituir estas estruturas aonde houver espaço.

Figura 12 – Esquerda acima: Biovaleta implantada na Praça das Corujas, São Paulo. (imagem do autor)). Direita acima: Canteiro pluvial implantado na cidade de Portland. (PORTLAND, 2011). Direita abaixo: Canteiro pluvial implantado em rua da cidade de São Francisco (NEW YORK, 2009)

Pavimentos Permeáveis e Solo Estrutural

O uso de pavimentos permeáveis é uma prática que tem sido usada com uma frequência cada vez maior, na medida em que novas técnicas e materiais vão surgindo. Além de permitirem a infiltração de parte da água, permitem a troca gasosa entre o solo e a atmosfera, o que é fundamental para que as raízes das plantas possam se desenvolver adequadamente, prevenindo a sua morte ou que estas se desenvolvam muito superficialmente, danificando o pavimento.

Figura 13 - Exemplos de aplicação de pavimentos permeáveis na Alemanha. A esquerda, pavimento com bloco vazado e vegetação. À direita, blocos com amplo espaçamento entre os blocos. Imagens do autor.

A dificuldade do crescimento adequado de raízes em ambientes densamente construídos e que necessitam de pavimentação por conta do trânsito de pedestres ou veículos levou ao desenvolvimento de um solo especial, o solo estrutural. Ele tem como características a manutenção de espaços livres para o desenvolvimento de raízes ao mesmo tempo em que pode ser compactado para que se construam pavimentos sobre ele. Este solo é uma mistura de pedras, matéria orgânica e terra. As pedras formam a estrutura do solo apoiando-se umas nas outras e mantendo espaços, que são preenchidos por terra, composto e ar. Estes espaços permanecem mesmo que este solo seja compactado, permitindo o crescimento das raízes em seu interior. O uso de solo estrutural com pavimentos permeáveis deve ser priorizado em ambientes densamente construídos, onde não é possível se implantar canteiros amplos e áreas verdes.

Figura 14 - Plantio em calçada com o uso de solo estrutural (esquerda). A faixa na qual as árvores foram plantadas foi preenchida com solo estrutural a fim de permitir a implantação de um pavimento permeável. Columbia Street, Brooklyn, NY (NEW YORK, 2009). À direita, esquema de aplicação do solo estrutural (modificado de Bassuk et al, 2005)

O uso destas estruturas e materiais tem um impacto muito grande no desenvolvimento da vegetação, em especial as árvores. A ampliação da área livre de pavimentação e solos bem estruturados, com matéria orgânica, umidade e ar em condições adequadas refletem em um desenvolvimento pleno e saudável das plantas, gerando mais benefícios e menos gastos com manutenção, uma vez que são saudáveis. Não é apenas a melhoria ambiental que o uso destas estruturas traz, mas também de cunho estético, com uso de materiais belos e partir da criação de paisagens interessantes.

A via pública, o espaço da árvore e os parâmetros de distanciamento

Usualmente a arborização viária está localizada nas calçadas, espaço destinado à circulação de pedestres e outros fins que não a circulação de automóveis. Esta é definida pelo código brasileiro de trânsito como *“Parte da via, normalmente segregada e em nível diferente, não destinada à circulação de veículos, reservada ao trânsito de pedestres e, **quando possível**, à implantação de mobiliário, sinalização, vegetação e outros fins”*. Já a pista é definida como: *“parte da via normalmente utilizada para a circulação de veículos, identificada por elementos separadores ou por diferença de nível em relação a calçadas, ilhas ou aos canteiros centrais.”* (BRASIL, 1997, Anexo I)

A circulação de pedestres na via é facultada pelo CTB quando a calçada não oferece condições, desde que haja a devida sinalização para tal. (artigo 68). Também a pista não é destinada exclusivamente à circulação de veículos, mas sim normalmente utilizada para tal, de maneira que outros usos embora não explicitados, não estão vedados. No caso brasileiro, o próprio código de trânsito já abre as possibilidades para uma nova forma de desenho e de pensar o espaço viário.

A Norma Brasileira de Acessibilidade (ABNT, 2004) adota a definição de calçada do Código Brasileiro de Trânsito. A legislação paulistana divide a calçada em 3 partes: faixa de serviço, localizada junto ao meio fio e destinada a implantação da arborização e equipamentos, a faixa de circulação, destinada ao trânsito de pedestres e, quando for o

caso, a faixa de acesso entre o lote e a faixa de circulação. A norma estabelece como recomendável a largura de 1,50 m para a faixa livre de circulação, sendo a largura mínima admissível de 1,20m. Estas:

“(...) devem ser completamente desobstruídas e isentas de interferências, tais como vegetação, mobiliário urbano, equipamentos de infra-estrutura urbana aflorados (postes, armários de equipamentos, e outros), orlas de árvores e jardineiras, rebaixamentos para acesso de veículos, bem como qualquer outro tipo de interferência ou obstáculo que reduza a largura da faixa livre. Eventuais obstáculos aéreos, tais como marquises, faixas e placas de identificação, toldos, luminosos, vegetação e outros, devem se localizar a uma altura superior a 2,10 m.” (ABNT, 2004, p.53)

Esta imposição legal está longe da realidade que vemos em nossas cidades no que diz respeito à possibilidade de circulação em calçadas. Mas curiosamente, é a situação que encontramos nas pistas de rolagem, bem mais planas e melhor conservadas do que as calçadas.

O automóvel também “invade” o espaço da calçada através dos acessos de veículo a entradas de garagens, comércio, postos, etc. Geralmente estes acessos são executados de forma a possibilitar a entrada mais segura e confortável do veículo, procurando da melhor relação geométrica entre o pavimento da pista e o pavimento no interior do lote que se deseja atingir. Assim, se a rampa entre o asfalto e o lote tendem ser o mais suave possível, no comprimento da calçada sobram degraus ou rampas íngremes. Outro aspecto conflitante é a extensão destes acessos no comprimento da calçada. Eles são grandes limitantes a instalação de qualquer estrutura vertical e permeável, limitando o espaço de árvores e canteiros vegetados.

Geralmente as legislações urbanísticas estabelecem restrições e condições para a implantação dos acessos. No caso paulistano, é estabelecido um limite de 50% da testada do lote, “excetuados os conjuntos de habitações agrupadas horizontalmente” (SÃO PAULO, 1992). Também não devem interferir na inclinação da faixa de circulação do passeio.

A árvore necessita de condições mínimas de espaço para o desenvolvimento do sistema radicular e de sua copa. Obviamente estas necessidades variam conforme a espécie, seu porte, a sua arquitetura de copa e raiz. Tanto a copa quanto a raiz são plásticas, se adaptando, dentro de determinados limites e condições, ao espaço circundante. Para ela (árvore), a presença de outros elementos no local, não necessariamente constitui um problema. Mas em se tratando de redes de distribuição de serviços, que necessitam de constante manutenção, isto pode gerar conflitos. A árvore é um elemento complexo, pois é exigente em relação a condições para o seu desenvolvimento, mas ao mesmo tempo, pode ser conduzida em seu crescimento de maneira a harmonizar-se com os demais elementos no espaço. Mesmo assim é necessário, já durante o processo de implantação da arborização que se respeitem algumas distâncias mínimas destes elementos a fim de que se evitem conflitos futuros. Estas distâncias são relativas e dependem muito da espécie que vai ser utilizada, das condições de espaço da via e dos elementos que lá estão. A organização dos elementos presentes no sistema viário é fundamental para a minimização de conflitos. A condição ideal é de um planejamento prévio, com a determinação dos espaços que cada elemento vai ocupar, seja em relação ao passeio

ou o leito carroçável. Na Figura 15 foram apontados os distanciamentos encontrados em regulamentações das cidades de Porto Alegre, São Paulo e Nova York.

Elemento ou Situação	Porto Alegre	São Paulo	Nova York
Confluência alinhamento predial de esquina	5	5	13
Semáforos	6	**	10*
Bocas de Lobo e caixas de inspeção	1,25	2 a 3*	
Rebaixamento de Guia, Gárgula, Faixa de Pedestre	1,25	1 a 2*	2,3 e 0,6****
Postes	2*	3*	
Entre Árvores	3 a 6*	5 a 12*	6,6 a 9,9
Meio Fio	0,6	0,3*	
Ponto de Iluminação pública		**	8,25*
Fachadas de Edificações		2,4 a 3*	
Placas de Trânsito		**	2*
Ramais subterrâneos		1 a 3*	
Equipamentos Segurança		1*	1****
Mobiliário		2 a 3*	1,3*
Instalações subterrâneas (gás, água, energia, etc)		1	0,7
Entrada de construções			Vedado
Válvulas de gás e água			0,7****
Transformadores		5 a 12*	
Parada de ônibus			Vedado
Dimensão Mínima de Canteiro	1,5 x 2,2 (ou 1,5 m2)	2 m2 (recomendado)	1,6 x 2 m

* Dependendo do porte da espécie, arquitetura de copa

** Não deve obstruir a visão ou o cone de iluminação

*** Dependendo do tipo de veículo, volume de tráfego e posicionamento da muda

**** Da borda do canteiro

Figura 15 - Parâmetros de distanciamentos de árvores e canteiros dos elementos presentes no sistema viário. Compilado de Porto Alegre, 2007; São Paulo, 2005; New York, 2009.

A tabela revela de algum modo a prioridade que é dada a arborização. No caso de São Paulo, percebe-se um predomínio da rede elétrica sobre a arborização, situação que é diferente em Porto Alegre. No primeiro caso opta-se pelo distanciamento das árvores da rede de maneira que não se encostem, enquanto no caso de Porto Alegre, procura-se, através de manejo, compatibilizar a presença de ambas.

Os parâmetros de distanciamento em relação a canteiros permeáveis ou calçadas verdes são menos restritivos. Estes podem se estender ou mesmo envolver alguns dos elementos presentes no sistema viário, como caixas de inspeção, válvulas, bocas de lobo entre outros, sendo restritos principalmente pelo espaço destinado a circulação de pessoas e veículos. Porém, a legislação paulistana impõe que as calçadas verdes só podem ser implantadas em calçadas com 2 ou mais metros de largura (SÃO PAULO, 2005)

Diante da “estreita” realidade das vias públicas onde apenas o espaço do automóvel permanece intocado, só resta a saída de se buscar uma nova forma de desenho que utilize também este espaço sem comprometê-lo totalmente para as demais funções do viário, seu uso social e serviços ecossistêmicos. Muito disso depende de que realidade urbana de mobilidade comece a existir, tornando a sociedade menos dependente da locomoção com o automóvel. Mas há muito que se pode começar a fazer desde já com um bom trabalho de planejamento e ação dentro das possibilidades já existentes.

Localização. A bacia no contexto da metrópole Paulistana

Histórico de Ocupação da Bacia. O início da ocupação e o surgimento dos bairros e das principais áreas verdes.

Uso e Ocupação do Solo. Descrevendo a bacia a partir de suas características visuais em seus diferentes setores. As ruas, a ocupação dos lotes, a arborização nas vias públicas, a relação com a legislação urbanística.

Aspectos Ambientais. As características naturais da bacia. A geologia e o nível de água do subsolo; Hidrologia, os corpos d'água da bacia, pontos de enchente, a qualidade das águas; os climas naturais e urbanos da bacia, a poluição atmosférica e a ilha de calor; a biodiversidade da bacia, características de sua fauna e flora.

Localização

A bacia do córrego Judas/Maria Joaquina está localizada na subprefeitura de Santo Amaro, cidade de São Paulo, nas coordenadas 23°38'27.74"S, 46°42'22.13"O. A área total de drenagem é de 3,36 Km². Sua ocupação é majoritariamente residencial, com vários bairros jardins e residências de alto padrão, sobrados de casas geminadas e alguns prédios, em sua maioria residenciais. A cota mais elevada da bacia gira em torno dos 790 metros e a parte mais baixa, junto a foz do rio Pinheiros está na cota de 725 metros.

Figura 16 - A esquerda - Localização da bacia na mancha urbanizada da cidade de São Paulo.
A direita - Área da Bacia do Córrego Judas / Maria Joaquina sobre imagem de satélite da região de Santo Amaro.

Histórico de Ocupação da Bacia

Administrativamente, a bacia do córrego Judas/Maria Joaquina pertenceu à cidade de Santo Amaro até o ano de 1935, quando o Decreto Estadual 6983/35 extinguiu o município e o incorporou a cidade de São Paulo.

Segundo Ozores (sem data), durante a segunda metade do século XIX Santo Amaro tornou-se o celeiro de São Paulo, sendo os produtos alimentícios produzidos nas inúmeras propriedades rurais da vila “exportados” para a cidade vizinha. Também a madeira das extensas matas da região de Parelheiros e Capela do Socorro, serviu de lenha para vila e também para os fornos e caldeiras da cidade de São Paulo. Citando um relato feito pelo médico milanês, Dr. Afonso Lomônaco, entre os anos de 1885 e 1887 presente na Revista do Instituto Histórico e Geográfico de São Paulo, volume XLVIII, em que descreve uma viagem feita a Santo Amaro, pode-se ter uma idéia da paisagem:

“... De Vila Mariana prolongava-se a estradazinha de Santo Amaro, por vinte quilômetros **através de planície árida e despida, onde só quase havia**

vegetação rasteira, desértica, por assim dizer. Santo Amaro, humilde e risonho arraial de casinhas baixas, pintadas de cores vivas e quase todas da mesma altura, com poucas ruas largas de terra batida, e duas grandes praças, parecendo as aldeolas da Sicília. Vivia como que segregada do mundo, mas a abertura da linha de trens a vapor transformou o local em passeio muito em moda: nos dias festivos ali acorrem numerosas pessoas, desejosas de lhe respirar a belas auras, e de vagar pelos campos vizinhos do humilde vilarejo digno de acatamento histórico por ser um dos primeiros eretos em São Paulo".(Ozores, s/d, p.12)

A partir deste histórico pode-se perceber que muito antes do processo de urbanização a bacia já apresentava um processo de ocupação e alteração da paisagem natural, que se iniciou com a retirada da mata e a colonização para a produção agrícola, sendo esta posteriormente substituída pela ocupação urbana.

É fato que a paisagem natural não era composta apenas por matas, mas também por campos e pela vegetação ciliar do rio Pinheiros que meandrava preguiçosamente em sua ampla várzea, posteriormente drenada e ocupada.

A transformação da ocupação rural em bairros teve início nas áreas a montante da bacia. Com o loteamento das chácaras que estavam localizadas às margens do caminho do bonde que ligava a cidade de São Paulo a Santo Amaro, surgiram os bairros do Alto da Boa Vista e Jd Bela Vista. Durante a década de 1950, com o loteamento das chácaras abaixo da linha do bonde, surgiram os bairros da Granja Julieta, Chácara Pouso Alegre, Chácara São Luiz. (KRAML, 2005 e BERARDI, 1981)

As porções da bacia nas quais hoje estão localizados o Jardim Heliomar correspondem às áreas da antiga várzea do rio Pinheiros e sua ocupação se deu a partir do término dos trabalhos de retificação do rio, ocorrida ao final da década de 1950. A área, que era alagadiça foi drenada e em parte aterrada, especialmente nos trechos correspondentes ao antigo leito, com a terra que era retirada para a abertura do novo canal. Parte da antiga várzea foi ocupada por indústrias, na área entre o jardim Heliomar e o Rio Pinheiros e outro o trecho, parte do Jardim Santo Antônio, por residências.

O Clube Hípico de Santo Amaro, com uma área de 330.000 m² foi criado em 1935 nas terras da antiga fazenda Itaquerê (CHSA, 2011)

A criação do parque Severo Gomes se deu a partir da doação de áreas verdes com a abertura de loteamentos. Embora estes loteamentos tenham ocorrido durante a década de 1950, sua abertura ocorreu somente em 1989. (BARTALINI, 1999).

Figura 17 - Contorno da Bacia sobre mosaico de imagens do sobrevôo de 1954. Fonte: Prefeitura de São Paulo. A direita da imagem os bairros do Alto da Boa Vista e Jardim Bela Vista com seu viário reticulado. No centro da imagem é possível distinguir o clube hípico e acima dele os loteamentos recém abertos da Vila Elvira, Chácara Monte Alegre e Granja Julieta. Na parte próxima ao Rio Pinheiros, recém canalizado a extensa várzea ainda não ocupada, por onde o rio meandrava.

Uso e Ocupação do Solo

A bacia do Judas é ocupada em sua maior parte por bairros residenciais, possuindo ainda um setor comercial, industrial e uma porção central de áreas verdes contínuas. A partir da análise da ocupação, uso, fisionomia da paisagem e considerando também o zoneamento do atual plano diretor, podemos dividir a bacia em 6 setores (Figura 18) conforme o método tratado no capítulo 4.

- Setores exclusivamente residenciais;
 - ZER Alto da Boa Vista
 - ZER Granja Julieta;
- Corredor Viário;
- Maciço de Áreas Verdes;
- Zona de Ocupação Mista;
- Zona Industrial.

Figura 18 - As seis diferentes zonas de uso e ocupação da bacia sobre imagem de satélite.

Mesmo que concordando que cada bairro ou região tenham suas características peculiares, seus marcos próprios, sua história, várias características como a forma de ocupação, a dinâmica de uso, características da própria natureza do lugar repetem-se em várias regiões da cidade, de maneira semelhante. Assim também o é com os setores aqui analisados. Eles são similares a diversas regiões da cidade de São Paulo e até com outras cidades.

Descrevendo a bacia

Partindo das cotas mais elevadas da bacia em direção à várzea do rio Pinheiros, temos os bairros do Alto da Boa Vista e Jardim Bela Vista. Estes dois bairros se caracterizam por serem de ocupação estritamente residencial e de alto padrão econômico. Suas ruas possuem um traçado reticulado com quadras regulares quanto ao tamanho. As ruas e as calçadas são largas e bem arborizadas. Os lotes têm geralmente tamanho grande e em muitos casos apresentam uma boa cobertura vegetal interna. Muitos lotes maiores foram

transformados em condomínios residenciais horizontais a partir da década de 1990. Esta tendência só entrou em declínio a partir da entrada em vigor do último Plano Diretor em 2002 (São Paulo, 2002) que proibiu a construção no subsolo para esta área, tornando menos atrativas as construções, pois geralmente as garagens estavam sendo implantadas sob as casas. A vegetação dos bairros é considerada pelo Decreto Estadual 30443/89 como vegetação significativa, o que em tese lhe dá um grau de proteção. Esta área corresponde a unidade climática IE4, tratada mais adiante, com as melhores condições climáticas de toda a bacia. No local há um grande número de moradores de origem estrangeira, especialmente europeus de países do norte, como Alemanha, Holanda e Inglaterra.

Figura 19 - Trecho de rua Conde D'Eu (Imagem do Autor).

Figura 20 - Aspecto da ocupação a partir de imagem de satélite.

Estes dois bairros estão separados do restante da bacia por uma faixa que compreende aos corredores das avenidas João Dias, Adolfo Pinheiros, Santo Amaro e Vereador José Diniz. Estes corredores já eram utilizados como ligação entre as cidades de Santo Amaro e São Paulo desde o início do século XX e assim permanecem como um intenso corredor de tráfego, vital para a ligação no sentido do centro para a região sul e vice

versa. A faixa do corredor é a área mais verticalizada da bacia. Nas ruas imediatamente paralelas aos corredores temos um uso mais residencial (vertical e horizontal), ao passo que nos corredores o uso é predominantemente comercial. As vias são bastante largas, bem como as suas calçadas. No que diz respeito à cobertura vegetal, ela é bastante precária ao longo do sistema viário e praticamente inexistente no interior dos lotes. Aqui cabe uma ressalva em relação a alguns terrenos pertencentes a conjuntos de prédios e uma escola, que possuem uma cobertura vegetal significativa e que se destacam do restante da paisagem. A Avenida Santo Amaro possui um canteiro central que ainda apresenta alguma arborização composta por belos exemplares de Pau Ferro, que infelizmente não tem sido repostos quando retirados. Em relação ao deslocamento e pressão de ocupação é importante mencionar a implantação de uma linha de metrô no local, o que certamente afetará a área. Diversos novos empreendimentos residenciais verticais surgiram neste trecho nos últimos anos. A área corresponde à unidade climática IE3.

Figura 21 - Trecho da Avenida Adolfo Pinheiros em um domingo sem trânsito. (Imagem do Autor)

Figura 22 - Aspecto da ocupação do setor a partir de imagem de satélite.

Na porção média da bacia temos novamente um conjunto de bairros exclusivamente residenciais, a Vila Kotska, Vila Elvira, Chácara Monte Alegre, Granja Julieta e Jardim São Luis, que formam como que um arco em torno do conjunto de áreas verdes formadas pelo Clube Hípico, Parque Severo Gomes e algumas propriedades privadas. A verticalização nestes bairros também não é permitida e tal qual o Alto da Boa Vista, também teve os seus parâmetros de ocupação dos lotes alterados em relação à permeabilidade mínima e construção de subsolo. Os lotes têm tamanhos variáveis, desde lotes maiores como no Alto da Boa Vista e Jardim Bela Vista, especialmente na Granja Julieta, a lotes menores, densamente ocupados como no caso da Vila Kotska. O desenho do viário é irregular, as ruas e calçadas com larguras variáveis. A cobertura vegetal acompanha essa variação na ocupação, sendo mais densa na granja Julieta e mais esparsa na Vila Elvira e Vila Kotska. O que se verifica também é que a cobertura vegetal no interior dos lotes é menor em relação aos bairros a montante, sendo mais abundante em lotes maiores. De uma maneira geral, a cobertura arbórea se faz mais presente no sistema viário. O processo de surgimento de condomínios horizontais foi bem menos intenso nestas áreas, provavelmente em função dos terrenos serem menores do que no Alto da Boa Vista e Jardim Bela Vista. A área corresponde a unidade climática IE4.

Figura 23 -Trecho da Rua Da. Maria Augusta Rolim Loureiro (Imagem do Autor)

Figura 24 - Aspecto da ocupação do setor a partir de imagem de satélite

No centro da bacia, limitada de um lado pelas áreas pela área dos bairros estritamente residenciais e do outro pelos bairros que compõe a zona de ocupação mista está o conjunto de áreas verdes formado pelo Clube Hípico, Parque Severo Gomes e terrenos privados. Estas áreas e algumas áreas adjacentes estão gravadas no Plano Diretor como ZEPAM – Zonas Especiais de Preservação Ambiental, o que em tese garante a elas uma grau de preservação elevado em relação à ocupação e permeabilidade. Elas possuem uma grande cobertura arbórea, às vezes mais esparsa, às vezes formando maciços contínuos e são abrigo para uma fauna diversificada. Também é nesse local que o córrego encontra-se aberto e corre no meio de uma mata, formando uma paisagem única para a cidade de São Paulo. Enquanto espaço de lazer, o parque Severo Gomes é muito procurado, especialmente aos finais de semana por moradores dos bairros mais próximos. Durante a semana, no início da manhã e no final da tarde, o local é usado para caminhadas e corridas, na calçada e rua no entorno do parque. A área corresponde à unidade climática IE4.

