UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

MAITÊ BUENO PINHEIRO

**Plantas para Infraestrutura Verde e o
Papel da Vegetação no Tratamento
das Águas Urbanas de São Paulo:**

Identificação de Critérios para
Seleção de Espécies

São Paulo
2017

MAITÊ BUENO PINHEIRO

**Plantas para Infraestrutura Verde e o papel da vegetação no
tratamento das águas urbanas de São Paulo:**

Identificação de critérios para seleção de espécies

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade
de São Paulo para obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo
Área de Concentração: Paisagem e Ambiente
Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato Mesquita Pellegrino

EXEMPLAR REVISADO E ALTERADO EM RELAÇÃO À VERSÃO ORIGINAL, SOB
RESPONSABILIDADE DO AUTOR E ANUÊNCIA DO ORIENTADOR. O original se
encontra disponível na sede do programa.

São Paulo, 14 de junho de 2017.

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.

Catálogo na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

P465p Pinheiro, Maitê Bueno
Plantas para Infraestrutura Verde e o papel da
vegetação no tratamento das águas urbanas de São
Paulo: Indicação de critérios para seleção de espécies
/ Maitê Bueno Pinheiro ; orientador Paulo Renato
Mesquita Pellegrino. - São Paulo, 2017.
367 p.

Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura
e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Área de
concentração: Paisagem e Ambiente

1. In. 2. Fitorremediação. 3. Tratamento das Águas
Urbanas de São Paulo. I. Pellegrino, Paulo Renato
Mesquita, orient. II. Título.

Folha de Aprovação

Nome: PINHEIRO, Maitê Bueno

Título: Plantas para Infraestrutura Verde e o papel da vegetação no tratamento das águas urbanas de São Paulo: identificação de critérios para seleção de espécies

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. ^(a) Dr. ^(a) _____

Instituição _____

Julgamento _____

Assinatura _____

Prof. ^(a) Dr. ^(a) _____

Instituição _____

Julgamento _____

Assinatura _____

Prof. ^(a) Dr. ^(a) _____

Instituição _____

Julgamento _____

Assinatura _____

Dedico este trabalho aos meus sobrinhos, Maú e Antônio, e a todas as pessoas que lutam pela preservação da natureza e pelo futuro das próximas gerações.

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos ao Professor Doutor Paulo Renato Mesquita Pellegrino, por ter acreditado no meu projeto de pesquisa, pelas orientações dadas e finalmente por todo conhecimento compartilhado ao longo dessa trajetória.

Agradeço imensamente a todos os Professores que fizeram parte do meu curso de mestrado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, contribuindo para o meu desenvolvimento acadêmico e amadurecimento pessoal.

Agradecimentos especiais a Professora Doutora Cornelia Oschmann pela oportunidade de realizar um estágio de pesquisa ao se lado na Universidade Humboldt de Berlim, Alemanha e ao Professor Fabio Moreno pelas converas e pela participação nas bancas de qualificç

Manifesto sincera gratidão aos meus pais, Mauro e Rita, meus irmãos, Maíra, Majhal e Mariana, e minha avó Helena, por todo carinho e incentivos dados e a todos os meus amigos e colegas que sempre me apoiaram a seguir o caminho que escolhi.

Agradecimentos especiais ao meu tio Oscar, pelo criação e design das ilustrações que deram vida a este trabalho e a minha amiga Manuela pelos cuidados finais com a diagramação e layout. E a minha amiga Sílvia pela Ilustração científica.

E finalmente, agradeço muito à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão de Bolsa de Mestrado (Processo n. 2014/14998-6) e Bolsa de Estágio de Pesquisa no Exterior (Processo n. 2016/01431-3).

Resumo

A cidade de São Paulo, assim como diversas cidades do mundo, enfrenta hoje sérios desafios no manejo de seus recursos hídricos, efeitos do processo de urbanização e desenvolvimento urbano que não considera as potencialidades das bases biofísicas de suas paisagens naturais, dentre eles, o tratamento da poluição das águas urbanas. Na natureza, a vegetação e a água são indissociáveis, as plantas participam da regulação do ciclo hidrológico e da manutenção da qualidade das águas através de mecanismos naturais, reconhecidos como mecanismos de fitorremediação, além de estarem diretamente relacionadas ao fornecimento de outros serviços ambientais que sustentam a vida na biosfera. Infraestrutura Verde é um conceito de rede de paisagens multifuncionais que realizam o manejo das águas das chuvas na fonte, ao mesmo tempo em que proporcionam melhora do microclima, proteção da biodiversidade, áreas de lazer e contato com a natureza, proteção contra desastres e enchentes e tratamento da poluição sem, contudo, excluir o desenvolvimento urbano. Em Berlim, Alemanha, desde o final dos anos 1980, é realizado o tratamento das águas urbanas a partir de alternativas de Infraestrutura Verde em substituição às práticas convencionais, ao passo que, em São Paulo o uso de tais alternativas é bem mais recente, integrando o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do município em 2010. Esta dissertação investiga o papel das plantas no tratamento das águas urbanas por tipologias de Infraestrutura Verde, sob o olhar da fitorremediação e identifica os critérios de seleção das espécies de plantas para projetos de Infraestrutura Verde na cidade de São Paulo, observando-se o estudo de caso do córrego Água Podre, bairro do Rio Pequeno, zona oeste do município.

Palavras chaves: Infraestrutura Verde, fitorremediação, tratamento das águas urbanas de São Paulo, córrego Água Podre

Abstract

The city