Figura 25 - Trecho de mata e córrego Judas entre o Clube Hípico e o Parque Severo Gomes (Imagem do Autor)

Figura 26 - Aspecto da ocupação do setor a partir de imagem de satélite

A partir deste ponto e em direção as cotas mais baixas da bacia, há dois tipos de ocupação. Os bairros da Vila (do) Cruzeiro, Jardim Heliomar, Jardim Santo Antônio, uma pequena porção da Chácara Santo Antônio e Chácara Japonesa compõem uma extensa zona de ocupação mista, mas com uso predominantemente residencial. Exceção quanto à ocupação mista é a Chácara Japonesa, zona exclusivamente residencial, mas que foi, pela densidade de ocupação, extensão total e por estar separada da região da Granja Julieta, agrupada com o restante dos bairros na zona mista.

Na área residencial, temos um mosaico de ocupações que vão desde pequenos sobrados localizados em ruas estreitas a condomínios verticais, geralmente junto às vias de tráfego mais intensas. A presença de vegetação no interior dos lotes é bastante reduzida. É possível encontrar quadras inteiras, nas quais não há uma única árvore no interior dos lotes. Algumas poucas praças concentram as pequenas e esparsas manchas de cobertura arbórea desta zona. Mesmo no sistema viário, a presença de árvores é bastante limitada. A impermeabilização dos lotes é quase total por conta da ocupação por construção e pavimentos, especialmente nos lotes menores. O comércio está distribuído ao longo das vias principais. A área corresponde à unidade climática IE3.

Figura 27 - Trecho da Rua João Brás de Souza (Imagem do Autor)

Figura 28 - Aspecto da ocupação do setor a partir de imagem de satélite

O setor industrial apresenta, a exemplo do Alto da Boa Vista um desenho reticulado, ruas e calçadas largas. A vegetação no interior dos lotes é praticamente inexistente. A arborização do viário está irregularmente distribuída e é muito reduzida. O fenômeno da

migração das indústrias para outros municípios está gerando como resultado para esta região uma transformação na forma da ocupação e uso dos terrenos. As antigas indústrias e galpões começam a ceder espaço para empreendimentos verticais, tanto comerciais como residenciais. Esta tendência deve-se acentuar com a implantação de uma fase da operação urbana Águas Espreiadas que prevê a implantação de um corredor de tráfego paralelo à marginal do rio Pinheiros e à construção de uma ponte sobre o mesmo rio. A área corresponde às unidades climáticas IB4 alternando para IB3.

Figura 29 - Trecho da Rua Laguna, ao fundo prédio residencial em construção em antigo terreno industrial (Imagem do Autor)

Figura 30 - Aspecto da ocupação do setor a partir de imagem de satélite

O atual plano diretor estabelece os seguintes zoneamentos e respectivos parâmetros construtivos e de ocupação:

Bairros:	Zoneamento	Tipo	Lote Mínimo (m ²)	Permeabilidade e Lote	Taxa de Ocupação Máxima	Gabarito (m)
Alto da Boa Vista	ZER 1/02	Baixa Densidade	500	0,3	0,5	10
Jardim Bela vista	ZER 1/03	Baixa Densidade	250	0,3	0,5	10
Vila Kotska	ZER 1/04	Baixa Densidade	250	0,3	0,5	10
Vila Elvira	ZER 1/04	Baixa Densidade	250	0,3	0,5	10
Chácara Pouso Alegre	ZER 1/04	Baixa Densidade	250	0,3	0,5	10
Granja Julieta	ZER 1/04	Baixa Densidade	250	0,3	0,5	10
Chácara São Luiz	ZER 1/04	Baixa Densidade	250	0,3	0,5	10
Chácara Japonesa	ZER 1/04	Baixa Densidade	250	0,3	0,5	10
Chácara Santo Antônio	ZM 1/05	Baixa Densidade	125	0,15	0,5*	Sem Limite
Vila do Cruzeiro	ZM 1/05	Baixa Densidade	125	0,15	0,5*	Sem Limite
Jardim Heliomar	ZM 1/05	Baixa Densidade	125	0,15	0,5*	Sem Limite
Jardim Santo Antônio	ZM 1/05	Baixa Densidade	125	0,15	0,5*	Sem Limite
Maciço Áreas Verdes Central	ZEPAM/06		**	0,9	0,1	9
Corredor João Dias, Santo Amaro, José Diniz e Adolfo Pinheiro	AS ZCPa/02		125	0,15	0,7	Sem Limite

* Ocupação pode ser de até 0,7 se o gabarito for inferior a 12 m

** A ser estudado pelo Executivo, caso a caso

Figura 31 – Quadro de características de aproveitamento, dimensionamento e ocupação dos lotes Extraído e adaptado do Quadro XIV, anexo a lei 13.885/02 (SÃO PAULO, 2002)

O plano diretor de 2002 introduziu algumas mudanças significativas e que tiveram impactos sobre a bacia, mais especificamente nas ZER (zonas exclusivamente residenciais), proibindo construções no subsolo nestas zonas da bacia. Também acabou com a prática que já vinha sendo questionada da implantação de jardins sobre laje como parte do cálculo de áreas verdes em determinadas situações. O fato é que, após a entrada em vigor do plano diretor de 2002, a construção de condomínios horizontais na região deixou de ser atrativa e anulou os efeitos danosos que a “Lei das Vilas” (SÃO PAULO, 1994) havia trazido para esses setores em relação a perda de cobertura arbórea e permeabilidade. Apenas os condomínios já aprovados e em construção tiveram prosseguimento, e mesmo assim, alguns com questionamentos na justiça movidos pelas associações de bairro da região. Mas o estrago já estava feito e a maioria dos grandes terrenos da região, geralmente com extensas áreas verdes, deu lugar a estes conjuntos residenciais.

As taxas de permeabilidade estipuladas no plano diretor deveriam ser objeto de aferição por parte dos órgãos responsáveis. A partir da aprovação dos empreendimentos e com o passar do tempo, o que se vê e que estas áreas aos poucos vão sendo recobertas, seja por pavimentos ou por “puxadinhos”, coberturas ou mesmo ampliações das construções, não autorizadas. Certamente esse processo tem impactos sobre a drenagem da bacia e deveria ser objeto de averiguação e correção.

Dois eventos devem trazer impactos significativos para região e se não forem acompanhados de um bom trabalho de planejamento ambiental, poderão trazer muitos prejuízos. Um deles é a passagem de uma linha de metrô no setor dos corredores, com a previsão de instalação de uma estação na Avenida Santo Amaro. O outro evento é a operação urbana Águas Espraiadas (SÃO PAULO, 2001), que prevê entre outras ações, a criação de um corredor viário paralelo as marginais do rio Pinheiros e a construção de uma ponte sobre o mesmo rio no final da Av. Prof. Alceu Maynard, no setor Industrial. Os dois eventos certamente implicarão em adensamento, com a construção de prédios residenciais e comerciais. Para minimizar os impactos desse adensamento, é necessário que sejam garantidos os espaços necessários para a implantação de áreas verdes de lazer, preservação, arborização de espaços privados e públicos, além de condições adequadas de drenagem. A mobilidade das pessoas e não apenas de veículos automotores deve ser tratada como prioridade. Todos estes aspectos deveriam ser objeto dos estudos de impacto, tanto da obra, quanto da operação urbana, e ser incorporado no escopo destas.

Figura 32 – Incidência do Plano Regional Estratégico de Santo Amaro sobre a bacia do Córrego Judas / Maria Joaquina.
 Fonte: Prefeitura de São Paulo, (SÃO PAULO, 2002)

Aspectos Ambientais

Geologia

Segundo o mapa geológico do município encartado no Atlas Ambiental, a bacia do córrego Judas se encontra em zona de domínio dos sedimentos terciários da Bacia Sedimentar de São Paulo, sendo que os sedimentos pertencem às formações São Paulo e Resende. Nas cotas de altitude mais próximas a cota mínima há uma transição para planície aluvial. Na sua porção mais próxima ao rio Pinheiros, temos ainda solos moles e compressíveis, que correspondem ao antigo curso do rio, antes de sua retificação.

Figura 33 - Planta geológica da região da bacia do córrego Judas / Maria Joaquina. Três tipos de solo são identificados na Bacia: terra mole, sob solo compressível, na área do antigo leito do rio Pinheiros, planície aluvial e sedimentos terciários.

Para a execução dos projetos de microdrenagem e reservatório foram realizadas sondagens na bacia (HIDROSTÚDIO, 2006). As sondagens referentes ao projeto de microdrenagem foram realizadas em um trecho a montante da bacia, enquanto que as referentes ao projeto do reservatório foram executadas nas áreas da hípica de Santo

Amaro e Parque Severo Gomes. O relatório referente ao projeto de microdrenagem conclui que:

“Os sedimentos da Bacia de São Paulo que ocorrem na área pertencem às Formações São Paulo e Resende. Estão representados, principalmente, por argilas siltosas intercaladas por lentes de areias finas. Sobre estes depósitos são encontrados solos com macroestrutura porosa, provenientes de processo pedogenético laterítico, que ocorreu em terrenos expostos desde o Terciário. Conhecidas como argilas porosas, esses depósitos sugerem uma deposição coluvial ou mesmo corridas de lama, que teria capeado a maior parte da bacia sedimentar, posteriormente reentalhada pelos cursos fluviais atuais.” (Hidrostudio, 2006 b, p. 8)

Já o relatório referente ao projeto de implantação do reservatório informa que:

“A planície aluvial do córrego Judas, tributário do córrego Maria Joaquina, afluente da margem direita do rio Pinheiros, desenvolveu-se sobre unidades pré-cambrianas de composição granítica e dos sedimentos terciários da Formação Resende. A região está recoberta por aterros lançados sobre os sedimentos aluviais quaternários. (...) A estratificação do aluvião acompanha o padrão de outros córregos locais: uma base de areia média e grossa com cascalheiras, com espessura entre 0,5 e 1,0 m; uma camada descontínua de areia fina siltosa (com espessuras de até 4,5 m) e recobrimento generalizado por argilas orgânicas com espessura máxima de 3,0 m. Em torno da cota 730m as litologias pré-cambrianas ocorrem sob a forma de solos residuais de alteração. (...) O nível d'água, observado durante a execução das sondagens, encontra-se nos estratos arenosos da camada aluvial, não ultrapassando 4,0 m de profundidade.” (Hidrostudio, 2006 a, p. 7)

A questão do nível da água e a permeabilidade do solo são aspectos importantes na discussão de medidas que pretendam se valer de infiltração da água de chuva no solo. Analisando o material da empresa Hidrostudio e sondagens realizadas pela Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô), o Instituto Internacional de Ecologia, em um estudo de viabilidade de uso de técnicas de drenagem sustentável, recomenda que tais estruturas devam ser utilizadas na parte a montante da cota de 740 metros. Abaixo desta cota o nível de água no subsolo é mais elevado e, em tese com menor capacidade de infiltração (IIEGA, 2009).

Hidrologia

A denominação da bacia e a definição do nome do córrego a serem adotados são confusas. O projeto da Hidrostudío adotou a denominação Judas / Maria Joaquina. O projeto denomina o trecho que vai desde as nascentes até o final da rua Renato Belanti como Córrego Judas. Este se junta pela margem esquerda ao córrego Maria Joaquina, que segue canalizado sob a avenida prof. Alceu Maynard Araújo, até a foz no rio Pinheiros. Na planta encartada na publicação referente à história de Santo Amaro (BERARDI, 1981), existe apenas a referência a “água da Maria Joaquina”, exatamente no trecho descanalizado e sob a rua Renato Belanti. Por esse motivo, adotou-se a dupla denominação para a bacia para o rio.

Atualmente a maior parte do percurso do córrego Judas / Maria Joaquina e de suas nascentes se encontram canalizadas. Um único trecho em que este corre a céu aberto, com quase um quilômetro de extensão está localizado na porção média da bacia, no interior do Parque Severo Gomes e do Clube Hípico de Santo Amaro. Mesmo nestes locais a feição do córrego já foi bastante alterada. Na área do parque Severo Gomes uma boa porção do córrego encontra-se canalizada e enterrada. Na parte onde este corre a céu aberto, já existiu no passado um lago. No braço localizado entre o clube hípico e o fundo das casas da Rua Bernardino Machado, este corre espremido entre os muros das construções que invadiram a sua margem e o talude do terreno do clube, com densa mata.

As drenagens e canalizações não têm dado vazão ao volume de água da bacia, de maneira que vários pontos de inundação foram constatados. Há locais de inundação a montante nas ruas São José, Conde D'Eu, Nove de Julho, Comendador Elias Zarzur e Avenida Ministro Roberto Cardoso Alves, nos pontos onde estas ruas cruzam o talvegue. Outros pontos são: Avenida Vereador José Diniz esquina com a Rua Graham Bell, cruzamento das ruas Verbo Divino e Pires de Oliveira e no entorno do parque, entre as ruas Pires de Oliveira, Mário Reis e Maestro Jordão Bernardino de Sene. No trecho mais baixo da bacia, as inundações ocorrem entre as ruas Takashi Ykko e Leonel Vaz de Barros, transversais da Avenida Prof. Alceu Maynard Araújo por estes trechos estarem em cotas mais baixas do que a avenida, sob a qual passa o córrego.

A água do córrego tem a sua qualidade comprometida pelo lançamento de esgotos e também pela poluição difusa que alcança o rio durante os eventos chuvosos. Apesar disso alguns peixes ainda nadam em suas águas indicando que este nível de poluição é baixo.

Em um trabalho de graduação realizado por Badra et al (2007), foram feitas análises das águas do córrego Judas quanto a sua qualidade, para o Índice de Qualidade da Água (IQA), da Cetesb e classificação segundo a resolução CONAMA 357/05. Com relação ao IQA, considerado ruim, obteve-se um valor médio de 30,4 em uma escala que varia de 0 a 100, sendo:

Classificação Parâmetros

Ótima	80 a 100
Boa	52 a 79
Aceitável	37 a 51
Ruim	20 a 36
Péssima	0 a 19

Em relação aos parâmetros da resolução Conama 357, o córrego foi classificado como corpo d'água classe III, segundo a qual a utilização de suas águas pode ser:

- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- Pesca amadora;
- Recreação de contato secundário e
- Dessedentação de animais.

O quadro atual ainda exige ações para o fechamento de fontes pontuais de poluição hídrica, visto que apesar de ações realizadas pela municipalidade e SABESP, ainda há

esgoto sendo lançado no córrego. No que tange a poluição difusa, embora um tema bem mais complexo, algumas ações de mitigação deveriam ser tomadas, como um maior controle e fiscalização de atividades como postos e lava rápidos, um forte trabalho de educação junto a moradores e também a implantação de estruturas destinadas a captar os sedimentos mais grossos e lixo que adentram o córrego nas enxurradas. A questão da qualidade da água é um elemento importante a ser considerado nos projetos de intervenção propostos no parque e uma oportunidade de educação ambiental, pois expõe aos usuários, muitos deles moradores do entorno, o impacto das atividades humanas na bacia.

Clima – Unidades Climáticas de Tarifa

A vegetação desempenha um importante papel na regulação do clima, amenizando as temperaturas altas e aumentando a umidade relativa do ar, ao passo que áreas menos arborizadas com ocupação urbana tendem a esquentar mais ao longo do dia. Isto é claramente visível a partir de imagens de temperatura aparente do solo.

Figura 34 - Temperatura aparente da Superfície. Modificado de Atlas Ambiental de São Paulo (SÃO PAULO, 2006), a partir de imagem obtida em 3/09/1999 às 09:57 hs. A diferença entre a temperatura máxima e mínima de superfície na bacia é de 3° C, havendo correspondência clara entre vegetação e temperatura.

Segundo Monteiro (1973) apud Tarifa e Armani (2001), a região metropolitana está localizada em uma transição entre uma zona de Clima Tropical Úmido de Altitude, com período seco bem definido para uma zona de clima subtropical permanentemente úmido.

É característica desta transição de zonas, a alternância de estações com período quente e úmido e período frio relativamente seco. Também são características as variações bruscas de ritmo e sucessão dos tipos de tempo, como aquecimentos e resfriamentos intensos em períodos de tempo curtos (semanas ou dias). Esta alternância explica regionalmente tanto os fortes impactos pluviométricos quanto, em determinados anos, longos períodos de seca.

Tarifa e Armani (2001), estudando em detalhe o clima da cidade, verificaram a existência de diferentes climas, denominadas de Unidades Climáticas, e no interior destas, diferentes unidades Mesoclimáticas e Topoclimáticas. Por conta da localização do município de São Paulo no planalto atlântico, sua proximidade com o oceano, sua topografia e feições do terreno configuram-se 5 diferentes unidades climáticas naturais

A bacia do córrego Judas está sob influência da unidade climática denominada Clima Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulistano e divide-se em duas unidades mesoclimáticas e topoclimáticas, conforme pode ser observado no Atlas Ambiental do Município (SÃO PAULO 2006):

- unidade de mesoclima e topoclima das colinas e patamares intermediários do Pinheiros (IB2), que corresponde as terras situadas entre espigões e topografias mais altas (acima de 800 metros) e as várzeas (abaixo dos 740 metros). Possuem pluviometria similar a unidade de topos de morros, porém apresenta temperaturas ligeiramente mais elevadas em relação a estas.

Figura 35 - Unidades Climáticas Naturais. IB2 –Patamares intermediários, da cota 740 a 800 metros de altitude; IC3 – Várzeas e terraços baixos do Rio Pinheiros (em azul). Fonte: Atlas Ambiental de São Paulo, carta de Unidades Climáticas Naturais. (SÃO PAULO, 2006)

- unidade das várzeas e baixos terraços do Pinheiros (IC3), localizada abaixo da cota de 740 metros. Esta unidade caracteriza-se por apresentar pluviometria inferior às demais unidades e temperaturas mais elevadas. A condição geográfica de fundo de vale

cercada por colinas e morros leva à estabilidade atmosférica, com ventos fracos e calmarias, o que dificulta a dispersão de poluentes e favorece a ocorrência de inversões térmicas.

Procurando desenvolver o entendimento do clima a partir das interações entre o espaço físico e o espaço social, no que os autores denominaram de Unidades Climáticas Urbanas, identificaram-se quatro unidades topoclimáticas para a região da bacia do córrego Judas / Maria Joaquina

- A unidade IB3 compreende a região localizada junto a marginal do rio Pinheiros Até a zona de contato coma a unidade IB4. O fato da marginal do rio Pinheiros neste trecho estar canalizada entre bairros com grande cobertura vegetal faz com que a absorção de radiação se torne menos intensa e portanto as temperaturas não sejam tão elevadas.
- A unidade IB4 aparece como uma área intensamente aquecida, com ocupação predominantemente industrial e com pouca cobertura vegetal.
- A unidade IE3 compreende um núcleo de ocupação adensada comercial e residencial, que tem contato com as unidades IB3 e 4 de um lado e por outro a unidade IE1
- A unidade IE1 compreende os bairros verdes (Granja Julieta, Alto da Boa Vista, Jardim Petropolis, Campo Belo), cujas temperaturas são bem mais amenas do que na unidade anterior.

Figura 36 - Unidades Climáticas Urbanas. IB3 Várzea do rio Pinheiros; IB4 – Zona industrial; IE3 – Núcleo Residencial comercial; IE1 – Bairros Verdes. Fonte: Atlas Ambiental de São Paulo, carta de Unidades Climáticas Urbanas. (SÃO PAULO, 2006)

A partir da análise pode-se perceber a relação entre o uso e a ocupação do solo e que apontam algumas medidas a serem tomadas. As áreas com melhor cobertura arbórea

(IE4) possuem uma melhor condição climática, de maneira que investimento nesta ação (da arborização) deveria ser estendido para as demais áreas. A substituição de pisos e telhados com alta capacidade de absorção de radiação é outra ação a ser considerada. Por fim, no que tange ao intenso fluxo de veículos nos corredores da marginal e também nos demais corredores, deve-se priorizar o transporte coletivo com a redução de emissões.

Biodiversidade

Podemos identificar na bacia duas áreas com maior concentração de áreas verdes ou densa cobertura arbórea. Uma delas é a porção que corresponde as áreas verdes do parque Severo Gomes, clube hípico e os bairros exclusivamente residenciais abaixo dos corredores. A outra área corresponde aos bairros do Alto da Boa Vista e Jardim Bela Vista, que estão imersos em um conjunto de bairros jardins. Estas áreas concentram a maior diversidade biológica, mas não estão conectadas.

No interior destas áreas há algumas áreas verdes. A diversidade vegetal varia. Algumas delas possuem uma cobertura arbórea com predomínio de Eucaliptos e sub-bosque pouco desenvolvido. Outras são fragmentos de matas, com grande diversidade de espécies, como o caso do clube hípico, que atraem e servem de abrigo para a fauna. Na bacia, dois pontos são monitorados e estudados pela Divisão Técnica de Veterinária e Manejo de Fauna Silvestre da Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente, o Parque Severo Gomes e o Clube Hípico de Santo Amaro. Até 2006 haviam sido registradas, 60 espécies de animais no parque e 53 no Clube Hípico, a maioria delas aves. (ALMEIDA e VASCONCELLOS 2007). Das espécies de aves encontradas, algumas são típicas de banhados e brejos, como saracuras, garças-brancas-pequenas e frangos d'água. Há também espécies adaptadas ao meio urbano, como bem te vi, sabiá, cambacica, pintassilgo, chopim, beija flor, anú, e outros. Os mamíferos mais comuns são os gambás e os sagüis de tufo branco, estes últimos introduzidos e que em bandos percorrem toda a extensão do bairro através das copas das árvores e da fiação nos postes. Ambas populações inspiram preocupações por parte das unidades de vigilância sanitária e também da unidade de fauna silvestre do município, por serem potenciais vetores de doenças e trazerem um prejuízo para a avifauna, atacando os ninhos dos pássaros. A questão é mais delicada em relação aos sagüis, pois este costumam se aproximar dos humanos e causar acidentes de mordedura. O córrego possui pequenos peixes do gênero Poecilia, conhecidos como Barrigudinho, que são procurados por aves aquáticas.

No trecho aberto ao público do parque Severo Gomes foi realizado estudo da flora arbórea, por Rossi (2006). O estudo revelou que essa área possui uma flora bastante alterada, com o predomínio de espécies exóticas. Das 10 espécies mais abundantes, 9 são de origem exótica ao país. As principais espécies arbóreas são a *Erithryna speciosa*, *Eucaliptus robusta*, *Morus nigra*, *Casuarina cunninghamiana*, e *Grevillea robusta*. Foi encontrado um total de 66 espécies naquele setor do parque.

Método para análise e gestão da Infraestrutura Verde e Floresta Urbana da Bacia do córrego Judas

4

Delimitação da bacia e seus setores. A divisão da bacia em seis setores. Os critérios e divisa.

Método de Estudo da cobertura vegetal e cobertura do solo da bacia com o uso de imagens de satélite. Descrição do processo de processamento, classificação e análise dos resultados.

Método de avaliação do espaço disponível para a implantação da arborização no sistema viário. Descrição do método usado para o levantamento das informações em campo e da elaboração dos desenhos.

Construção da Infraestrutura Verde. Descrição dos procedimentos para o desenho de uma Infraestrutura Verde para a bacia do córrego Judas/Maria Joaquina.

Método para análise e gestão da Infraestrutura Verde e Floresta Urbana da Bacia do córrego Judas

O estudo da bacia teve quatro momentos distintos. O primeiro, tratado no capítulo 4, levantou as informações referentes à bacia, não apenas aquelas referentes a legislação, história e características do meio, mas também o reconhecimento “in loco” da bacia. A partir das informações obtidas neste primeiro momento, foram realizados dois estudos: um da cobertura vegetal e urbana, com o auxílio de ferramenta de análise de imagem de satélite, e um segundo, analisando a vegetação em pequenos segmentos do sistema viário. Por fim, no quarto momento procurou-se projetar o desenvolvimento da infraestrutura verde da bacia utilizando as diretrizes obtidas nos estudos anteriores.

Delimitando as áreas de estudo

O uso da bacia hidrográfica como unidade de gestão tem sua razão de ser em função de um aspecto fundamental na paisagem e suas implicações ambientais: os cursos d'água e o ciclo hidrológico. A delimitação da bacia foi feita com base na planta da bacia produzida pela empresa Hidrostúdio. O contorno foi desenhado com o uso do programa Google Earth, sobre a imagem de 2008, que apresenta ótima resolução. Não foi possível aferir a verdade deste desenho produzido in loco, pois para tal necessitaríamos de um levantamento da rede de galerias de águas pluviais. Entretanto, é importante frisar que em meio urbano a bacia de drenagem pode não corresponder ao relevo, uma vez que as redes de galerias muitas vezes acabam coletando água de pontos que não seriam contribuintes daquela bacia, ou drenando as águas da bacia para bacias adjacentes.

Considerando que a distribuição da cobertura arbórea de uma área urbana é determinada em grande parte pela ocupação e uso do solo, optou-se por dividir a bacia em setores correspondentes a ocupação e uso do solo. Para estabelecer os limites foram consideradas diversas características, além do Plano Diretor vigente. Entre as observações feitas estão: tipo de uso predominante – se o uso predominante é misto, comercial, residencial, etc.; tamanho e ocupação dos lotes; características do sistema viário; arborização urbana.

O desenho de cada um dos setores também foi realizado com o uso do software Google Earth, a fim de criar arquivos vetorizados que mais tarde foram utilizados para a geração de arquivos de imagem destinados a análise da cobertura vegetal. O traçado do recorte geralmente coincidiu com o traçado do sistema viário, sendo nestes casos definido que metade da via seria incorporada em um setor e a outra metade para o outro. Em outros casos a separação se deu a partir do limite de lotes, como no caso das residências que tem os seus fundos voltados para o Clube Hípico, ou os lotes que fazem frente ao corredor da Avenida Santo Amaro, mas tem ao fundo lotes que pertencem a Zona Mista.

Os arquivos vetorizados gerados pelo programa Google Earth foram então reprojetados no programa Quantum Gis, para as mesmas coordenadas da imagem de satélite. Com o uso da ferramenta cortador, fez-se o recorte de cada um dos setores e da bacia total. Posteriormente estes recortes foram usados para a obtenção das classes de cobertura com o programa Multispec.

Estudo da cobertura vegetal e cobertura do solo da bacia com o uso de imagens de satélite

O uso de imagens de satélite para a análise da cobertura vegetal tem sido amplamente empregado em estudos acadêmicos e no planejamento da Infraestrutura Verde e da Floresta Urbana. (VELASCO, 2007). Os avanços tecnológicos, na obtenção de melhores imagens, seu processamento e o uso de sistemas de informação geográficos tornaram prático o uso de sensoriamento de remoto para o levantamento da cobertura vegetal. O fato de a vegetação absorver fortemente as ondas luminosas na faixa do vermelho e refletir fortemente na faixa do infravermelho, a tornam, com o uso de sensores e processamento adequado das imagens, bastante destacável em relação a outros elementos de uma imagem (MCPHERSON, 2008).

Raciti et al (2006) recomendam que para trabalhos de levantamento de cobertura arbórea sejam utilizadas imagens com a resolução espacial de no mínimo 1 metro, a fim de que as diversas feições sejam identificadas corretamente. A cobertura arbórea da bacia do córrego Judas / Maria Joaquina foi analisada a partir do processamento de uma imagem gerada pelo satélite WorldView II, lançado em 2008. O registro da área foi feito em fevereiro de 2011. As imagens obtidas por este satélite possuem resolução espacial de 0,5 metros na faixa pancromática e 2 metros na faixa multiespectral (DIGITALGLOBE, 2009).

As imagens foram fornecidas com os serviços de mosaicagem, ortorretificação e georreferenciamento executados. Para os trabalhos de criação de vetores, recortes e análise, foram utilizados basicamente três programas disponíveis na internet: Google Earth, QuantumGIS e Multispec. A escolha por programas de uso aberto se deu para que o método fosse empregado a necessidade da aquisição de licenças de programas geralmente muito caras.

Tendo as imagens já recortadas de cada setor, e com o auxílio do programa Multispec, procedeu-se o fornecimento dos “alvos” ou amostras e a classificação da cobertura da imagem. Para a classificação foram utilizadas todas as bandas disponíveis na imagem: Infravermelho Próximo (NIR), Vermelho, Verde e Verde. A classificação automática supervisionada tem como objetivo categorizar ou rotular os pixels da imagem digital em classes de ocupação e uso do solo, com base nos níveis de cinza das diferentes bandas espectrais, de forma a reconhecer o padrão das assinaturas espectrais de cada classe. Neste processo, ocorrem duas fases distintas, a do treinamento e a da classificação. Previamente a classificação supervisionada, pode-se também realizar a classificação não supervisionada, na qual o programa agrupa os pixels por similaridade. Tal procedimento foi realizado em duas cenas como forma de auxiliar o processo de classificação supervisionada.

Na fase de treinamento o analista seleciona amostras representativas de cada uma das classes de uso do solo que se pretenda identificar na imagem. Após essa fase procede-se a classificação, onde o programa, com o uso de um algoritmo específico, classifica todos os pixels da imagem a partir das amostras fornecidas pelo analista, gerando um mapa temático. A precisão da classificação obtida foi avaliada a partir da análise da matriz de erro e do índice de precisão Kappa. Consideraram-se somente os

mapeamentos cujos índices de precisão Kappa alcançaram entre 80 e 100%, considerados como excelentes (LANDIS E KOCH, 1977).

A identificação das áreas para determinação das classes a serem fornecidas ao treinador foi realizada visualmente, baseada no conhecimento de campo e algumas vezes com o auxílio de imagens do software Google Earth. A imagem foi disposta em tela com a composição de bandas NIR (Infravermelho próximo), R (vermelho) e B (azul), com vistas a dar destaque visual na vegetação e nos telhados de cerâmica.

O método escolhido para a classificação supervisionada foi o da máxima verossimilhança, no qual são utilizadas as médias e covariância dos pixels amostrados, para calcular a probabilidade de um pixel externo a amostra pertencer a essa classe. Segundo Fitz (2008), este é o método de classificação supervisionada mais utilizado atualmente.

Com base na análise visual dos elementos da imagem foram definidas inicialmente 10 classes de cobertura, agrupadas em 3 tipos de uso de solo e uma classe distinta que corresponde a áreas sombreadas. A cobertura vegetal representa a soma das coberturas arbóreas, correspondentes à vegetação arbórea e arbustiva, e o relvado, correspondente a áreas cobertas com vegetação rasteira, como grama. O espaço livre representa a soma das classes asfalto e solo exposto. O espaço construído representa a soma das classes telha cerâmica, telha cinza, telha clara, telha escura (que inclui em tese as lajes) e piscina. A classe sombra foi tratada de maneira diferenciada. Não é possível determinar com exatidão qual superfície foi sombreada e, portanto a classe de cobertura real. Se a área sombreada for excluída, teremos então uma diminuição geral das áreas de todas as classes de cobertura e conseqüentemente dos tipos de uso de solo. Se dividirmos proporcionalmente esta área sombreada nas diferentes classes, fatalmente estaremos atribuindo áreas de cobertura de uma classe para outra, e pode-se incorrer no erro de atribuir uma cobertura maior ou menor as diferentes classes.

Uma vez escolhidas as amostras e realizada a classificação, foi feita uma análise preliminar dos resultados a fim de se proceder aos ajustes necessários. A primeira análise foi feita em relação a precisão da classificação, geral e por classe a fim de se melhorar a classificação naquelas classes com alto índice de confusão, isto é, aonde uma classe foi confundida por outra. A calibragem consistiu na eliminação, substituição e acréscimo de amostras que apresentassem um melhor comportamento na classificação supervisionada, tanto estatística, quanto visualmente. Após essa primeira calibragem, baseada apenas na estatística, procedeu-se uma nova calibragem em relação ao mapa temático obtido, isto é, se a imagem temática produzida foi compatível com a verdade de solo, atentando-se para que os índices de precisão ficassem em níveis aceitáveis. Os mapas temáticos foram finalizados com a atribuição de uma cor padrão para classe de uso de solo.

Para auxiliar na análise da cobertura foi utilizados o Índice de Floresta Urbana (IFU) proposto por Silva Filho (2005) e os índices que o compõe. O Índice de Floresta Urbana é composto por dois indicadores, PAI (proporção entre espaço livre arborizado e espaço livre impermeável) e PAC (proporção entre espaço livre arborizado e espaço construído). Os índices são construídos a partir de:

$$PAI = \frac{ELA}{ELA + ELI} \quad \begin{matrix} \text{(Espaço Livre Arborizado)} \\ \text{(Espaço Livre Arborizado + Espaço Livre Impermeável)} \end{matrix}$$

O índice PAI relaciona a cobertura arbórea com os espaços impermeáveis. É sobre as coberturas impermeáveis que a arborização reveste-se de especial importância, pois atenua o escoamento superficial de água de chuva e sombreia estas superfícies diminuindo a temperatura destas. Os espaços livres impermeáveis são constituídos em sua maioria pelo sistema viário, de maneira que este índice procura valorizar a relação deste com a arborização. Valores altos indicam em tese a maior cobertura destes espaços pela arborização. O indicador varia entre 0 e 1, sendo 0 a ausência de arborização e 1 a cobertura total dos espaços livres impermeabilizados por vegetação.

$$PAC = \frac{ELA}{ELA + EC} \quad \begin{matrix} \text{(Espaço Livre Arborizado)} \\ \text{(Espaço Livre Arborizado + Espaço Construído)} \end{matrix}$$

O índice acima estabelece a relação entre a arborização e espaço construído. O espaço construído não pode ser ocupado pela vegetação arbórea, sendo que a primeira pode, no máximo cobrir parcialmente as construções, o que geralmente é evitado através de podas. Desta maneira o índice estabelece uma relação entre o grau de ocupação de cada uma das duas classes. Como no índice anterior este também varia de 0 a 1.

$$IFU = PAI + PAC$$

O indicador tem como valor mínimo 0 e valor máximo 2. O índice atribui um grande peso no tratamento que a arborização dá em relação às áreas impermeáveis. Segundo Silva Filho (2005), ele procura valorizar os espaços arborizados em relação aos outros elementos constituintes do meio, como construções, ruas, calçadas, estacionamentos, etc.

Aprimorando o método

Em função de dúvidas quanto ao classificador a ser adotado e os constantes problemas de confusão entre classes, resolveu-se ainda durante o processo de extração dos dados da imagem por classificação supervisionada, realizar uma comparações entre alguns classificadores disponíveis no programa.

Sempre fazendo uso do programa Multispec, foram feitas cinco classificações utilizando-se a imagem do setor ZER ABV para testar os diferentes algoritmos de classificação do programa e a forma como os dados eram lançados. A imagem foi classificada utilizando-se os mesmos alvos, variando-se apenas os algoritmos. Dos seis algoritmos disponíveis foram usados: Máxima Verossimilhança, Semelhança Linear de Fischer, ECHO Espectral-espaial com os algoritmos espectral-linear quadrático e semelhança linear de Fischer.

Por fim foi realizada uma 5ª classificação na qual houve um procedimento prévio de classificação não supervisionada. A classificação não supervisionada consiste no agrupamento de classes de pixels por similaridade. O operador determina o número de classes que deseja agrupar os pixels e o programa cria um mapa temático destes agrupamentos (clusters). Isto é interessante para mostrar ao operador, através de sobreposição de imagens, alvos mais precisos, isto é que não apresentam uma confusão

de classes de pixels muito diferentes. Com base nestas comparações, novos alvos foram selecionados e sobre eles realizada uma classificação supervisionada utilizando-se o algoritmo de máxima verossimilhança.

Para cada classificação foi produzido um mapa temático geral a fim de se comparar visualmente a classificação obtida com a imagem local. Também foram produzidos mapas temáticos de classes isoladas para se analisar o comportamento da distribuição dos pixels classificados com maior precisão.

Avaliação do espaço disponível para a implantação da arborização no sistema viário.

O objetivo do método foi avaliar a cobertura arbórea, a área permeável, a relação da arborização com os elementos existentes no sistema viário e o estado da arborização. A partir desta avaliação fizeram-se desenhos de intervenções nestes espaços para criar possibilidades de incremento da vegetação e melhoria da drenagem.

Foi feito um levantamento cadastral de todos os elementos presentes em um segmento de via, como postes, placas, caixas de inspeção ou passagem, bocas de lobo, bueiros, etc. Os elementos foram posicionados a partir da distância da esquina do alinhamento dos lotes. Das árvores foram feitas imagens e obtidas as informações referentes à posição, DAP, e estado geral (segundo os critérios propostos por Thurman, 1997 e Dalcin, 1992 apud Silva Filho, 2002). As imagens foram obtidas posicionando-se uma escala ao lado da árvore para posterior medição da altura e diâmetro da copa com o auxílio do programa Image Tools. Foram levantadas também as dimensões do leito viário, como largura da calçada, largura da via, rebaixamentos de guia, faixas de pedestres e outras marcações. Outras informações referentes à via tais como sentido, fluxo de veículos ou pedestres, estacionamento permitido ou proibido, direção da drenagem, etc. foram levantados. Levantou-se também a dimensão de todos os canteiros presentes no segmento de via vistoriado para a avaliação de área permeável.

Foi elaborada uma tabela de distanciamento mínimo de árvores em relação aos elementos presentes no sistema viário. Esta tabela foi elaborada tomando-se como base as distâncias encontradas no Plano Diretor de Porto Alegre (PORTO ALEGRE, 2007), na norma expedida pela prefeitura de Nova York (NEW YORK, 2009) e o manual de arborização da Prefeitura de São Paulo (SÃO PAULO, 2005). Optou-se pela adoção de distâncias menores, no entendimento de que é preciso fortalecer a presença da arborização na via. Da mesma maneira foi elaborada uma tabela com distâncias mínimas dos canteiros, fossem eles das árvores, de calçadas verdes ou de jardins de chuva ou outras estruturas de drenagem sustentável.

As informações acerca dos elementos do viário foram lançadas em uma planta da via, criando uma planta da situação existente. Com o uso das informações contidas na tabela de distanciamentos foi elaborado um novo desenho. Este desenho promoveu a alteração de posição de alguns elementos dispostos no sistema viário para de criar um novo cenário de cobertura arbórea e também de áreas permeáveis.

Elemento ou situação de via	Distância em metros de:	
	Árvore	Canteiro
Confluência alinhamento predial de esquina	5	0
Semáforos	6**	0
Bocas de Lobo e caixas de inspeção	1,25	0
Rebaixamento de Guia, Gárgula, Faixa de Pedestre	1***	0,5
Postes	3 a 5*	0
Entre Árvores	3 a 7*	0
Meio Fio	0,6*	0
Ponto de Iluminação pública	**	n/a
Fachadas de Edificações	2,5*	n/a
Placas de Trânsito	**	0
Ramais subterrâneos	1 a 3*	0
Equipamentos Segurança	1*	1
Mobiliário	1,2	1,2
Instalações subterrâneas (gás, água, energia, etc)	1	0
Entrada de construções		Vedado
Válvulas de gás e água		0,7
Transformadores		n/a
Parada de ônibus		Vedado
Dimensão Mínima de Canteiro		maior possível

Figura 37: Quadro de distâncias entre a árvore, canteiro e os elementos construídos ou interferências existentes no sistema viário, adotado para a elaboração dos novos desenhos dos trechos de viário estudados.

Construção da Infraestrutura Verde

A Infraestrutura Verde da bacia foi identificada e delimitada baseando-se no modelo de paisagem desenvolvido por Forman (1995). Foram identificadas as principais manchas inseridas na matriz urbana tais como áreas verdes públicas (praças, parques e escolas), privadas (áreas de condomínio, escolas, clube). a arborização de viário e quintais, que permeiam esta matriz e também o percurso do córrego, a partir do setor Área Verde enquanto um corredor.

Identificadas as áreas verdes, construiu-se então um desenho para a sua ampliação e diretrizes para a sua melhoria. Foram identificadas ao longo do córrego as áreas com potencial para a renaturalização do córrego e ampliação do sistema de áreas verdes.

Propôs-se uma série de corredores verdes principais com o objetivo de realizar a conexão de montante a jusante da bacia. Acompanhando o sistema viário e o curso do córrego, os corredores principais interligam as regiões a montante da bacia com maior vegetação e áreas verdes significativas as áreas verdes centrais da bacia e o corredor do rio Pinheiros. Vários corredores secundários foram propostos para conectar as áreas verdes menores, ou ruas bem arborizadas, porém isoladas, às áreas verdes maiores ou aos corredores principais. O critério inicial para a definição destes percursos foi a de menor trajeto.

A discussão sobre o espaço da arborização no sistema viário oferece elementos para a implantação dos caminhos verdes ao longo das vias. Da mesma maneira, as ações de ampliação, manutenção e proteção da arborização como parte da Infraestrutura Verde serão discutidas no estudo da cobertura arbórea da bacia.

Resultados e Discussões

A Cobertura Arbórea da Bacia. Discussão sobre os classificadores disponíveis e a escolha pelo método de máxima verossimilhança. Os resultados gerais das coberturas por classes em cada setor e geral, classes agrupadas e índices de floresta urbana. As estratégias para a preservação, desenvolvimento e ampliação da cobertura arbórea: uma visão geral. Discussão dos resultados e elaboração de estratégias para cada setor

A Arborização e as Vias Públicas. A elaboração dos desenhos de cada trecho amostrado. A análise do problema do espaço da via para a arborização, permeabilidade e acessibilidade. A apresentação de um desenho com as propostas para a ampliação da arborização, do uso de técnicas de drenagem sustentável e acessibilidade.

Construção da Infraestrutura Verde da Bacia do córrego Judas/Maria Joaquina. O levantamento dos elementos que constituem a Infraestrutura Verde da bacia com base no modelo matriz, mancha e corredor. As áreas verdes, corredores e a arborização, um conceito espacial para o planejamento e desenho. Conectando o verde: ampliando e desenvolvendo as áreas verdes e criando corredores. Conectando as águas: a importância da renaturalização do córrego, a proteção de sua calha, a qualidade das águas e a rede de estruturas de drenagem sustentável

A Cobertura Arbórea da Bacia

Uma breve discussão sobre classificadores

Durante o processo de classificação das imagens surgiram dúvidas quanto ao melhor classificador a ser utilizado e quanto aos procedimentos adotados no processo de seleção das amostras. Isto levou a um processo de avaliação de quatro possibilidades de classificadores. Na comparação entre os quatro classificadores selecionados, mais a utilização do processo de classificação não supervisionada em uma das fases e utilizando a imagem do setor ZER ABV, obteve-se o seguinte quadro de coberturas por classe em porcentagem:

Tabela 5.1 Cobertura de cada classe em porcentagem em relação aos quatro classificadores supervisionados mais a classificação não supervisionada previamente ao classificador de máxima verossimilhança. Classificação geral e estatística Kappa.

Classe / Setor	Max Ver	ECHO Quadratic	ECHO Fischer	Fischer Linear	Max Ver Cluster
Copa de Árvore	37,84	38,18	25,39	25,15	38,22
Relvado	4,02	3,66	2,22	2,49	4,06
Asfalto	5,04	4,78	9,02	9,66	6,80
Piscina	0,08	0,08	0,24	0,24	0,09
Telha Cerâmica	25,50	25,49	11,49	11,51	26,44
Telha Cinza	4,15	4,15	9,32	9,35	4,53
Teto Claro	2,32	2,32	3,86	3,85	2,31
Telha Escura	14,36	14,65	19,90	19,27	10,86
Sombra	6,69	6,68	18,56	18,49	6,70
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Classificação Geral	93,40%	94,70%	91,60%	91,20%	93,70%
Estatística Kappa	94,10%	95,30%	92,90%	92,30%	94,30%

Do ponto de vista da avaliação estatística da classificação, os resultados foram bastante semelhantes, sendo que o método classificador ECHO com o algoritmo Quadratic obteve o melhor resultado. Mas em termos quantitativos as diferenças foram bastante significativas. Dois grupos de resultados se configuraram. Aqueles que usaram a equação linear de Fischer apresentaram resultados semelhantes entre si e bastante diferentes do método que usou o algoritmo de máxima verossimilhança e ECHO com algoritmo Quadratic. Para os dois grupos, nenhuma das classes foi classificada de maneira semelhante. O uso prévio do processo de classificação não supervisionada (Max Ver Cluster) como suporte de decisão para a escolha de amostras para a classificação supervisionada teve impacto principalmente nas classes asfalto e telhas escuras.

A comparação das imagens temáticas entre si (Figura 38) e com a imagem original mostrou ainda algumas tendências importantes. Em relação à vegetação, enquanto os classificadores que usam o algoritmo linear Fischer aparentemente subestimaram a vegetação, os demais foram em direção inversa, porém num grau menos intenso. Com a classe de telha cerâmica, ocorreu um processo semelhante, mas com intensidades invertidas, isto é, se o método de Fischer subestimou a cobertura cerâmica, isso foi

bastante suave, ao passo que o método de máxima verossimilhança atribuiu a esta classe uma proporção muito grande, além do que realmente nos pareceu ser.

Figura 38: Comparação entre a imagem original (a esquerda), com imagens temáticas representando as 11 classes (acima) e as classes de vegetação (abaixo) com a utilização dos algoritmos de máxima verossimilhança (centro) e ECHO linear Fischer (direita).

As classes com tonalidades de cinza (desde o branco até o negro) foram mais valorizadas pelo algoritmo linear Fischer. Embora as classes asfalto e telhado escuro tenham tido uma boa classificação individual do ponto de vista estatístico, ao se observar a imagem temática a confusão é visível. Telhados escuros e asfalto se confundem na imagem, de maneira que nem o traçado de ruas, nem o contorno dos telhados são possíveis de serem claramente identificados.

O uso da classe piso cimento já neste ponto da classificação foi descartada. Com ela pretendia-se registrar os pavimentos não asfálticos, como calçadas, pátios, estacionamentos pavimentados com concreto, etc. Fato é que o classificador não foi capaz de identificar essa classe de maneira correta gerando uma grande confusão com as demais classes de cores acinzentadas, especialmente telhado cinza e asfalto, mas também solo exposto quando esta classe foi usada. Assumiu-se que a cobertura

referente a classe piso cimento foi incorporada principalmente nas classes asfalto e telha cerâmica.

A classe de solo exposto foi usada apenas em dois setores, Industrial e Área Verde, pois apenas nestes dois setores estas classes estavam claramente presentes. Observou-se que o solo raramente estava diretamente exposto, sendo geralmente recoberto com algum tipo de material acinzentado, como pedrisco. No caso do setor Área Verde, há grandes espaços recobertos por areia, que são locais de treino e competições eqüestres.

Não houve confusão na identificação da cobertura vegetal. Esta foi perfeitamente destacada do restante dos objetos em cena. O que se observou algumas vezes foi a confusão entre a cobertura arbórea e a cobertura rasteira, embora as manchas de relvado, como gramados de praças, canteiros de avenidas e terrenos baldios tenham sido bem identificadas. No entanto é preciso considerar que o resultado obtido para a cobertura vegetal pode estar ligeiramente superior à realidade de campo.

Finalmente, considerando-se as diferenças observadas entre os diferentes classificadores, optou-se pelo classificador de máxima verossimilhança por ser um algoritmo muito utilizado para este tipo de trabalho, sendo então útil como referência. O classificador foi capaz mesmo que tendo apresentado uma tendência a valorizar a vegetação, de classificá-la sem confusão com outras classes. A ferramenta de classificação não supervisionada foi aplicada somente aos setores Industrial e ZER ABV, nos quais havia uma maior confusão entre as classes acinzentadas.

Como poderá ser observado a partir dos resultados obtidos, o método é muito útil ao produzir rapidamente resultados que podem ser utilizados para a quantificação, distribuição e análise das coberturas, especialmente da cobertura arbórea, mesmo que em detalhes algumas classes possam apresentar alguns problemas em sua precisão identificação e quantificação. Seus resultados foram coerentes para o que se vê em campo e preciosos para as discussões que se seguem.

Resultados Gerais da Classificação

Estatisticamente, a classificação geral de todos os setores foi considerada excelente. Apenas a classificação do setor industrial ficou abaixo de 90% (Tabela 5.2)

Tabela 5.2 - Resultados da avaliação classificação dos seis setores da bacia com base nas avaliações fornecidas pelo programa. Classificação Geral e Estatística Kappa.

Setor	Avaliação da Classificação	
	Classificação Geral	Estatística Kappa
Industrial	89,3%	89,0%
Zona Mista	96,6%	95,5%
ZER Granja	92,7%	92,2%
Corredor	94,5%	94,2%
ZER ABV	93,4%	94,1%
Área Verde	99,2%	99,2%

A tabela 5.3 apresenta a porcentagem de cobertura de cada classe em cada setor da bacia e a porcentagem de cada classe na bacia inteira. O último resultado foi obtido a partir da soma das áreas de cobertura de cada classe em todos os setores, dividido pela área total da bacia. O resultado desta soma (em porcentagem) pode ser visualizado no gráfico apresentado a Figura 39.

Tabela 5.3 - Cobertura de cada Classe em porcentagem relativo a cada setor e total da bacia

Classe	Setor						
	Área Industrial	Zona Mista	ZER Granja	Corredor	ZER ABV	Área Verde	Bacia Total
Copa de Árvore	14,18	15,29	27,38	18,08	37,84	68,99	28,57
Relvado	4,56	5,71	5,77	6,70	4,02	8,52	5,64
Solo Exposto	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	7,01	0,99
Asfalto	12,45	7,98	4,26	11,30	5,04	0,90	6,90
Piscina	0,05	1,01	0,44	0,04	0,08	0,13	0,35
Telha Cerâmica	3,69	21,89	25,36	9,88	25,50	5,18	17,46
Telha Cinza	12,50	12,31	5,23	18,20	4,15	0,14	8,68
Teto Claro	6,01	1,30	2,42	0,98	2,32	1,52	2,35
Telha Escura	41,19	29,03	20,50	27,20	14,36	2,69	22,74
Sombra	3,69	5,46	8,63	7,62	6,69	4,92	6,33
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Para análise da relação da cobertura arbórea com as demais formas de ocupação do território, as 11 classes obtidas foram agrupados em cobertura vegetal, espaço livre de construção, espaço construído e sombra. Foram também obtidos os índices PAI, PAC e IFU, para a discussão da qualidade desta cobertura (Tabela 5.4).

Tabela 5.4: Cobertura relativa de classes agrupadas (em porcentagem), índices de relação cobertura arbórea e espaço livre impermeabilizado (PAI), cobertura arbórea e espaço construído (PAC) e índice de Floresta Urbana (IFU) por setor da bacia e total.

Classes Agrupadas	Setor						Bacia Total
	Área Industrial	Zona Mista	ZER Granja	Corredor	ZER ABV	Área Verde	
Cobertura Vegetal	18,75	21,01	33,15	24,78	41,86	77,51	34,20
Espaço Livre de Construção	32,87	28,99	37,41	36,07	46,90	85,42	42,09
Espaço Construído	63,44	65,55	53,96	56,31	46,41	9,66	51,58
Sombra	3,69	5,46	8,63	7,62	6,69	4,92	6,33
PAI	0,50	0,66	0,87	0,62	0,88	0,90	0,78
PAC	0,18	0,19	0,34	0,24	0,45	0,88	0,36
IFU	0,68	0,85	1,20	0,86	1,33	1,77	1,14
PAV	0,76	0,73	0,83	0,73	0,90	0,89	0,84

Bacia Córrego Judas Maria Joaquina - Área de cobertura por Classes em porcentagem

Figura 39 - Gráfico de áreas de cobertura por Classes de Ocupação do solo em porcentagem para toda a área da bacia do córrego Judas / Maria Joaquina.

A Tabela 5.5 apresenta as áreas de cobertura em hectares de cada classe em cada setor da bacia e também a área total de cada classe na bacia, produto da soma de cada classe em todos os setores.

Tabela 5.5: Cobertura de cada Classe em Hectares, correspondente a cada setor e totalização da bacia.

Classe	Setor						Bacia Total
	Área Industrial	Zona Mista	ZER Granja	Corredor	ZER ABV	Área Verde	
Copa de Árvore	6,43	11,01	17,60	8,16	27,66	25,24	96,10
Relvado	2,07	4,10	3,71	3,03	2,94	3,12	18,96
Solo Exposto	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	2,57	3,32
Asfalto	5,64	5,73	2,73	5,10	3,69	0,33	23,23
Piscina	0,02	0,73	0,29	0,02	0,06	0,05	1,17
Telha Cerâmica	1,67	15,76	16,31	4,46	18,64	1,89	58,74
Telha Cinza	5,67	8,86	3,36	8,22	3,04	0,05	29,19
Teto Claro	2,73	0,94	1,56	0,45	1,69	0,56	7,91
Telha Escura	18,67	20,90	13,18	12,28	10,50	0,98	76,51
Sombra	1,67	3,93	5,55	3,44	4,89	1,80	21,28
Áreas Totais	45,33	71,96	64,29	45,15	73,10	36,58	336,41
% da Área Total	13,5%	21,4%	19,1%	13,4%	21,7%	10,9%	100,0%

Análise dos Resultados

A cobertura arbórea total obtida para a bacia foi de 28,57% (Tabela 5.3). Considerando o valor de 30% citado por Oke (1973) apud Lombardo (1985) como uma referência de boa cobertura arbórea, a meta de cobertura arbórea proposta por Luley e Bond (2002), em estudo relativo a melhoria da qualidade do ar em NY, poderia sugerir que a bacia como um todo apresenta uma cobertura próxima do satisfatório. Comparando-se com dados obtidos por outros autores temos:

Tabela 5.6 - Comparação da Cobertura Arbórea, Cobertura Vegetal, Índice de Floresta Urbana (IFU) para outras localidades.

Cidade / Bairro	CA (%)*	CV (%)**	IFU***	Fonte
Piracicaba	9,8	25	0,56	Silva, 2011
Iracemópolis	7,48	30,09	0,57	Silva, 2011
Maringá	16,83	n.d.	0,94	Silva, 2011
São Paulo - Vila Leopoldina	12,44	15,75	0,704	Moreira, 2007
São Paulo - Itaquera	10,82	14,42	0,632	Moreira, 2007
São Paulo - Bom Retiro	9,87	10,96	0,533	Moreira, 2007
Los Angeles	20,8	33,2	n.d.	McPherson et al 2008
Seattle	18	n.d.	n.d.	Seattle, 2007
Bacia Judas / Maria Joaquina	28,57	34,2	1,14	Rotermund, 2012

* Cobertura Arbórea em porcentagem

** Cobertura Vegetal em porcentagem

*** Índice de Floresta Urbana

Apesar de apresentar um valor bastante elevado, a distribuição da cobertura arbórea na bacia é desigual. Ela está concentrada nos setores Áreas Verdes, ZER Alto da Boa Vista e ZER Granja. Os setores Industrial, Zona Mista e Corredores Viários apresentam uma cobertura muito menor. Considerando-se também o que foi colocado por Tarifa (2001) fica claro o papel da vegetação como provedor de uma boa qualidade climática nos três primeiros setores.

Nos setores Industrial, Zona Mista e Corredor, temos as menores proporções entre espaço livre arborizado e espaço livre pavimentado, mostrando que nestes setores, existe espaço para se ampliar a cobertura. Já nos demais setores, trata-se da adoção de ações que visem a manutenção e preservação da cobertura existente. Para as ações de manutenção é necessária uma avaliação qualitativa da arborização que subsidiem com informações o estado desta arborização. Os setores Industrial e Zona Mista foram também os que apresentaram uma densidade construtiva maior, com 63,5% e 65,5% de seu espaço tomado por construções. Isso aponta para uma provável dificuldade de se arborizar no interior de quadras, presumindo-se que é lá que existe maior concentração de construções.

Se por um lado as diferenças encontradas no tecido urbano dos diferentes setores implicam em diretrizes, estratégias e ações diferenciadas na lida com a floresta urbana, também é necessário que se mantenha a noção do conjunto, da conexão física e funcional entre todos os setores. Muitas estratégias se repetem ao longo de cada um dos setores, e a importância de cada uma varia de acordo com o setor. É preciso

compreender que embora possam ser desenvolvidas independentemente, elas fazem parte de uma estratégia comum de Infraestrutura Verde..

Estratégias gerais para o desenvolvimento da vegetação:

- Plantio de espécies de médio e grande porte ao invés de espécies de pequeno a médio porte. O uso de espécies menores só deve ser feito quando não há condições para o desenvolvimento de árvores maiores. Muitas vezes grandes árvores são removidas e substituídas por árvores de pequeno porte. Isto a longo prazo tende a corroer a cobertura da bacia.
- O aumento da área permeável de canteiros, o uso de calçadas permeáveis e de técnicas que melhorem a condição do sistema radicular deve ser uma prática em toda obra, seja de calçada, seja no interior dos lotes. Um trabalho intensivo de melhoria da qualidade do solo deve ser uma prática obrigatória, pois a saúde da árvore começa no solo. A inexistência de um solo adequado compromete o desenvolvimento do sistema radicular e pode ter como uma das consequências a queda de árvores, especialmente se a diretriz geral é de plantio de árvores de maior porte.
- Manejo adequado e contínuo. A prática de intervir na arborização apenas quando o problema já está instalado é a regra. Um manejo permanente que leve a um desenvolvimento correto e sadio da arborização torna a cobertura maior e mais eficiente no desempenho de seus serviços ecossistêmicos.
- Substituição da fiação tradicional por compacta para evitar acidentes com as árvores. Na maioria dos setores a fiação compacta é exceção e não regra. Os problemas de podas que descaracterizam a copa das árvores e quedas de energia são especialmente freqüentes nos setores ZER ABV e ZER Granja.
- Exigir em todo novo empreendimento alguma cobertura arbórea e não apenas naqueles onde já há manejo de vegetação, conforme a legislação de licenciamento para supressão e manejo da vegetação arbórea (SÃO PAULO, 2010)
- Proteger os remanescentes mais significativos que ainda se encontram na mão de particulares, e quando for o caso, torna-los públicos, como no caso da área verde ao lado do colégio Pueri Domus.
- Utilizar o mecanismo de isenção fiscal para beneficiar os lotes que, dentro do zoneamento específico, atinjam padrões acima do exigido em termos de permeabilidade e agregando a essa isenção também a cobertura arbórea.
- Instituir mecanismo de cobrança de taxa de águas pluviais e estabelecer mecanismos de isenção desta a medida que o lote adote práticas de drenagem sustentável, como cisternas, tetos verdes, canteiros pluviais, áreas permeáveis acima do exigido legalmente.
- Fiscalização da manutenção da permeabilidade dos lotes. A evolução da ocupação no interior do lote não é objeto de acompanhamento do poder público e a impermeabilização acima do estabelecido legalmente pode levar o proprietário a ser responsabilizado a reparar e compensar o dano, se aplicada a legislação ambiental vigente.

- Transformar ilhas, rotatórias, condutores de tráfego em espaços destinados a detenção de água de chuva. Esta prática já vem sendo assimilada de maneira tímida com a transformação destes espaços em áreas permeáveis. Cabe agora a evolução do desenho para estruturas já apresentadas, como biovaletas, canteiros pluviais, jardins de chuva e pavimentos permeáveis. Estes são desenhados e construídos para tratar a água de chuva, promovendo a sua detenção de maneira a permitir que parte se infiltre, reduzindo volume e aumentando o tempo desta água chegar ao córrego. Estes espaços podem não apenas servir à implantação de arborização, mas criar melhores condições para as raízes em situações de pouca disponibilidade de áreas permeáveis.

Quaisquer ações, em especial de caráter restritivo ou punitivo serão mais eficientes se precedidas de um forte trabalho de esclarecimento e convencimento da população, para que a necessidade destas ações seja compreendida.

Algumas das propostas apresentadas acima dependem de mudanças de legislação e se aplicam a toda a cidade. Sua introdução é mais lenta. Mas várias das estratégias podem ser aplicadas imediatamente de maneira coordenada dentro de um plano de Infraestrutura Verde para a bacia e podem ser executadas localmente pelos atores locais.

Setor Industrial.

Figura 40: Imagem temática sem escala das classes de cobertura do Setor Industrial e gráfico de classes de cobertura em porcentagem

O setor apresenta a menor cobertura arbórea e de vegetação por setor entre os seis setores pesquisados (14,2%). A arborização está concentrada principalmente no sistema viário e mesmo assim de maneira desigual. Uma boa parte desta vegetação concentra-se ao longo da avenida Prof. Alceu Maynard, praças adjacentes a ela, Marginal do rio Pinheiros e mais dois trechos de via. A maior parte das outras ruas é desprovida de arborização significativa. A área de relvado está bastante concentrada em um grande terreno para o qual está previsto a construção de prédios residenciais e comerciais. Deve ser entendida assim como uma área em transformação. O interior dos lotes também via de regra é desprovido de arborização ou de áreas vegetadas.

A proporção entre área construída e área total é a segunda maior entre os setores estudados, chegando a 63,45%. A quantidade de superfícies escuras que têm uma maior capacidade de absorção de calor foi a maior entre os seis setores. Isto pode ser um forte contribuinte para o aumento do efeito de ilha de calor no local. Juntas, elas somaram 53,7% da superfície do setor.

O Indicador PAI foi também o menor de toda a bacia (0,53), indicando a possibilidade de ampliação da cobertura arbórea nos espaços pavimentados, especialmente no sistema viário.

De maneira semelhante, o indicador PAC foi o menor entre todos os setores (0,18). Mas apesar da grande ocupação por área construída, este setor apresenta lotes de grandes tamanhos com grandes construções, o que abre possibilidades de se pensar em aumento de cobertura em seus interiores. Isto por que os espaços livres de construção nestes lotes tendem a serem maiores e menos fragmentados. Assim, estes teriam tamanho suficiente para a presença de árvores.

Refletindo os dois indicadores anteriores, o Índice de Floresta Urbana apresentou o valor de 0,72, o menor entre os 6 setores pesquisados.

Figura 41: Imagem temática da cobertura vegetal do Setor Industrial. Em verde escuro a cobertura arbórea e verde claro a vegetação rasteira. Conjuntos de vegetação: (1) Avenida Alceu Maynard, (2) Av. Marginal, (3) Ruas Bragança Paulista e Rua Araraí, (4) terreno vazio com grande cobertura de vegetação rasteira.

Estratégias:

A política de aumento da cobertura arbórea no setor Industrial deverá ser priorizada. Há espaço para que este aumento ocorra tanto nas vias públicas quanto no interior dos lotes. As vias deste setor e suas calçadas apresentam geralmente larguras suficientes para o uso de espécies de médio e grande porte. Por sua vez, os lotes são de grande tamanho, ocupados por grandes empreendedores e condomínios, o que torna mais fácil a aplicação de mecanismos tanto para a ampliação de cobertura, como medidas de drenagem sustentável, uma vez que as ações não serão pulverizadas em vários locais com vários interlocutores.

A atual legislação já exige de novos empreendimentos algumas medidas que podem colaborar com a melhoria ambiental da bacia. Tais empreendimentos têm a

obrigatoriedade de reservar 15% do lote como área permeável, conforme previsto no zoneamento local. Caso haja manejo da vegetação, a área permeável passa a 20%, sendo que 70% desta devem ser arborizados (SÃO PAULO, 2010) Da mesma maneira o empreendedor provavelmente irá reformar a calçada e em planejamento conjunto com os responsáveis pela arborização poderá produzir um espaço bem adequado para o desenvolvimento de uma arborização consistente. Considerando que o setor encontra-se em uma área de várzea, o que pode interferir negativamente na questão da capacidade de infiltração de água no solo, uma contribuição positiva é a instalação de reservatórios de retenção já obrigatórios pela chamada lei das piscininhas em novos empreendimentos. Nos empreendimentos existentes, caberia aqui um trabalho de fiscalização para o cumprimento da exigência de taxas mínimas de permeabilidade e, sendo o caso de medidas punitivas, a utilização de instrumentos como Termos de Ajustamento de Conduta para a arborização destas áreas.

Mais complicadas de serem aplicadas de maneira compulsória estão a adoção de tetos verdes e mais especificamente no caso de galpões industriais, da pintura dos tetos com cores claras. Ambos são fortes aliados para o melhoramento climático do local.

No que tange as áreas verdes públicas, uma ação de grande relevância é possibilidade de transformação da avenida Prof. Alceu Maynard (vide figuras 41 e 65) em um caminho verde de alta qualidade como forma de conectar o restante da bacia ao corredor do rio Pinheiros. Sob esta avenida está canalizado o córrego Judas / Maria Joaquina. Propõe-se aqui a renaturalização de todo córrego no percurso desta via, que hoje dispõe de duas pistas com três faixas cada uma e um largo canteiro central.

Setor Zona Mista

Figura 42: Imagem temática sem escala das classes de cobertura do Setor Zona Mista e gráfico de classes de cobertura em porcentagem

A vegetação está distribuída de maneira bastante esparsa por todo o setor. Há alguns pontos com maior cobertura, principalmente praças. Dois maciços maiores se destacam e correspondem a Praça Leon Feffer e a área contígua ao colégio Pueri Domus. Este último maciço, de grande riqueza vegetal encontra-se ameaçado, estando na mão de particulares que já especularam colocar o terreno a venda em algumas ocasiões. Em boa parte do setor não é possível associar a arborização ao desenho do viário, tal a descontinuidade desta em grande parte das vias. No interior dos lotes a vegetação é muito reduzida.

O setor da Zona Mista apresentou o maior percentual de área construída em toda a bacia (65,55%) revelando uma ocupação do solo bastante densa, com o menor valor de espaço livre de construção encontrado. Esta redução de espaços livres é reflexo, entre outras coisas, de uma presença pequena de praças, de muitas ruas e de calçadas estreitas além da quase total ocupação dos lotes com construções.

Diferentemente do setor Industrial, os lotes deste setor são pequenos, se comparados ao primeiro. A possibilidade de se obter espaços no interior destes para o plantio de árvores

é muito menor, uma vez que eventuais espaços seriam muito pequenos e fragmentados dentro de cada quadra. Por este motivo o tratamento a ser dado ao sistema viário é de grande importância, pois é aí que existem melhores possibilidades de intervenção para o aumento da cobertura arbórea.

O índice PAI para o setor foi de 0,66%, bastante superior ao encontrado no setor Industrial. Este valor se deu muito mais em função de um espaço livre pavimentado do que uma cobertura arbórea maior. Poderia se argumentar que a cobertura arbórea foi neste setor mais eficiente em cobrir estes espaços, mas nos parece que duas explicações para esse valor são mais condizentes. Uma é de que o espaço ocupado pelo sistema viário é menor. São muitas as ruas e calçadas estreitas, o que pode explicar essa redução. Outro aspecto é que aqui há várias pequenas praças que concentram as manchas de vegetação.

O índice PAC foi o segundo menor da bacia, praticamente igual ao setor Industrial (0,19), assim como o IFU (0,85).

Figura 43: Imagem temática da cobertura vegetal do Setor Zona Mista. Conjuntos de vegetação: (1) Colégio Pueri Domus, (2) Praça Leon Feffer, (p) diversas praças.

Estratégias

Existe a necessidade de se realizar um esforço consistente de arborização em vias públicas. Especialmente aquelas vias menores, de uso tipicamente residencial, carecem de arborização. Entretanto, para que esta seja bem sucedida, deveria vir acompanhada de outras ações de reforma destes espaços, o que será discutido no capítulo relacionado a arborização e sistema viário. O porte das espécies usadas comumente na arborização do setor precisa aumentar. Espécies de maior porte devem ser escolhidas, pois a arborização está muito centrada em espécies de pequeno e médio porte, como Ligustros, Pata de Vaca, Resedá, Quaresmeira entre outras. Geralmente as maiores são Sibipirunas, que quando presentes produzem copas maiores.

A maior parte das manchas de vegetação existente no setor corresponde a praças, espaços que têm em tese a sua permanência mais garantida. Mas há a área verde contígua ao colégio Pueri Domus que deve ser objeto de atenção. Considerando a falta de áreas verdes públicas maiores, o local deveria ser adquirido pelo poder público como espaço para a população, uma vez que há o risco da área ser desmatada para servir de espaço a algum empreendimento imobiliário.

Mesmo com a pouca disponibilidade de espaço para arborização no interior dos lotes, ações de estímulo ao plantio de árvores no interior destes podem ser realizadas, oferecendo-se aos moradores árvores de pequeno a médio porte, como algumas frutíferas, que sempre tem um forte apelo junto a população.

A alta porção de espaço construído também se reflete na falta de espaços livres de pavimentação. Estratégias voltadas a detenção da água pluvial atreladas ao uso de água pluvial podem ser uma opção, como o estímulo a implantação de cisternas. Também cabem aqui os jardins sobre lajes, desde os tetos verdes quanto jardinetes, que tem a capacidade de deter e retardar parte do escoamento superficial. Estas ações podem estar atreladas a políticas de taxaço de águas pluviais ou de estímulo com desoneração de impostos e até mesmo subsidio para as suas implantaçoes.

Setor ZER Granja

Figura 44: Imagem temática sem escala das classes de cobertura do Setor ZER Granja e gráfico de classes de cobertura em porcentagem

Juntamente com os setores ZER ABV e Área Verde, o setor ZER Granja apresenta uma cobertura arbórea muito significativa. A vegetação está marcadamente distribuída ao longo dos eixos das ruas. A arborização no interior dos lotes é menos intensa do que no viário, mas em algumas partes do setor também é significativa. A parte do setor mais ao norte, que compreende a área da Granja Julieta propriamente dita, apresenta uma cobertura maior do que outras partes do setor como o Jardim Hípico (Figura 45). Se observarmos atentamente o local, esta apresenta lotes maiores, ruas e calçadas mais largas do que em outras partes. Uma subdivisão deste setor talvez apresentasse similaridades tanto com a Zona Mista como com ZER ABV.

O índice PAI indica que os espaços livres impermeabilizados apresentam uma grande cobertura arbórea (0,88). Considerando-se este índice, a cobertura de relvado e a grande ocupação de espaços por construções (53,9%), pode-se afirmar que existe pouco espaço para o plantio de novas árvores como estratégia para uma ampliação da cobertura arbórea.

PAC e IFU são respectivamente 0,34 e 1,20, valores mais próximos aos encontrados para o setor ZER ABV.

Figura 45: Imagem temática da cobertura vegetal do Setor ZER Granja. Subdivisões: (1) Granja Julieta, (2) Jardim Hípico.

Estratégias

A preservação da cobertura existente passa a se revestir de grande importância neste setor especialmente a cobertura localizada no sistema viário. A sua preservação depende muito de um trabalho de manejo de qualidade que garanta a saúde e o bom desenvolvimento das árvores.

A fiação existente, em especial a de média tensão não é isolada e compacta. Esta deveria ser totalmente substituída evitando-se assim trabalhos de poda mais agressivos que descaracterizam a copa das árvores e facilitam a entrada de doenças.

Nos trabalhos de manejo da arborização deve ser considerada a ampliação de área permeável no entorno das árvores e melhoria da qualidade do solo. Esta ação poderia estar vinculada à implantação de drenagem sustentável, mas está, em algumas partes do setor, fortemente limitada pela condição de largura de vias e calçadas em algumas

partes do setor. Estas estratégias serão melhor discutidas na parte referente ao sistema viário.

O plano diretor vigente já estabeleceu uma série de restrições quanto ao uso e ocupação de solo daquele setor, como a exigência de uma permeabilidade de 30% do lote. Isto por si só não é garantia de cobertura arbórea, de maneira que são recomendáveis políticas de incentivo à arborização no interior das quadras. Valem aqui as mesmas recomendações feitas para o setor Zona Mista no que tange a drenagem, com o estímulo a captação e uso de água de chuva e a adoção de mecanismos tributários.

Setor Corredor

Figura 46: Imagem temática sem escala das classes de cobertura do Setor Corredor e gráfico de classes de cobertura em porcentagem

O setor Corredor apresentou uma cobertura arbórea de 18,1%, superior aos setores Zona Mista e Industrial. Mas este fato pode ser explicado pela concentração de cobertura em alguns locais específicos. Dois grandes maciços de áreas verdes se destacam neste setor. Um pertencente a um condomínio vertical localizado nas esquinas da Avenida Santo Amaro com a rua Marechal Deodoro e outro formado por duas áreas, uma pertencente ao colégio Friburgo e outra, particular, hoje sem uso (Figura 47). Estas áreas foram agrupadas ao setor Corredor por estarem com os lotes confrontando para avenidas, além da forma de uso (vertical e comercial), e agregaram cobertura arbórea ao setor.

Pelo menos dois outros condomínios verticais mantêm em seu terreno área verde significativa. Sobre a área do colégio Friburgo e o terreno ao seu lado incide a designação de ZEPAM, dadas pelo atual plano diretor. Ambos formam um contínuo com a área do clube hípico, próximo a eles.

O índice PAI (0,62) mostra que há espaço para a ampliação da cobertura vegetal de espaços impermeáveis. A maioria das vias é desprovida de vegetação significativa e setor forma uma barreira cinza entre os setores ZER Granja e ZER ABV.

Os índices PAC e IFU foram respectivamente 0,24 e 0,86 valores próximos aos setores Industrial e Zona Mista.

Figura 47: Imagem temática da cobertura vegetal do Setor Corredor. (1) Condomínios verticais e (2) Colégio Friburgo.

Estratégias

A arborização do sistema viário deve receber especial atenção. O fato de algumas vias apresentarem canteiro central com largura suficiente para arborização e das calçadas

serem geralmente largas, torna ação de plantio bastante possível. Pela sua importância e pelo número de pessoas que passa ali diariamente, os corredores das avenidas Santo Amaro, João Dias, Adolfo Pinheiro e Vereador José Diniz, mereceriam um trabalho cuidadoso quanto à paisagem.

As estratégias específicas para a arborização destes espaços serão discutidas na parte relacionada à arborização do sistema viário.

Considerando o processo de transformação impulsionado pela implantação do Metrô, aplicam-se para o setor considerações semelhantes ao que foi discutido em relação ao setor industrial, tanto em relação à ocupação da área interna dos lotes, como da sua relação com o entorno. A própria obra de implantação do Metrô pode ser uma oportunidade, se esta tiver uma preocupação com questões ambientais. Pavimentos permeáveis, áreas verdes, instalação de microreservatórios, lajes vegetadas são algumas das possibilidades que uma obra deste porte pode incorporar em seu escopo.

Por estarem localizados em uma porção mais a montante da bacia, é importante que medidas que reduzam velocidade de escoamento superficial de água de chuva sejam observadas. Uma provável carga altamente poluidora proveniente das ruas por seu elevado tráfego de veículos pode ser um limitante ao uso de técnicas que promovam infiltração de água no solo. Neste caso pode ser adotado o direcionamento da primeira enxurrada para o sistema de tratamento de esgotos como forma de se evitar a contaminação do subsolo e auxiliar no processo de despoluição do córrego.

Setor ZER ABV

Figura 48: Imagem temática sem escala das classes de cobertura do Setor ZER ABV e gráfico de classes de cobertura em porcentagem

O setor ZER ABV apresentou uma cobertura arbórea de 37,8%. Ruas e calçadas largas, canteiros amplos e calçadas verdes dão suporte a árvores de grande porte e bem desenvolvidas. Ao mesmo tempo, grandes lotes abrigam uma vegetação que complementa e rivaliza com aquela localizada no viário. O porte da vegetação também pode estar relacionado ao fato deste bairro apresentar uma ocupação mais antiga. No entanto é perceptível que à medida que grandes árvores são removidas, a substituição vem sendo muitas vezes feita por espécies de pequeno porte. A sanidade da vegetação arbórea, por conta de seu porte também é uma preocupação que mereceria trabalhos específicos de manejo.

O alto índice PAI (0,88) observado reflete a grande cobertura que a copa das árvores faz sobre as áreas impermeáveis. A Figura 49 mostra uma arborização bastante ampla que marca nitidamente o traçado das ruas e que se mostra também bastante presente no interior dos lotes. Esta arborização maior no interior dos lotes se explica pelo fato de estes terem grandes dimensões e menor espaço construído, resultando em maior espaço livre de construção.

Devido a maior cobertura arbórea e o menor espaço construído, o índice PAC ficou em 0,45. O IFU foi a 1,33.

Figura 49: Imagem temática da cobertura vegetal do Setor ZER ABV.

Estratégias

A preservação da vegetação existente é a prioridade para este setor, tanto a localizada no sistema viário quanto no interior dos lotes. Num passado recente houve uma intensa transformação no bairro com a construção de inúmeros condomínios horizontais. Estes foram implantados em terrenos grandes geralmente bem arborizados, amparados pela “Lei das Vilas” (SÃO PAULO, 1994). O impacto sentido por estes empreendimentos foi tal que a reformulação do plano diretor levou à proibição de implantação de garagens subterrâneas (com a justificativa de proteger o aquífero local), bem como a manutenção de uma taxa de permeabilidade de 30%. Isto tornou este tipo de empreendimento menos

atrativo resultando em poucas novas obras após a entrada em vigor das regras do plano diretor.

Se aplicam aqui em relação à manutenção da vegetação, as estratégias discutidas para o setor ZER Granja. O trabalho de ampliação e qualificação de canteiros e calçadas verdes é mais favorável neste setor, pois as calçadas são em geral largas, os lotes possuem grandes frentes com guias rebaixadas em menor proporção que outras áreas.

Este setor, localizado nas cabeceiras da bacia deveria ser objeto de atenção quanto à detenção das águas pluviais. É verdade que do ponto de vista da vegetação, ele já cumpre um papel relevante, uma vez que a sua ampla cobertura arbórea intercepta boa parte do que cai sobre o setor. A substituição da drenagem convencional, seja aquela feita por sarjetas de concreto ou enterrada, por uma drenagem superficial baseada em valetas vegetadas (biovaletas) é do ponto de vista de espaço, viável. O setor apresenta vias bastante largas, grande parte delas com pouco tráfego, o que permite o seu estreitamento para a implantação de tais estruturas.

Setor Área Verde

Figura 50: Imagem temática sem escala das classes de cobertura do Setor Área Verde e gráfico de classes de cobertura em porcentagem

Como esperado, este setor apresentou a maior porcentagem de cobertura arbórea da bacia (68,9%). O espaço construído ficou em 9,7% o que é condizente com o limite de 10% de área construída estabelecida pelo plano diretor para ZEPAM.

O índice PAI de 0,99 mostra que eventuais áreas livres impermeáveis encontram-se praticamente cobertas por vegetação. A pouca área construída leva o índice PAC a 0,88 e o IFU a 1,86.

Figura 51: Imagem temática da cobertura vegetal do Setor Área Verde. (1) Parque Severo Gomes, (2) Clube Hípico de Santo Amaro (3) Parque Linear Proposto.

Estratégias.

É fundamental a manutenção destes espaços como áreas protegidas. Trata-se de um importante espaço para abrigo de flora e fauna diversificadas. Sobre estas áreas é possível, como é feito regularmente em relação à área do Parque Severo Gomes um trabalho de enriquecimento da vegetação visando a melhoria qualitativa da cobertura, com a reintrodução de espécies que hoje não existem mais no local. Também a calha do córrego precisa ser objeto de ações para a sua proteção, uma vez que é o único trecho descanalizado pode ser descaracterizado a partir da intervenção proposta para a implantação de reservatório linear.

O setor tem importância como espaço de recreação e lazer, especialmente pela existência do Parque Severo Gomes, aberta ao público. A ampliação da área verde

pública pode ser alcançada com a implantação de um parque a jusante do clube hípico em área ocupada irregularmente por este, somada a área verde resultante de três loteamentos. Esta questão será discutida mais adiante.

A despeito de diretrizes gerais, as características de cada setor levam a adoção de estratégias específicas. Em um plano geral para a bacia estas devem ser articuladas a para de obter o melhor quadro geral. Como é característico da Infraestrutura Verde, o planejamento se dá em várias escalas da paisagem. Neste caso, o estudo voltou-se para uma escala intermediária da paisagem da bacia, a dos setores.

A Arborização e as Vias Públicas

O trabalho de mapeamento da arborização e dos elementos presentes em alguns trechos de rua evidenciou várias situações relacionadas ao conflito por espaço no sistema viário entre os vários “usuários”, como pedestres, veículos, árvores, serviços de energia, águas, telecomunicações e outros. Apesar de poucas amostras e de trechos curtos, cada rua revelou um pouco as peculiaridades de cada um dos setores, como a circulação, o tipo de ocupação, a qualidade da vegetação. O resultado destas análises e observações ofereceu cenários para a melhoria do viário em relação à arborização, permeabilidade e acesso das pessoas.

Muitas vias não oferecem espaço para o plantio de uma árvore sequer, se os parâmetros de distanciamento, e as normas de acessibilidade forem seguidos. As árvores presentes nestas vias estão em clara situação de conflito, o qual muito provavelmente só terminará no momento que estas forem removidas por conta dos problemas a elas atribuídos.

Assim como as características de ocupação e uso dos vários setores da bacia repetem-se em muitos lugares da cidade, com o sistema viário não é diferente. Situações aqui encontradas podem ser extrapoladas para toda a cidade, ainda que o universo de situações analisadas e trabalhadas seja limitado.

Das cinco vias visitadas, apenas em duas o tráfego de pedestres podia ser feito de maneira confortável em ambas calçadas (Avenida Santo Amaro e Rua Carmo do Rio Verde). Nestas duas vias, andar na pista de rolagem teria sido impossível por conta do tráfego. Dos outros três casos, apenas a Rua Comendador Elias Zazur permite que se caminhe confortavelmente por uma das calçadas. Na Rua Barão de Cotegipe, apenas uma das calçadas, com ressalvas, permite a caminhada. Na rua Baldomero Girbal Cortada a calçada definitivamente não tem função como espaço para os pedestres. Nestas três vias raramente se observou um pedestre transitando pela calçada. As pessoas quase sempre preferiram usar a pista.

A elaboração de desenhos exemplificou também como os trechos estudados poderiam, sem perder as funções de tráfego já existente, oferecer maior segurança e conforto no deslocamento de pedestres. Ao mesmo tempo, procurou-se criar espaço para uma arborização mais ampla associada a canteiros capazes de colaborar na melhoria da drenagem da bacia, retardando o escoamento superficial, retraindo parte da poluição, permitindo maior infiltração de água no solo, além de propiciar um desenvolvimento mais saudável das árvores ali plantadas. Como em muitos casos a largura da via é tal que impede a implantação de calçadas acessíveis, acomodar equipamentos e arborização, foi adotado o princípio de que a pista pode ser usada para este fim.

Para um novo desenho da via foram observados alguns princípios:

- cobertura arbórea ampla, com espaço adequado para o seu desenvolvimento;
- ampliação da permeabilidade do solo com o uso de técnicas de drenagem sustentável;
- trânsito seguro e confortável de pedestres;

As alterações propostas resultaram na realocação de alguns elementos, como bueiros, postes e placas, alteração na posição de rebaixamento de guias, na busca de uma melhor distribuição da cobertura arbórea. Em dois casos foram suprimidos postes, onde era flagrante que suas ausências não comprometeriam a alimentação dos imóveis no entorno e seria mantida distância mínima entre um e outro para a função de suporte dos cabos. Não foram consideradas as ligações subterrâneas, pois não havia planta destas. Mas poder-se-ia igualmente considerar a alteração de seus trajetos em um redesenho do viário, especialmente as ligações de água aos imóveis. E em situações mais complexas, pode-se considerar um outro desenho que não implique na realocação destas tubulações.

Propõe-se que os locais de plantio das árvores estejam sempre associados a implantação de canteiros pluviais ou biovaletas, como forma de propiciar uma melhor drenagem e maior espaço para o desenvolvimento de raízes. A extensão destes canteiros foi ampliada ao máximo, e sempre que possível formando contínuos. Para todas as calçadas foi proposto o uso de pavimento permeável e, pelo menos na área de projeção máxima das copas, o uso de solo estrutural sob o pavimento das calçadas. Com isto pode-se compatibilizar a necessidade de pavimentação para o trânsito de pedestres e acesso de veículos com o desenvolvimento do sistema radicular das árvores, como foi apresentado na página 59. .

Figura 52: Cortes de proposta de alteração de trecho da Rua Comendador Elias Zarzur. À esquerda, foi usado canteiro pluvial associado ao canteiro da árvore, que capta a água tanto da calçada quanto da pista. A calçada, recoberta com pavimento permeável está assentada sobre solo estrutural, permitindo não apenas que as raízes se desenvolvam sem danificar o pavimento, mas que haja troca gasosa entre o ambiente e solo e uma grande infiltração de água. À direita, parte da pista (2 metros) foi retirada para dar lugar a uma biovaleta, que capta a água da calçada e da via conduzindo aquilo que não é infiltrado para as galerias de águas pluviais localizadas ao final da rua. O pavimento da calçada e o solo têm o mesmo tratamento que a calçada oposta.

Os desenhos aqui apresentados devem ser entendidos como uma entre as diversas possibilidades de soluções quanto a formas, técnicas e materiais. Trata-se de um exercício. Para que se tenha sucesso em sua concretização, o desenho deve ser construído não apenas com os responsáveis pela sua construção e manutenção do espaço da via, mas principalmente com, e para os seus moradores e usuários. Do contrário corre-se o risco de transformar uma boa idéia ou intenção em uma obra rejeitada e mal quista. Todas as vias e trechos estudados podem ser visualizados através da ferramenta Google Earth Street View.

Avenida Santo Amaro

A Avenida Santo Amaro, com uma extensão de pouco mais de 6 quilômetros, está localizada no setor Corredor e juntamente com a paralela Avenida Adolfo Pinheiros serve como importante via de ligação da região central para a zona Sul. Na parte onde foi selecionado o trecho, a avenida possui uma marcante arborização no canteiro central com belos exemplares de Pau Ferro e Tipuanas. Infelizmente estas belas árvores não tem sido objeto de um manejo adequado e vem morrendo, sem que haja a sua reposição.

No trecho selecionado, a avenida possui duas pistas com 3 faixas de rolagem cada uma, sendo as faixas localizadas junto ao canteiro central, faixas exclusivas do corredor de ônibus. A pista da direita (no sentido da numeração) apresentou uma largura variando de 8,7 m, no local onde há uma plataforma de ônibus a 9 metros fora da plataforma. A pista da esquerda possui largura de 8,6 m. O trânsito de veículos é intenso, principalmente por veículos leves e ônibus, mas também por caminhões. As calçadas apresentam larguras de 3,5 m (direita) e 3,3 m (esquerda). O canteiro central varia de 2,7 m (na plataforma de ônibus) a 2,4 m. A circulação de pedestres é intensa apenas nos trechos próximos as paradas de ônibus. Os imóveis com frente para a avenida são em sua maioria comerciais. As redes de transmissão de energia, de média e baixa tensão encontram-se instaladas em postes nos dois lados da avenida, que também dão suporte a redes de transmissão de dados. O trecho analisado não possuía arborização consolidada nas calçadas com exceção de duas mudas de Ipê Amarelo, recém plantadas na calçada direita. No canteiro central, apenas um belo exemplar de Tipuana.

Ao se observar o mapa da situação atual, podemos ver que apesar da calçada ser bastante larga, a presença de rebaixamento de guias com entrada de automóveis em grandes extensões se torna o principal obstáculo para o plantio de árvores e a abertura de canteiros permeáveis. Sem a alteração de qualquer elemento, obedecendo aos distanciamentos propostos na Figura 37, apenas a calçada direita apresenta condições para o plantio de árvores, e mesmo assim somente três.

A regularização das guias rebaixadas e a realocação de alguns elementos poderia aumentar o número de árvores significativamente. O plantio de árvores neste trecho foi proposto apenas nas calçadas laterais, pelo fato do canteiro central abrigar uma parada de ônibus. A legislação paulistana prevê o enterramento de redes em toda a cidade e considerando o fato desta avenida ser uma importante via da cidade, esta ação deveria ser considerada para uma melhor qualidade da paisagem. A iluminação da via, hoje baseada em postes altos localizados no canteiro central, deverá ser substituída por uma iluminação realizada a partir de postes mais baixos, de maneira a não conflitarem com a copa das árvores, tanto instalados nas calçadas laterais quanto no canteiro central.

Atualmente a cobertura provida pela copa da única árvore do trecho é de 314 m². A área não pavimentada aferida foi de 59,9 m². No desenho proposto, são plantadas 10 árvores de. A área não pavimentada poderia passar a cerca de 110 m², com a instalação de canteiros pluviais com larguras varando entre 1,35 m (calçada direita) e 1,15 m (calçada esquerda), de maneira a deixar 2 metros livres para o passeio. Estes canteiros têm a função de captar principalmente a água das calçadas e aquela proveniente dos imóveis,

e não a da avenida, dado o grau de poluição do local. A cobertura alcançada com o plantio das novas árvores, considerando o diâmetro médio de copa de 10 metros, seria de aproximadamente 1440 m². O pavimento proposto para as calçadas é do tipo permeável. Na área de interferência das raízes das árvores, isto é, pelo menos na área da calçada que se encontra sob a projeção das copas, o solo deve substituído por solo estrutural, visando compatibilizar o crescimento das raízes com a necessidade de pavimentação para o trânsito de pedestres e dos acessos de veículos.

Figura 53: Corte de trecho da Avenida Santo Amaro antes (acima) e depois (abaixo) da intervenção. A fiação, antes aérea passa a ser subterrânea (local da passagem não indicado). Todas as calçadas recebem tratamento para o bom desenvolvimento da vegetação. As árvores são plantadas em canteiros vegetados. O solo sob o passeio é substituído por solo estrutural e o pavimento é permeável.

- Poste
- * Poste com Iluminação
- Boca de Lobo
- Caixa de Inspeção
- Hidrante
- ▲ Poço de Monitoramento
- Placa de Trânsito
- Orelhão
- Semáforo
- △ Acesso de Veículos
- Canteiro Vegetado
- Calçada Permeável
- Árvore
- Árvore Preservada

Figura 54: Situação atual de trecho da Avenida Santo Amaro (acima) e localização na bacia (esquerda acima).

- Poste
- * Poste com Iluminação
- Boca de Lobo
- □ Caixa de Inspeção
- Hidrante
- ▲ Poço de Monitoramento
- Placa de Trânsito
- Orelhão
- Semáforo
- Acesso de Veículos
- Canteiro Vegetado
- Calçada Permeável
- Árvore
- Árvore Preservada

Figura 55: Situação proposta de trecho da Avenida Santo Amaro (acima). Ao longo das calçadas os canteiros pluviais servem de local para o plantio de uma arborização que acompanha a via de maneira contínua. Aqui o grande obstáculo observado foi o rebaixamento de guias.

Rua Baldomero Girbal Cortada

Localizada no Setor Zona Mista, esta pequena rua com pouco mais de 200 metros de extensão apresentou características muito semelhantes às ruas próximas. A rua serve a lotes quase todos residenciais, com frentes que variam entre 5 e 10 metros. O trânsito de veículos, local, se dá apenas em um sentido e é bastante reduzido. Não existe restrição ao estacionamento em nenhum dos lados da via. Durante os períodos de medição, poucas pessoas circularam a pé pelo local, sempre no leito viário. Também não foram avistadas nestes períodos pessoas fazendo algum uso de lazer do espaço da rua. A via toda, assim como o trecho selecionado apresentou as seguintes características:

A largura da pista é de 6 metros. As calçadas têm apenas 1 metro de largura. Algumas poucas árvores foram avistadas nestas calçadas, sendo duas no trecho estudado, em estado muito precário.

As redes de transmissão de energia, de média e baixa tensão estão localizadas no lado esquerdo da via e não são compactas ou isoladas. Os postes também servem de suporte a iluminação pública, a rede de alimentação dessa iluminação e redes de dados. No subsolo, além das redes de água e esgotos, há rede de gás. Não existe rede de drenagem subterrânea.

A via em questão nos apresenta um problema muito sério tanto para que as pessoas andem por ela, quanto para o plantio de árvores. Para solucionar a questão do trânsito de pedestres ou as calçadas precisam ser alargadas o suficiente para comportar construção de uma calçada decente e os demais elementos (o que exigiria calçadas de no mínimo 1,5m sem árvores ou 2m com árvores) ou então se assume a pista como espaço compartilhado. Alargar as calçadas significa reduzir a pista a uma largura que torna a circulação de veículos de emergência limitados.

Figura 56 - Corte de trecho da Rua Baldomero Girbal Cortada antes (esquerda) e depois (direita) da intervenção. A eliminação da calçada e substituição por pavimento permeável integra este espaço ao da pista criando um contínuo. Canteiros pluviais são criados para o plantio de árvores ao longo de toda a via. A fiação passa a ser compacta, reduzindo o conflito com a arborização.

Neste sentido a opção pela busca de um desenho no qual a calçada praticamente inexistente, como no caso dos calçadões ou dos Woonerfs holandeses, é aquela que permite o uso do espaço de maneira mais flexível. A arborização e os canteiros para a sua implantação podem ocupar uma parte da pista, desempenhando os serviços

ambientais necessários e auxiliando a tornar o espaço mais seguro para os pedestres, na medida em que atuam como obstáculos que exigem do motorista atenção, pois o percurso deixa de ser linear e desimpedido.

A Figura 57 apresenta um desenho ressaltando o aumento da cobertura arbórea e permeabilidade. Considerando que existem várias ruas em situações semelhantes, deveria se considerar a possibilidade destas áreas receberem um tratamento semelhante, formando pequenos bolsões residenciais, protegidos e bem arborizados.

A cobertura atual proporcionada pelas copas das árvores plantadas na rua é de $45,3 \text{ m}^2$, com apenas $1,7 \text{ m}^2$ de área não pavimentada. No desenho proposto, são plantadas 10 árvores de médio porte, com um diâmetro de copa em torno de 8 metros. Das 3 árvores existentes no trecho, 2 seriam removidas e uma preservada. A área não pavimentada poderia passar para cerca de 45 m^2 com a instalação de canteiros pluviais associados ao plantio das árvores. A cobertura arbórea nas condições acima seria de aproximadamente 550 m^2 .

Figura 57: Situação atual de trecho da rua Baldomero Girbal Cortada (esquerda acima) e localização na bacia (direita acima). Desenho para implantação de arborização e drenagem sustentável a partir de novo traçado e distribuição de elementos na rua (abaixo). A principal alteração é a supressão das calçadas. Em seu lugar, o pavimento permeável faz a transição da pista até o limite dos lotes. Sob o novo pavimento, nos perímetros das projeções de copas é utilizado o solo estrutural como forma de favorecer o desenvolvimento das raízes e aumentar a capacidade de infiltração da água. Os canteiros das árvores, com 4 m² estão localizados nas laterais das vias.

Rua Carmo do Rio Verde

Localizada no setor Industrial, esta via tem um comprimento total de pouco menos de 500 metros. No trecho estudado a via apresentou uma largura total de 16 metros, 8 metros de pista e 4 metros de largura de cada calçada. O trânsito de veículos no local é intenso, tanto de automóveis de passeio, ônibus e caminhões. A via é de mão dupla e o estacionamento é proibido apenas do lado direito. A ocupação no trecho é de indústrias, um espaço para eventos e um novo prédio residencial em construção. As calçadas são planas, largas e acessíveis de ambos os lados da via.

A rede aérea de transmissão está localizada na calçada esquerda. Tanto no lado direito quanto esquerdo as calçadas têm equipamentos e serviços enterrados, como hidrantes, cabos de transmissão de dados e poços de monitoramento.

A arborização existente é composta quase que somente por espécies arbóreas de pequeno porte e, com exceção de uma árvore, estão localizadas na calçada direita. Quatro árvores estão plantadas em uma calçada verde e as demais em canteiros de dimensões muito reduzidas.

A calçada direita que tem um bom espaço disponível para árvores foi usada para o plantio de espécies de pequeno porte. O lado esquerdo tem como principal restrição ao plantio um conjunto de 6 postes para um trecho de pouco mais de 30 metros. Em um lote o rebaixamento de guias também restringe novos plantios.

Figura 58 - Corte de trecho da Rua Carmo do Rio Verde antes (esquerda) e depois (direita) da intervenção. A ampla calçada permite a implantação de uma grande quantidade de canteiros pluviais que captam as águas pluviais e dá suporte a vegetação. O pavimento permeável associado a solo estrutural permite um amplo desenvolvimento de raízes. A rede de distribuição compactada interfere menos no desenvolvimento das árvores.

Por apresentar calçadas largas, planas, a via é potencialmente interessante para a implantação de canteiros drenantes, embora esteja situada em uma cota com o lençol d'água elevado. Esta situação pode ser contornada instalando drenos sob os canteiros, de maneira que a água não se acumule e seja encaminhada a drenagem de águas pluviais após passar pelo solo do canteiro. Estes canteiros podem ser instalados de maneira contínua na forma de uma calçada verde e com isso propiciar um terreno muito bom para o desenvolvimento de novas árvores.

O local comporta o plantio de espécies de grande porte, uma vez que o espaço para o desenvolvimento das copas é muito bom. É preciso portanto garantir um solo em condições de permitir um bom desenvolvimento e estabilidade das árvores.

A Figura 60 ilustra como, a partir da retirada de alguns postes, deslocamento de alguns elementos, como postes, hidrantes e bocas de lobo além da redução de guias rebaixadas, há um incremento de espaço para o plantio de novas árvores e canteiros pluviais. Com um diâmetro em torno de 10 metros as copas já recobrem a maior parte das calçadas e uma boa parte da pista de rolagem. Para a circulação dos pedestres, mantém-se ainda uma faixa de circulação de 2 metros de largura.

Atualmente a cobertura provida pela copa das árvores é de 131 m², com 20 m² de área permeável. No desenho proposto, são removidas 5 árvores de pequeno porte, plantadas 14 novas árvores e mantidas 4 árvores. Com a implantação dos canteiros pluviais de 1,85 m de largura, a área não pavimentada passaria a cerca de 190 m², deixando uma faixa de 2 metros livres para o passeio. A cobertura provida pelas novas árvores e as árvores mantidas, considerando o diâmetro médio de copa de 10 metros, poderia chegar a aproximadamente 1100 m².

- Poste
- * Poste com Iluminação
- Boca de Lobo
- □ Caixa de Inspeção
- Hidrante
- ▲ Poço de Monitoramento
- Placa de Trânsito
- Orelhão
- Semáforo
- △ Acesso de Veículos
- Canteiro Vegetado
- Calçada Permeável
- Árvore
- Árvore Preservada

Figura 59: Situação atual de trecho da rua Carmo do Rio Verde (acima) e localização na bacia (esquerda acima). Desenho para implantação de arborização e drenagem sustentável a partir de novo traçado e distribuição de elementos na rua (abaixo). O plantio de novas árvores está associado a implantação dos canteiros pluviais e as calçadas com pavimentos permeáveis e solo estrutural. A remoção de algumas árvores de pequeno porte dá lugar a uma arborização de maior porte. Postes, guias rebaixadas, bocas de lobo, são alguns dos elementos que tiveram posições alteradas para permitir o plantio de várias árvores novas.

Rua Comendador Elias Zarzur

Esta rua é bastante típica em relação às demais ruas do bairro do Alto da Boa Vista. Pista e calçadas largas, grandes lotes, bem arborizada na quase totalidade de seus 2,4 quilômetros. O trânsito de veículos é pequeno, assim como o de pedestres que caminham pelo local.

A pista possui 11 metros de largura e as calçadas direita e esquerda, respectivamente 2,2 e 3 metros. A calçada esquerda, mais larga, também mostrou-se mais acessível, com poucos obstáculos. A calçada direita, além de mais estreita, apresentava uma inclinação transversal relativamente grande com degraus na intersecção com entradas de veículos. No trecho há duas vilas ou condomínios horizontais, praticamente de frente um ao outro.

As redes de distribuição elétrica de média e baixa tensão estão localizadas na calçada esquerda e não são isoladas. O escoamento de águas de chuva é superficial, pois a captação águas pluviais está localizada apenas na extremidade da rua, próximo a esquina.

A arborização deste trecho é composta por muitas árvores de pequeno e médio porte (Ingá, Quaresmeira, Aroeira e Pata de Vaca) e algumas maiores (Sibipiruna e Ipê Roxo) indicando para o futuro uma cobertura arbórea menor do que o local pode comportar.

Figura 60: Corte de trecho da Rua Comendador Elias Zarzur antes (esquerda) e depois (direita) da intervenção proposta. A pista bastante larga permite a implantação de biovaletas em uma das laterais como sistema de drenagem superficial. No lado oposto a faixa vegetada da calçada é constituída por canteiros pluviais. O pavimento permeável associado a solo estrutural permite um amplo desenvolvimento de raízes de uma arborização bem desenvolvida. A rede de distribuição compactada colabora com menos interferência no desenvolvimento das árvores.

A ZER ABV, apesar da sua cobertura arbórea, menor densidade de área construída de toda a bacia, já apresenta alguns problemas de enchentes, localizados em ruas que cruzam pontos baixos de drenagem. A Rua Comendador Elias Zarzur é uma dessas ruas que no cruzamento com o talvegue do córrego canalizado apresenta situações de inundação das casas ali equivocadamente construídas. A adoção de drenagem sustentável no bairro poderia ser uma possibilidade de atenuação do problema. As guias e sarjetas poderiam ser parcialmente substituídas por biovaletas instaladas ao longo de um leito viário com a sua largura diminuída.

O desenho proposto para a via parte deste ponto, com a instalação de biovaletas no lado direito da via, que é pela condição de relevo o que recebe a maior quantidade de água, e de canteiros pluviais na calçada oposta, mantendo assim mesmo uma largura confortável para pedestres. Em relação a rebaixamento de guias não são sugeridas alterações, uma vez que são entradas e saídas de veículos. A fiação existente precisa ser substituída por uma fiação compacta e isolada.

A instalação da drenagem sustentável representa a passagem dos atuais 52,1 m² de canteiros permeáveis para cerca 220 m². A cobertura arbórea é hoje de 526 m², com um grande número de árvores ainda jovens que seria em sua maior parte mantida. A cobertura, com o plantio de 3 novas árvores poderia chegar a aproximadamente 1200 m² considerando o desenvolvimento pleno das árvores existentes.

Figura 61 - Situação atual de trecho da rua Comendador Elias Zarzur (acima) e localização na bacia (esquerda acima). Desenho para implantação de arborização e drenagem sustentável a partir de novo traçado e distribuição de elementos na rua (abaixo). O plantio de novas árvores e o crescimento das árvores existentes são favorecidos pela implantação das biovaletas, canteiros pluviais e as calçadas com pavimentos permeáveis. No caso desta via, apenas três arvores novas foram propostas. Um bom manejo da arborização existente foi considerada suficiente para o aumento da cobertura.

Rua Barão de Cotegipe

A Rua Barão de Cotegipe tem apenas 360 metros de comprimento e liga a Avenida Santo Amaro ao Parque Severo Gomes. Estreita, com apenas 9 metros de largura total, ela possui um tráfego relativamente grande de veículos de passeio em mão única. Em seu início, no Setor Corredor há imóveis comerciais, entre eles três escolas particulares. Já o trecho final é residencial, e pertence ao setor ZER Granja.

A calçada direita tem 1,5 m de largura e é inacessível. A presença de postes, árvores, pavimentos irregulares obriga qualquer pedestre a caminhar pela via. A calçada oposta, cuja largura varia de 1,8 a 1,5 não tem postes ou árvores, mas possui pontos de inclinação excessiva e alguns pequenos degraus, que são inacessíveis para alguém com dificuldades de locomoção.

Os postes estão localizados do lado direito da via e suportam redes de média, baixa tensão, e transmissão de dados. A drenagem de águas pluviais é superficial, existindo apenas uma captação ao final da via. De todas as vias esta é a que tem uma maior inclinação longitudinal..

Figura 62: Corte de trecho da Rua Barão de Cotegipe antes (esquerda) e depois (direita) da intervenção proposta. O plantio de árvores se dá em canteiros situados na pista de rolamento. As calçadas, permeáveis, são assentadas sobre solo estrutural no perímetro de influência de raízes das árvores.

Pelo fato desta via ter um tráfego intenso e uma largura muito limitada foi pensado um desenho no qual canteiros para o plantio de árvores seriam implantados na pista de rolamento, mantendo assim as calçadas livres para o trânsito de pedestres. Estas necessitam ser reformadas para garantir a acessibilidade necessária. Seu pavimento deveria ser feito em pavimento permeável e, na área de crescimento de raízes das árvores, o solo deveria ser substituído por solo estrutural. Postes e placas também necessitam ser deslocados para manter o espaço de circulação livre. O posicionamento de postes de energia é um problema, pois em calçadas tão estreitas, ou ele precisa estar no alinhamento dos lotes ou sobre o meio fio. Optou-se neste desenho manter algumas das árvores existentes, mesmo que em conflito com a questão da acessibilidade. A

passagem que deveria ser de 1,20 m fica reduzida a 0,90 m na passagem por estas árvores e postes, largura esta suficiente para a passagem de um cadeirante.

A questão da drenagem é um grande desafio, uma vez que não há praticamente espaço para estruturas drenantes. O único espaço que permitiria alguma intervenção é um grande largo ao final desta rua, no qual poderia se instalar uma rotatória com um grande jardim de chuva em seu interior. Uma alternativa para minimizar o problema seria a adoção de pavimentos permeáveis nas calçadas e na faixa de estacionamento dos veículos e de sarjetas com paralelepípedo ou material mais rugoso. Com isso reduz-se o escoamento superficial freando a velocidade da água ao mesmo tempo em que parte dela infiltra.

A cobertura atual de copas é de 48,9 m², com 25,7 m² de área permeável, a maior parte de calçadas verdes implantada inadequadamente. O desenho propõe o plantio de 7 árvores com diâmetro médio de 10 m do lado esquerdo da via, 3 do lado direito, com diâmetro em torno de 8 metros e a preservação de 4 árvores. Uma árvore necessita ser removida. As novas árvores quando adultas e as preservadas atingindo um bom grau de desenvolvimento, poderão gerar uma cobertura de 780 m². Os canteiros resultantes gerarão cerca de 25 m² de superfícies permeáveis. A reforma das calçadas implica no fim das calçadas verdes existentes, pois pela legislação atual ela é permitida apenas em calçadas com 2 metros ou mais de largura.

- Poste
- * Poste com Iluminação
- Boca de Lobo
- Caixa de Inspeção
- Hidrante
- ▲ Poço de Monitoramento
- Placa de Trânsito
- Orelhão
- Semáforo
- Acesso de Veículos
- Canteiro Vegetado
- Calçada Permeável
- Árvore
- Árvore Preservada

Figura 63: Situação atual de trecho da rua Barão de Cotequipe (acima) e localização na bacia (esquerda acima). Desenho para implantação de arborização e drenagem sustentável a partir de novo traçado e distribuição de elementos na rua (abaixo). A arborização nova é implantada em canteiros que avançam do passeio sobre a pista. O pavimento das calçadas é substituído por pavimento permeável assentado sobre solo estrutural nos perímetros das projeções de copas. Apesar de inadequadas, considerou-se a possibilidade de manter 4 árvores na calçada direita.

Os trabalhos de instalação, manutenção e substituição das infraestruturas que estão presentes no sistema viário, incluindo a própria via são geralmente empreendidos de maneira independente pelos diversos agentes, sem um desenho que contemple todas as necessidades. Para isto não basta apenas o arcabouço legal que define os limites de cada um, mas também um planejamento integrado, um momento no qual todos os interessados possam apresentar as suas necessidades e assim planejarem um desenho negociado. O momento ideal é quando se está iniciando a ocupação do local, o que não é o caso para nenhum dos locais da bacia. Mas a cidade é dinâmica e precisa se reconstruir constantemente. Equipamentos, técnicas e conceitos se modernizam. Materiais e instalações precisam ser substituídos. Estes são os momentos que apresentam as oportunidades para uma melhoria do local. Um planejamento prévio da arborização a ser instalada pode ser discutido com as concessionárias, com o departamento de águas pluviais e na medida em que as intervenções forem acontecendo, os espaços são racionalizados permitindo novos espaços e de melhor qualidade para o desenvolvimento da arborização.

Sobre o manejo da arborização existente no viário é preciso que se adotem algumas das práticas que já foram citadas no início do capítulo. Mas uma delas deve receber especial atenção, já que este tipo de manejo nunca é realizado. Trata-se da adequação do solo no entorno da árvore. Este manejo, apesar de exigir investimentos altos, reverte em diversos benefícios. Segurança, pois o sistema radicular terá condições de se desenvolver melhor, ampliação dos serviços ecossistêmicos prestados pela árvore, pois ela pode alcançar um tamanho maior e sadio, aumento da capacidade de infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial (já com a contribuição dada pela própria árvore), são alguns dos retornos obtidos com a melhora desta condição.

Construção da Infraestrutura Verde da Bacia do córrego Judas / Maria Joaquina

Elementos que constituem a infraestrutura verde da bacia do córrego Judas / Maria Joaquina:

A análise da cobertura arbórea e do sistema viário da bacia forneceu informações para o diagnóstico da Floresta Urbana e por consequência da Infraestrutura Verde. Com base no modelo proposto por Forman (1995), a Infraestrutura Verde encontra-se imersa em uma matriz urbana, permeando-a na forma de manchas e corredores. A própria bacia é apenas uma parte da imensa matriz urbana que é a região metropolitana de São Paulo. A matriz urbana da bacia não é homogênea, o que levou a sua separação de 6 setores distintos, com graus de similaridade distintos entre si. O setor Área Verde será tratado como uma mancha na matriz urbana. Isto fica mais evidente se esta mancha for observada em uma escala maior, além da bacia apenas.

As manchas são compostas pelos parques, praças e áreas verdes situadas no interior de escolas, clubes e condomínios ou até jardins de residências. As áreas verdes são os maiores provedores de múltiplos serviços ecossistêmicos, tanto qualitativamente e quantitativamente. Ali a vegetação está geralmente associada ao solo permeável, desempenhando uma função mais completa em relação ao ciclo hidrológico, permitindo também infiltração de água no subsolo. Sob o aspecto da biodiversidade, suportam uma riqueza biológica maior, pois provêm abrigo, alimento e condições mais adequadas para a sobrevivência das espécies do que a matriz urbana. Estas áreas têm uma influência na matriz urbana que decresce na medida em que se afasta delas. Além da grande mancha correspondente ao setor Área Verde, a bacia apresenta uma série de outras manchas, de tamanhos variados e com uma qualidade de composição diversa. Há desde áreas relativamente pouco alteradas, até aquelas com manejo paisagístico intensivo, cuja riqueza biológica é bem inferior.

A figura de corredores na bacia é praticamente inexistente. Os cursos d'água com a sua vegetação ciliar, seriam caminhos naturais. Porém o córrego encontra-se canalizado em sua quase totalidade, com exceção do setor Área Verde. Assim, qualquer conexão entre áreas verdes se dá somente de maneira parcial pelo dossel das árvores e nunca por um percurso contínuo no solo. O caminho do córrego a partir do setor até a sua foz em canalização sob o leito de uma avenida com canteiro central e calçadas bem arborizadas produz o desenho de um corredor verde quase contínuo. Alguns pequenos trechos de ruas provêm conexão entre algumas dessas manchas, mas de maneira aleatória e fragmentada.

A arborização viária ou em pequenos espaços de quintais é importante ao distribuir para dentro da matriz, serviços ecossistêmicos. Isto em maior ou menor grau dependendo da permeabilidade desta matriz a existência destes fragmentos de natureza. Exemplificando, a matriz do setor ZER ABV possui uma alta permeabilidade a existência destes elementos por conta de ruas e calçadas largas e lotes com espaços livres maiores ao passo que o setor Zona Mista se mostra impermeável ao desenvolvimento de uma cobertura arbórea

Desenvolvendo a Infraestrutura Verde da Bacia – conectando o verde

Ahern (2007) propõe a articulação de planejamento da Infraestrutura Verde em torno de um conceito espacial, como forma de comunicar e como essência de uma estratégia de ação. O elemento articulador e em torno do qual importantes questões ambientais da bacia gira é o córrego Judas / Maria Joaquina. No centro da bacia, no ponto em que este se encontra descanalizado, está o conjunto de áreas verdes com sua riqueza de biodiversidade e como espaço privilegiado de lazer. Irônica e tragicamente, é este também o local que escolhido como ideal para implantação de reservatório, dentro de uma ótica de gestão de recursos hídricos vigente.

Ao longo do percurso do córrego, principalmente em seu trecho a jusante, que estão as principais possibilidades de se realizar uma ampliação do sistema de áreas verdes com a criação de parques lineares e caminho verde readequando-se praças, vias, e áreas verdes tomadas por construções. É esse o principal trajeto de conexão entre o centro da bacia ao corredor do rio Pinheiros.

Figura 64 - Proposta de implantação de parques lineares ao longo da canalização do Córrego Judas / Maria Joaquina. Áreas verdes existentes e a desafetação de vias menos importantes podem dar lugar a três áreas verdes maiores.

A jusante do Clube Hípico há um conjunto de áreas verdes que possibilita a implantação de um parque linear com a renaturalização de um trecho de 350 metros do córrego. As áreas verdes para a criação do parque já existem, mas encontram-se em parte invadidas pelo clube hípico e algumas moradias. A área não invadida corresponde a sistema viário e uma praça. Sua conversão em parque representaria uma área de lazer qualificada com cerca de 21.000m².

Seguindo a trajetória do córrego a partir do ponto do parque linear proposto, temos a sua canalização sob a avenida Prof. Alceu Maynard, até a sua foz. Esta avenida, com 3 pistas e canteiro central amplo tem cerca de 35 metros de largura. Em sua lateral existem algumas áreas verdes, em parte ocupadas por construções da municipalidade. A desafetação de uma das pistas, e a incorporação das áreas verdes laterais permitem a criação de um conjunto de duas áreas verdes nas quais o córrego poderia ser reaberto, ainda que dentro de um estreito canal.

Figura 65 - Proposta de implantação de área verde com renaturalização de córrego ao longo da Avenida Professor Alceu Maynard. A existência de duas pistas pouco movimentadas (acima) poderia resultar em um cenário onde uma delas cede espaço para a criação de um canal aberto do córrego, espaço para lazer, aumento da biodiversidade (embaixo). O entorno também passa a ser objeto de intervenção com a melhoria da arborização, aplicando-se o que foi discutido nos capítulos anteriores..

O trecho final da avenida seria mantido com as duas pistas, pois existe a previsão da construção de uma ponte sobre o rio Pinheiros naquele trecho, como parte da operação urbana Águas Espreadas. Este trecho interligará a ponte a rua Luis Seraphico Jr., uma transversal da avenida Prof. Alceu Maynard, por onde um corredor maior de tráfego será implantado.

A montante das áreas verdes o percurso do córrego já não é mais evidente. No trajeto em direção as cabeceiras, ainda no interior do parque o córrego se divide em dois braços que seguem em direção a montante por galerias pluviais, que acompanham o percurso das vias. A conexão deste ponto em direção às cabeceiras da bacia não é marcada mais pelo córrego, nem mesmo pelo relevo, mas sim pelas ruas, com seus traçados retilíneos. Serão elas a conexão do setor Áreas Verdes ao setor ZER ABV e conjunto de bairros jardins que estão ligados a ele. Estes corredores partem de um ponto

próximo ao setor Área Verde e tem a função de cruzar o corredor das avenidas rompendo a sua barreira de cinza, cobrindo-o com uma arborização consistente.

Figura 66 - Rede de corredores verdes para a bacia. Três corredores principais fazem a ligação entre as cabeceiras da bacia e as áreas verdes centrais e um destas áreas ao rio Pinheiros. Outros corredores secundários ligam áreas menores aos corredores principais ou às áreas verdes centrais.

As estratégias de arborização descritas nos capítulos anteriores, em particular aquelas referentes à arborização e drenagem em vias públicas podem ser organizadas também em torno deste desenho de corredores. Os fragmentos vegetais significativos devem ser conectados através de uma arborização contínua através do sistema viário. Além dos corredores principais propostos, alguns corredores secundários promovem a conexão entre estas áreas.

As áreas verdes, praças e fragmentos de vegetação deveriam ser objeto de um trabalho destinado a sua melhoria. Esta pode se dar em várias frentes, mas principalmente na qualidade do desenvolvimento de sua vegetação. Um trabalho consistente de manejo de solo e da vegetação existente poderá fazer com que a sua saúde e consequentemente os serviços ecossistêmicos prestados por elas aumentem. Outro trabalho importante é o de enriquecimento destas áreas, reintroduzindo espécies, aumentando a diversidade e possibilitando não apenas a sobrevivência de pássaros e outros animais, mas recuperando a imagem de natureza que nos é típica e que foi desvalorizada pela adoção de um paisagismo baseado em poucas espécies, muitas delas exóticas.

Figura 67 - Dois momentos da mesma área com desenvolvimento da vegetação na área do Parque Severo Gomes. A esquerda em março de 2002, ainda pode-se ver claramente o córrego a partir do caminho. Acima a direita, em 2008 o córrego não é mais visível. No talude antes gramado hoje existe uma vegetação de sub-bosque se desenvolvendo. (Imagem a esquerda: Sophia B.N.Picarelli. À direita, imagem do Autor)

Desenvolvendo a Infraestrutura Verde da Bacia – conectando as águas

Diferentemente do conceito vigente de gestão de águas pluviais para a bacia, que prioriza a reservação das águas quando estas já chegaram à calha do córrego, propõe-se que esta seja retida o máximo possível na fonte, isto é, no local aonde ela chega ao solo. Em outro extremo, é preciso que as calhas dos córregos e as suas várzeas sejam capazes e cumprir com as suas funções de armazenar a água que ali vai chegar.

São propostas duas linhas de ação que se complementam.

A primeira linha de ação é fragmentada, pulverizada por toda a matriz urbana, no sentido de aumentar a sua capacidade de segurar as águas pluviais na fonte, amortecendo a sua velocidade em direção aos rios, aumentando a infiltração e a evapotranspiração. Dentro desta linha temos como principais estratégias que se complementam e que já foram descritas mais detalhadamente nos capítulos anteriores: a) aumento da cobertura arbórea, b) redução da impermeabilização de solo, c) implantação de estruturas de drenagem sustentável. Estas estratégias se aplicam a todos os setores da bacia, mas em especial nas porções mais a montante, pois é lá que a função de recarga do lençol freático é mais importante. A cobertura arbórea já foi exaustivamente discutida anteriormente. Apenas como exercício teórico, e tomando como referência os valores de interceptação de água de chuva citados no trabalho de Molin et al (2007), os 961 mil metros quadrados de cobertura arbórea da bacia intercepta anualmente entre 258.659,4m³ e 139.815,9 m³ de água de chuva por ano, tomando os valores de 18,6% e 10% de interceptação citados no trabalho. Usando os mesmos valores de interceptação, isto significa que a cobertura arbórea da bacia retém sozinha entre 5,32% e 2,86% de toda a água de chuva que cai sobre ela. Para se ter uma interceptação eficiente de chuva por parte das copas não é o caso apenas de aumento da cobertura arbórea. É também um trabalho pela qualidade desta cobertura, com árvores plenamente desenvolvidas e saudáveis que serão capazes de reter uma maior quantidade de água.

A implantação estruturas como canteiros pluviais, biovaletas, jardins de chuva e o uso de materiais como pavimentos permeáveis deveria ser adotada como regra nos trabalhos de reformas de calçadas e vias e mesmo em trabalhos ligados a arborização. A associação destas técnicas com a vegetação forma a assim chamada rede verde e azul, onde benefícios e funções, tanto da vegetação, quanto dos espaços destinados ao armazenamento de água se complementam.

A segunda linha de ação concentra-se na calha e várzea do córrego. Além de promover a proteção desta calha, deve-se aumentar a sua capacidade de reservação de água, de melhorar a qualidade da água, de habitat para espécies aquáticas e associadas a elas. As principais estratégias são a renaturalização de córregos com o uso de engenharia naturalística, a desocupação das áreas de várzeas e implantação de vegetação ciliar. Estes trabalhos são possíveis em direção à foz a partir da desembocadura do córrego no interior do parque Severo Gomes e clube hípico.

Figura 68 - Área próxima ao clube hípico na qual o córrego está canalizado sob a via de tráfego. A sua renaturalização oferece a possibilidade de uso da várzea como espaço para amortecimento de cheias, espaço de lazer, local para o desenvolvimento de vegetação ciliar e fauna associada a ela e melhoria da qualidade da água.

O trabalho de renaturalização do córrego visa recuperar o máximo possível de características naturais com a sua descanalização e a recuperação da calha devolvendo a ele área de várzea, sua biota natural e outros atributos importantes para a melhoria da qualidade da água e da sua vazão. Se hoje em grande parte o córrego está confinado em um espaço estreito, concretado e de seção limitada, a sua renaturalização permitiria que este espaço fosse ampliado, armazenando um maior volume de água e atenuando a sua velocidade de escoamento. Outro aspecto importante é a recuperação biológica deste espaço, permitindo a existência de formas aquáticas e vegetação, importantes para a recuperação da qualidade da água. Binder (1999) reconhece que há limitações a tais atividades em função das ocupações no seu entorno. Entretanto, mesmo assim há espaço para melhorias ambientais e uso por parte da população para atividades recreacionais e de lazer. Isto pode ser facilmente observado em área do parque Severo Gomes, onde o córrego não se encontra canalizado. Ali, um grande volume de água se acumula durante eventos chuvosos, protegendo as áreas a jusante de enchentes mais volumosas.

Figura 69 - Área da várzea do córrego no interior do Parque Severo Gomes inundada por conta de evento de chuva forte. A várzea do córrego é mais ampla que o seu leito e não ocupada inadequadamente. Uma enchente que não incomoda. (Imagem A. Andrea).

O trabalho de recuperação das margens do córrego é outra necessidade, em função da modificação dos volumes e velocidades das águas em momentos de chuva por conta da urbanização. O processo natural de erosão de margens e do leito torna-se muito mais intenso já que volume e velocidade das águas aumenta. A solução é lançar mão de soluções de engenharia para proteger os canais diminuindo o impacto dessa ação. Neste caso propõe-se que as obras conciliem a proteção necessária com os aspectos de promoção da biodiversidade e da paisagem, o que pode ser conseguido através da engenharia naturalística, com o uso de materiais que permitam o desenvolvimento de plantas e outros organismos, trabalhando para um menor impacto sobre a vegetação e o entorno.

Figura 70 - Recuperação das margens e do leito do córrego Judas / Maria Joaquina no interior do Parque Severo Gomes. A esquerda, margens altamente erodidas e calha aprofundada. A direita, após intervenção, a vegetação toma conta dos taludes. A calha foi protegida com o uso de pedras. (Imagem a esquerda: Sophia B.N.Picarelli. À direita, imagem do Autor)

Desenvolvendo a Infraestrutura Verde da Bacia – integrando a bacia no contexto regional

A conectividade dos elementos que compõem a Infraestrutura Verde da bacia não serve a bacia apenas. Ela deve permitir a integração do seu entorno através dela. Esta integração se dá através do verde, da conexão entre praças, parques e outras áreas verdes, conectando a região central de Santo Amaro, composta por bairros como Chácara Flora, Jardim Marajoara, Brooklin e o próprio Alto da Boa Vista, ao rio Pinheiros. Este por sua vez conecta-se ao sul com os reservatórios Billings e Guarapiranga e ao norte com o rio Tietê e mesmo extremamente alterado é local de abrigo para uma enorme variedade de animais como capivaras, pacas, cutias e diversas aves.

Figura 71 - Fluxos biológicos entre as regiões de maior diversidade biológica. O planejamento e desenvolvimento da Infraestrutura Verde deve procurar estabelecer a conectividade entre estas áreas hoje isoladas por uma matriz urbana pouco permeável.

Considerações Finais

O uso de ferramenta de processamento e análise de imagem de satélite para a quantificação das diferentes coberturas da matriz urbana foi importante para subsidiar as propostas de proteção, desenvolvimento e ampliação da floresta urbana da bacia. O estudo revelou uma cobertura arbórea de 28,6% da área da bacia. Entretanto esta cobertura é desigual. A menor cobertura na matriz urbana foi verificada no setor Área Industrial (14,2%) e a maior no setor ZER ABV (37,8%). O setor formado pelas áreas verdes, uma mancha de vegetação na matriz urbana, apresentou uma cobertura de 70%. Os bairros formados por áreas exclusivamente residenciais foram os que apresentaram os maiores coberturas e menor possibilidade de sua ampliação devido a pouca disponibilidade de espaços livres de construção. Já o setor Industrial configura uma situação inversa, onde há estoque de espaços livres de construção para ampliar a cobertura.

Com base na desigualdade entre os setores, diferentes estratégias foram propostas para melhorar a cobertura arbórea da bacia, considerando sua preservação, desenvolvimento da arborização existente e ampliação a partir do plantio de novas árvores. Os setores nos qual a cobertura é maior (ZER ABV e ZER Granja) os esforços devem ser realizados para a preservação e bom desenvolvimento da vegetação existente. Os setores Industrial, Zona Mista e Corredor precisam aumentar a cobertura e dependem muito do sistema viário para este fim. O setor Industrial, por conta do tamanho dos lotes e pela oportunidade que o atual processo de transformação de sua ocupação pode representar, também tem potencial para expansão de áreas vegetadas no interior das quadras, se isto for incorporado ao desenho das novas ocupações.

O estudo mostrou que o sistema viário é um importante local para o desenvolvimento da cobertura arbórea e instalação de espaços e estruturas voltadas para drenagem sustentável. Mediante um planejamento integrado que atenda as necessidades de todos os moradores e usuários, tanto a arborização quanto a área permeável podem ser ampliados. O maior obstáculo para ampliação do número de árvores nas vias públicas é sem dúvida a largura do passeio e da via, o que leva a necessidade de adoção de novas estratégias de compartilhamento do espaço pelos seus usuários. Este desafio se mostra maior no setor Zona Mista, onde há inúmeras ruas estreitas, com passeios que não permitem nem sequer o tráfego de pedestres.

O processamento das imagens criando mapas temáticos para destacar a vegetação foi importante para se visualizar a forma como esta está distribuída na paisagem. Com isso pôde-se avaliar melhor a existência de manchas e como estas se conectavam ou não. Também evidenciou a pouca existência de corredores contínuos de vegetação, ou locais onde estes corredores poderiam existir.

Estando o córrego Judas / Maria Joaquina canalizado em sua maior extensão, a possibilidade de criação de corredores verdes na bacia está bastante condicionada ao sistema viário. Ainda assim, a identificação e mapeamento das áreas públicas permitiram identificar ao longo de uma boa parte da canalização agrupamentos de áreas verdes públicas com potencial para serem convertidas em parques lineares nos qual o rio poderia ser descanalizado e, dentro de limites, renaturalizado, formando um corredor

verde associado a ele. No restante da bacia esta situação não se mostrou mais viável, e o desenho dos corredores seguiu vias que conectam os fragmentos.

Embora não representem a totalidade das situações possíveis, os padrões de matriz urbana encontrados na bacia podem ser encontrados por toda a metrópole e em outras cidades. O mesmo se aplica para a situação do sistema viário. Os métodos aqui utilizados podem ser replicados em outras regiões da cidade, inclusive onde os padrões da matriz urbana sejam diferentes, contribuindo para o entendimento e o planejamento da floresta urbana.

O desenvolvimento de um plano de Infraestrutura Verde foi importante para:

- Integrar as informações relativas a uma dada área em várias escalas de abrangência e oferecer respostas nesta variedade de escalas. No caso do estudo, tratou-se desde a escala do espaço na calçada até a abrangência de um bairro;
- Integrar o plano de infraestrutura verde de uma dada região com o seu entorno, isto é em uma escala maior. A conexão entre áreas importantes como os bairros verdes da região de Santo Amaro ao corredor do rio Pinheiros através da bacia foi estudada e trabalhada.
- Oferecer uma visão de conjunto, onde os elementos e os serviços ecossistêmicos prestados por eles estão conectados entre si por uma rede de espaços. A arborização, permeabilidade de solo e a drenagem sustentável foram tratadas de maneira interligada, de maneira a se complementarem em suas funções ambientais.
- Comunicar espacialmente, através de um plano geral as idéias básicas do planejamento da estrutura desta rede. Áreas verdes, conectividade e cobertura arbórea foram destacados como elementos primários para a melhoria da qualidade ambiental de toda, e não apenas dos setores mais abastados, da bacia.

O planejamento ambiental da Infraestrutura Verde oferece a possibilidade de toda uma comunidade trabalhar com profissionais de diversas áreas do conhecimento em torno de uma linguagem comum. Essa integração está também relacionada a conectividade que se pretende entre os elementos que compõem a Infraestrutura Verde. Cria-se uma conexão entre diferentes grupos interessados, entre as diversas esferas da sociedade, como governo, organizações, empresas privadas e os cidadãos, e de saberes.

O trabalho aqui apresentado ainda pode avançar em várias frentes específicas que foram tratadas de maneira mais generalizada, dado o seu grau de complexidade. A quantificação dos serviços ecossistêmicos pode auxiliar a estabelecer metas de cobertura para nortear o planejamento e acompanhamento do desenvolvimento da cobertura arbórea da bacia ou em qualquer local onde forem aplicados. Estudos hidrológicos para embasar o uso da drenagem sustentável podem oferecer cenários para a bacia que quantifiquem e localizem estratégias e estruturas de drenagem sustentável. São estes estudos que dimensionarão as obras necessárias na calha do córrego para a sua proteção e capacidade de retenção. Muito ainda poderia ser acrescentado além dos objetivos enunciados na introdução, mas talvez o mais importante tenha sido propor e exercitar a discussão e novas formas de se olhar para a cidade, de possibilidades e perspectivas para torná-la um lugar melhor de se viver.

Referências Bibliográficas

- ABNT. NBR 9050 – *Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. ABNT, Rio de Janeiro, 2004, 97 p. Disponível em: Acessado em 10/10/2011
- AHERN, JACK. Green Infrastructure for Cities: The spatial dimension,. In: NOVOTNY, V; BROWN, P. (Eds.) *Cities for the Future: Towards Integrated Sustainable Water and Landscape management*. London: IWA Publishing, Pg. 265-283, 2007
- ALMEIDA, ANELISA FERREIRA DE ; VASCONCELLOS, MARCOS KAWALL (Coord); *Fauna Silvestre: Quem são e onde vivem os animais na metrópole paulistana*. São Paulo, Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, 2007, 350 p.
- ALVES FILHO, AILTON P. As Enchentes In: TARIFA, J.R.; AZEVEDO, T.R. (Org.) *Os climas na cidade de São Paulo – teoria e pratica*. São Paulo: GEOUSP, Coleção Novos Caminhos, V. 4, São Paulo, 2001
- ASLA. American Society of Landscape Architects. *Green Infrastructure* (updated 2011) <http://www.asla.org/greeninfrastructure.aspx> Acessado em: 29/11/2011
- AZEVEDO, TARIK REZENDE DE. O fluxo de calor gerado pelas Atividades Humanas TARIFA, J.R.; AZEVEDO, T.R. (Org.) *Os climas na cidade de São Paulo – teoria e pratica*. São Paulo: GEOUSP, Coleção Novos Caminhos, V. 4, São Paulo, 2001
- BADRA, B. et al. *Relatório Final*, Projeto de Engenharia Ambiental I – Trabalho de Graduação, Centro Universitário SENAC, São Paulo, 2007
- BAPTISTA, MARCIO; NASCIMENTO, NILO; BARRAUD, SYLVIE *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH, 266 p.
- BARTALINI, VLADIMIR. A trama capilar das águas na visão cotidiana da paisagem. São Paulo: *Revista USP* n.70, p. 88-97, 2006.
- BARTALINI, VLADIMIR. *Parques Públicos Municipais de São Paulo: – A ação da municipalidade no provimento de áreas verdes de recreação*. 1999. Tese (Doutorado), FAU -Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999;
- BASSUK, NINA; GRABOSKY, JASON, TROWBRIDGE, PETER. *Using CU Structural Soil in urban environment*. Ithaca, Cornell University, 2005, 17 p.
- BENEDICT, MARK A.; McMAHON, EDWARD T. *Green Infrastructure: Linking Landscape and People*. Washington: Island Press, 2006, 320p.
- BENEDICT, MARK A.; McMAHON, EDWARD T. *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*. Washington, DC: Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series, 2001. Disponível em: <<http://www.seagrant.noaa.gov/focus/documents/SCD/Green%20Infrastructure.pdf>> Acessado em 21/09/2009.
- BERARDI, M. H. P. *Historia dos Bairros de São Paulo*. 2 Ed. São Paulo: Gráfica do Município de São Paulo, 1981

BINDER, WALTER. *Rios e Córregos, Preservar - Conservar – Renaturalizar: A Recuperação de Rios, Possibilidades e Limites da Engenharia Ambiental*. Rio de Janeiro: SEMADS, 41p.: il, 1998.

BRASIL. *Lei 10.257/01 – Institui o Estatuto da Cidade* Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm Acessado em 16/03/2010

BRASIL. *Lei 9503/97 – Institui o Código de Trânsito Brasileiro*. Brasília, 1997 Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/publicacoes/download/ctb.pdf> Acessado em: 27/12/2011

BRASIL. Resolução CONTRAN 166/04 Aprova as diretrizes da política nacional de trânsito. Brasília, 2004 Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/publicacoes/download/ctb.pdf> Acessado em 19/11/2011

BRASIL. *Projeto de Lei 2.897-D/98* Altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências - Estatuto da Cidade, no que diz respeito à arborização urbana. Congresso Nacional. Disponível em <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=384779> Acessado em 29/07/2011.

BRATIERES, KATIA.; FLETCHER, TIM D.; DELETIC, ANA; ZINGER, YARON. Nutrient and sediment removal by stormwater biofilters: A large scale design optimization study. *Waterresearch*, v.42, n.14, p. 3930-3940, 2008.

BRUNDTLAND, G. H. *Nosso futuro comum: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento*. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CAMPOS, V. B. G., MELO, B. P. *Relacionando a ocupação urbana com o sistema viário para o desenvolvimento sustentável*. 2005 Disponível em [http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(8\)Ocupacaourbana-sistemaviario.pdf](http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(8)Ocupacaourbana-sistemaviario.pdf).

CAPORUSSO, DANUBIA, MATIAS, LINDON FONSECA. Áreas Verdes Urbanas: Avaliação e Proposta Conceitual. In: SIMPÓSIO DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO ESTADO DE SÃO PAULO – SIMPGEO, 1, Rio Claro, 2008. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/simpgeo/71-87danubia.pdf>>. Acessado em 27/08/2010.

CARDOSO NETO, ANTONIO CARLOS *Sistemas urbanos de drenagem*. Florianópolis, Laboratório de Drenagem do Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. 19 p. Documento interno Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf>. Acessado em: 12/02/2010

CLARK, JAMES R.; MATHENY, NELDA P.; CROSS, GENNI; WAKE, VICTORIA. A model of urban forest sustainability. *Journal of Arboriculture*, v.23, n.1, p.17 – 30, 1997

CLUBE HÍPICO DE SANTO AMARO – *Página oficial, História*, Disponível em <<http://www.chsa.com.br/index.php?sessao=T1&subsessao=S2>>. Acessado em 7/03/2011

COELHO, FLÁVIO DO NASCIMENTO; LINHARES, MARIA ALICE SOARES. *Compensação ambiental aplicada na arborização urbana da cidade de Vitória – ES*.

Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba: Volume 1, Número 1, 2006.

CORMIER, N; PELLEGRINO, P. Infra-estrutura Verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem e Ambiente*, São Paulo; FAU-USP n. 25, p. 125-142. 2008

CRIADO, ARANCHA MUÑOZ. The Protection Plan for the Valencian Huerta. In: *METROPOLITAN LANDSCAPES*, Ecology and Sustainability. Conference, 9p., 2009. Disponível em: <http://www.serralves.pt/documentos/conf_paisagem/Arancha_Munoz_com.PDF>. Acessado em 15/12/2010.

DAILY, G.C., S. ALEXANDER, P.R. EHRLICH, L. GOULDER, J. LUBCHENCO, P.A. MATSON, H.A. MOONEY, S. POSTEL, S.H. SCHNEIDER, D. TILMAN, AND G.M. WOODWELL. 1997. Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems, *Issues in Ecology* No. 2, 1997. 18 p. Disponível em: http://www.esa.org/science_resources/issues/FileEnglish/issue2.pdf Acessado em 27/09/2011

DANA, MICHEL H. Landscape Tree Appraisal. *Landscape Horticulture HO 201W* Disponível em http://www.hort.purdue.edu/hort/ext/Pubs/HO/HO_201.pdf Acessado em 27/11/2011

DETZEL, V. A.; MILANO, M. S.; HOEFLICH, V. A.; FIRKOWSKI, C. Desenvolvimento de um método de avaliação monetária de árvores urbanas e aplicação à situação de Maringá/PR. *Revista Floresta*, Curitiba, v.28, n.1/2, p.31-49, 1998.

DIGITALGLOBE. *About the Worldview II Satellite*, Disponível em: <http://worldview2.digitalglobe.com/about/> Acessado em 15/08/2011.

DOBBS, CYNNAMON; ESCOBEDO, FRANCISCO J.; ZIPPERERB, WAYNE C. a framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators *Landscape and Urban Planning*, 2011, vol. 99 p.196–206

DRAMSTAD, WENCHE E.; OLSON, JAMES D.; FORMAN, RICHARD T.T. *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning*. Washington: ASLA / Island Press, 80p. 1996.

EPA. Managing Wet Weather with Green Infrastructure Action Strategy 2008 Disponível em: http://www.epa.gov/npdes/pubs/gi_action_strategy.pdf January 2008.

FIREHOCK, KAREN. *A Short History of the Term Green Infrastructure and Selected Literature*, 2010. Disponível em: <<http://www.gicinc.org/PDFs/GI%20History.pdf>>. Acessado em: 18/10/2010.

FITZ, PAULO ROBERTO. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo, Oficina de Textos, 2008, 160 p

FORMAN, R. T. T. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge/New York: University Press, 1995, 632 pp

FREIRE, HELENA BARONE *Sistemas de lazer e violência urbana: estudo da relação no município de Piracicaba- SP*. 2005. Dissertação (Mestrado). ESALQ, Universidade de São Paulo. 2005.

- GEORGIA FORESTRY COMMISSION. *Georgia Model Urban Forest Book*. 2001. Disponível em: <<http://www.gfc.state.ga.us/Resources/Publications/CommunityForests/GeorgiaModelUrbanForestBook.pdf>>. Acessado em 10/10/2010.
- GOIÂNIA (Cidade) *Plano Diretor de Arborização Urbana de Goiânia*. Goiânia, 2008 134 p. http://www.goiania.go.gov.br/download/amma/relatorio_Plano_Diretor.pdf Acesado em: 07/09/2010
- GUZZO, PERCI; CARNEIRO, REGINA MARIA ALVES; OLIVEIRA JÚNIOR, HAMILTON. Cadastro municipal de Espaços livres urbanos de Ribeirão Preto (SP): acesso público, índices e base para novos instrumentos e mecanismos de gestão. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v.1, n.1, p. 19-30, 2006
- HIDROSTUDIO. *Ampliação e recuperação do canal do Córrego Judas*. Memorial descritivo – projeto básico. São Paulo: 2006 a (mimeo.).
- HIDROSTUDIO. *Microdrenagem de águas pluviais: Alto da Boa Vista*. Memorial descritivo – projeto básico. São Paulo: 2006 b (mimeo.).
- HOUGH, MICHAEL. *Cities and Natural Process*, a basis for sustainability. 2 ed. Londres: Routledge, 2004, 292p.
- ITREE. *I Tree Ecosystem Analysis – Milwaukee – Urban Forests Effects and Analysis* 2008 Disponível em: <http://www.itreetools.org/resources/reports/Milwaukee%20Ecosystem%20Analysis.pdf> Acessado em 12/08/2011
- ITREE. *I Tree Ecosystem Analysis – Washington – Urban Forests Effects and Analysis* 2010 Disponível em: <http://www.itreetools.org/resources/reports/Washington%20DC%20Analysis%202010.pdf> Acessado em 12/08/2011
- IIEGA - INSTITUTO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA E GERENCIAMENTO AMBIENTAL *Diretrizes preliminares para redução do escoamento superficial em bacia hidrográfica utilizando técnica de desenvolvimento de baixo impacto (DBI) – Córrego Judas – SP ; São Carlos, 2009 (Mimeo)*
- JACKSON, JANET. *Applying principles of Landscape Ecology to Green Infrastructure planning*. 2007. Disponível em <<http://www.iale.org.uk/files/Applying-principles-of-Landscape-Ecology-final.pdf>> Acessado em 19/07/2010.
- JACKSON, LAURA E. The relationship of urban design to human health and condition. *Landscape and Urban Planning*, v.64, p. 191–200, 2003
- KÖHLER, MANFRED; SCHMIDT, MARCO; LAAR, MICHAEL. Green roofs as a contribution to reduce urban heat island. In: RIO 3 - WORLD CLIMATE & ENERGY EVENT, 3, Rio de Janeiro, Disponível em: <<http://www.rio6.com/rio3/more/proceedings.html>> Acessado em 27/11/2009.
- KONIJNENDIJK, CECIL C., 2003. A decade of urban forestry in Europe. *Forest Policy and Economics* 5(3), 173-186.

KRAML, L. A. M. *Granja Julieta*, a saga de um bairro. São Paulo: Annablume; Dix Editorial, 2005, 108p.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v33, n.1, p. 159-174, 1977.

LIMA, ANA MARIA LINER PEREIRA. *et al.* Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2, 1994, São Luís. *Anais...* São Luís: Imprensa EMATER/MA, 1994. p.539-553.

LOMBARDO, M.A. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: HUCITEC, 1985, 244p.

LULEY, CHRISTOPHER J.; BOND, JERRY *A Plan to integrate management of urban trees into air quality planning* A Report to North East State Foresters Association. 2002. Davey Resource Group. Disponível em: <http://www.urbantrees.org/policymakers/studies/IntegrateTrees_LuleyBond.pdf> . Acessado em 13/08/2010.

MAGALHÃES, LUIS MAURO S. Arborização e Florestas urbanas - terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. *Série Técnica Floresta e Ambiente*. Rio de Janeiro, - UFRRJ / IF – 2006 Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/st/pdf/arboriza.pdf>> Acessado em 12/04/2010.

McPHERSON, E. GREGORY; SIMPSON, JAMES R.; XIAO, QINGFU; WU, CHUNXIN. Los Angeles 1-Million Tree Canopy Cover Assessment. *USDA Forest Services General Technical Report* PSW-GTR-207 2008 Disponível em: <http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr207/psw_gtr207.pdf>. Acesado em 12/03/2010.

MCPHERSON, E.G., MUCHNICK, J. Effects of street tree shade on asphalt concrete pavement performance. *Arboriculture and Urban Forestry*, v.6, n.31, p. 303-310, 2005

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 155 p

MILLER, R.W. 1997. *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Green Spaces*, 2nd ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 502 pp.

MOLIN, PAULO GUILHERME; SILVA FILHO, DEMÓSTENES FERREIRA DA; COUTO, HILTON THADEU ZARATE DO; POLIZEL, JEFFERSON LORDELLO. Uso de imagens de alta resolução para quantificar a interceptação de água de chuva nas árvores urbanas *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5397-5401

MOLL, GARY. Urban Forestry: a National Initiative. In: BRADLEY, G.A. (Ed.) *Urban Forest Landscapes, Integrating Multidisciplinary Perspectives*. Washington: University of Washington Press; 1995. 224 p.

NATURAL ENGLAND. *Green Infrastructure* Disponível em: <http://www.naturalengland.org.uk/ourwork/planningtransportlocalgov/greeninfrastructure/default.aspx> Acessado em: 18/07/2010

NEW YORK (Cidade) *Green Infrastructure Plan*. New York: 141 p. 2010. Disponível em: <http://www.nyc.gov/html/dep/html/stormwater/nyc_green_infrastructure_plan.shtml> Acessado em 07/09/2010.

NEW YORK (Cidade). *Street Design Manual*. New York: 236 p. 2009 Disponível em: <http://www.nyc.gov/html/dot/downloads/pdf/sdm_lores.pdf> Acessado em 03/02/2010.

NEW YORK, (Cidade). *Greenstreets*. Disponível em http://www.nycgovparks.org/sub_your_park/trees_greenstreets/greenstreets.html Acessado em 5/09/2011

NEW YORK, (Cidade). *Tree Planting Standards* 2009, 25 p. Disponível em http://www.nycgovparks.org/sub_permits_and_applications/images_and_pdfs/TreePlantingStandards.pdf Acessado em 12/07/2010

NOWAK, DAVID J., CRANE, DANIEL E., STEVENS, JACK C., HOEHN, ROBERT E., WALTON, JEFFREY T., BOND, JERRY A Ground-Based Method of Assessing Urban Forest Structure and Ecosystem Services. *Journal of Arboriculture & Urban Forestry*. v. 34, n.6, p.347–358, 2008.

NOWAK, DAVID J.; HOEHN, ROBERT E. III; CRANE, DANIEL E.; STEVENS, JACK C.; FISHER, CHERIE LEBLANC Assessing Urban Forest Effects and Values – Chicago's Urban Forest. *Northern Research Station Resource Bulletin* NRS 37, 2010, 27 p. Disponível em: http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/rb/rb_nrs37.pdf Acessado em: 03/08/2011

NOWAK, DAVID J.; STEIN, SUSAN M.; RANDLER, PAULA B.; GREENFIELD, ERIC J.; COMAS, SARA J.; CARR, MARY A.; ALIG, RALPH J. 2010. Sustaining America's urban trees and forests: a Forests on the Edge report. *Gen. Tech. Rep.* NRS-62. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 27 p. Disponível em: <http://nrs.fs.fed.us/pubs/35572> Acessado em 02/06/2011

NUCCI, JOSÉ CARLOS. *Qualidade ambiental e adensamento urbano*. 2 Ed. (Edição do autor), 2008, Disponível em <<http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs>>. Acessado em 27/05/2010.

ODUM, EUGENE P. *Ecologia*. Rio de Janeiro; Editora Guanabara, 1988, 434 p.

OZORES, ADELINO – *Do Tramway ao Bonde de Santo Amaro* – A história da ferrovia em Santo Amaro. Sem Data. Disponível em: <http://www.jornalemsintonia.com.br/Do%20Tramway%20ao%20Bonde%20de%20Santo%20Amaro.pdf>; Acesado em 7/03/2011

PEREIRA FILHO, A. J., BARROS, M. T. L.; HALLAK, R.; GANDU, A.W. Enchentes na Região Metropolitana de São Paulo: aspectos de mesoescala e avaliação de impactos. XIII CBMET. Anais. Fortaleza, CE. 2004. Disponível em: http://www.cbmet.com/edicoes.php?pageNum_Recordset_busca=5&totalRows_Records_et_busca=694&cgid=22&imageField2.x=32&imageField2.y=7 Acessado em 02/04/2011.

PORTLAND, (Cidade). *Portland Green Streets Program*. Disponível em: <http://www.portlandonline.com/bes/index.cfm?c=44407> Acessado em 05/09/2011

PORTLAND (Cidade). *Ankeny Green Street Project* 2011 Disponível em: <http://www.portlandonline.com/bes/index.cfm?a=167583&c=45386> Acessado em 18/10/2011.

PORTO ALEGRE, (Cidade). SMAM. *Plano Diretor de Arborização de Porto Alegre*. Coord. Piccoli, Luiz Antônio. Porto Alegre, 2007, 36 p.

RACITI, STEVE et al. *Urban Tree Canopy Goal Setting: A Guide for Chesapeake Bay Communities*. United States Department of Agriculture - Forest Service - Northeastern Área. 2006, 59 p. Disponível em: <http://www.dnr.state.md.us/forests/programs/urban/urbantreecanopygoals.asp> Acessado em: 12/10/2011

READ, J. et al. Variation among plant species in pollutant removal from stormwater in biofiltration system. *Water Research*, v. 42, p. 893-902, 2008.

ROSSI, FABIANA GUTZ. *Componente Florístico e Censo do Componente Arbóreo do Parque Severo Gomes* Monografia (Bacharelado). São Paulo: Faculdade de Ciências da Saúde de São Paulo, 2006, 121 p.

ROTERMUND, R. M.: PICARELLI, S. B. N. *Proposta de Intervenção Ambiental na bacia do Córrego Judas – Santo Amaro*. São Paulo: 2007. (Mimeo), 20p.

ROY, ALLISON H. Impediments and Solutions to Sustainable, Watershed-Scale Urban Stormwater Management: Lessons from Australia and the United States. *Environmental Management*, v.42, p. 344–359, 2008

SANCHES, PATRICIA. M.; DA COSTA, JULIANA A.; SILVA FILHO, DEMOSTENES F.; Análise comparativa dos planos diretores de arborização enquanto instrumentos de planejamento e gestão. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba v.3, n.4, p.53-74, 2008.

SÃO PAULO (Estado) *Decreto 30.443 de 20 de setembro de 1989*. Considera patrimônio ambiental e declara imunes ao corte exemplares arbóreos situados no Município de São Paulo e dá outras providências. Diário Oficial do Estado, São Paulo, 23/09/1989, p.1

SÃO PAULO (Município) *Lei 14.186/06* Dispõe sobre o programa municipal de arborização urbana e dá outras providências. Diário Oficial do Município, 5 de julho de 2006.

_____. SÃO PAULO (Município) *Lei 13.260/01* - Estabelece diretrizes urbanísticas para a área de influência da atual Avenida Água Espaiada, de interligação entre a Avenida Nações Unidas (Marginal do Rio Pinheiros) e a Rodovia dos Imigrantes, cria incentivos por meio de instrumentos de política urbana para sua implantação, institui o Grupo de Gestão, e dá outras providências. São Paulo, Diário Oficial do Município de São Paulo, 6 de outubro de 2002, Suplemento Especial

_____. *Lei 13.885/02* - Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo - São Paulo, Diário Oficial do Município de São Paulo, 6 de outubro de 2002 Suplemento Especial

_____. Lei 13.430/02 – Plano Diretor Estratégico - São Paulo, Diário Oficial do Município de São Paulo, 13 de maio de 2002, Suplemento Especial

_____. Lei 11.605/94 Dispõe sobre a criação da subcategoria de uso residencial R3-03, conjunto residencial vila e dá outras providências. Diário Oficial do Município, São Paulo, SP, 13/07/94 p.1.

_____. LEI 11.228/92 -Dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização de obras e edificações, dentro dos limites dos imóveis; revoga a Lei no 8.266, de 20 de junho de 1975, com as alterações adotadas por leis posteriores, e dá outras providências. São Paulo, Diário Oficial do Município de São Paulo,

_____. Decreto 45.904/05 - Regulamenta o artigo 6º da Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004, no que se refere à padronização dos passeios públicos do Município de São Paulo. São Paulo, Diário Oficial do Município de São Paulo, 19 de maio de 2005.

_____. Portaria SMT/043/09 Regulamenta as intervenções no sistema viário para a implantação de “traffic calming”. São Paulo: Diário Oficial do Município de São Paulo, publicado em 5 de junho de 2009.

_____. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, Secretaria Municipal de Planejamento. *Atlas Ambiental do Município de São Paulo*, São Paulo: 2006, 266p. Disponível em: <<http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br>> Acessado em 12/07/2009.

_____. *Manual Técnico de Arborização Urbana*. 2 Ed. São Paulo. 2005, 48 p.

_____. Portaria 044/SVMA/2010 – Disciplina critérios de compensação ambiental para manejo por corte ou outras intervenções sobre a vegetação no município de São Paulo. Publicada em 03/06/2010 no Diário Oficial da Cidade.

SCHARENBRUCH, BRYANT Urban Soils and Tree Roots. *American Society of Landscape Architects Annual Conference in Chicago*, IL 2009 Disponível em: http://www.masslaboratory.org/linked/scharenbroch_a_asla_092109.pdf Acessado em 12/07/2011

SEATTLE, (Cidade) *Urban Forest Management Plan* 2007
http://www.seattle.gov/environment/documents/Final_UFMP.pdf Acessado em 05/05/2009

SILVA FILHO, DEMÓSTENES FERREIRA et al. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação, e manejo da arborização em vias públicas. *Revista Árvore*. Viçosa-MG, v.26, n.5, p.629-642, 2002

SILVA FILHO, DEMÓSTENES FERREIRA; PIVETTA, KATHIA FERNANDES LOPES; COUTO, HILTON THADEU ZARATE DO; POLIZEL, JEFFERSON LORDELLO. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução *SCIENTIA FORESTALIS*, Piracicaba n. 67, p.88-100, abr. 2005

SPANGENBERG, Jörg. *Improvement of urban microclimate in tropical metropolis - A case study Maracanã*. Rio de Janeiro, 2004. Dissertação (Mestrado de Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Rio de Janeiro, 2004.

SPANGENBERG, JÖRG; SHINZATO, PAULA; JOHANSON, ERIK; DUARTE, DENISE. Simulation of the influence of vegetation on microclimate and thermal comfort in the city of São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba: v. 3, n.2, p 1-19, 2008.

STALEY, DANIEL C. Increasing Green Infrastructure in Compact Developments: Strategies for Providing Ecologically Beneficial Greenery in Modern Urban Built Environments. IN Proceedings of The Second International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands, Berkeley, CA, USA 2009. Disponível em: <http://heatiland2009.lbl.gov/docs/221320-staley-ppt.pdf> Acessado em: 19/06/2010

SUNDSETH, KERSTIN E SYLWESTER, ALEKSANDRA. Towards Green Infrastructure for Europe In: *European Commission Workshop*. Proceedings, Ecosystems LTD, 2009. Disponível em: <http://green-infrastructure-Europe.org/download/EC%20Workshop%20proceedings%20Green%20Infrastructure%20final> . Acessado em 3/01/2011.

TARIFA, JOSE ROBERTO; ARMANI, GUSTAVO. Os climas “naturais” In: TARIFA, J.R.; AZEVEDO, T.R. (Org.) *Os climas na cidade de São Paulo – teoria e pratica*. São Paulo: GEOUSP, Coleção Novos Caminhos, V. 4, São Paulo, 2001

TROWBRIDGE, PETER J.; BASSUK, NINA L. Trees in urban landscape: site assessment, design and installation. Wiley and Sons, Inc, 2004, 207 p.

TUCCI, CARLOS E.M. *Gestão de Águas Pluviais Urbanas* Brasília: Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005, 192p.

TUCCI, CARLOS E.M; Drenagem Urbana. *Ciência e Cultura*, Campinas, v.55, n.4, 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020 . Acessado em: 17/07/2009.

VELASCO, GIULIANA DEL NERO et al. Aplicação do Índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) em imagem de alta resolução no município de São Paulo e suas limitações. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 2, n. 3, p 1 – 12, 2007

VON GADOW, KLAUS. Adapting silvicultural management systems to urban forests. *Urban Forestry & Urban Greening*. v.1, n.2, p.107-113, 2002.

WEBER, TED; SLOAN, A, WOLF, J., 2006. Maryland's green infrastructure assessment: development of a comprehensive approach to land conservation. *Landscape Urban Plan*. 77, 94–110.

WONG, T. H. F.; EADIE, M. L. Water Sensitive Urban Design: A Paradigm Shift in Urban Design, In: WORLD WATER CONGRESS, 10, 2000, Melbourne. Anais... Melbourne, 2000, CD-ROM. Disponível em: http://gabeira.locaweb.com.br/cidadesustentavel/biblioteca/%7B30788FE6-98A8-44E5-861E-996D286A78B3%7D_Wong1.pdf>. Acessado em 29/03/2011.

XIAO, QUINGFU.; MCPHERSON, E. GREGORY. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban Forest. *Urban Ecosystems*, 6: p 291–302, 2002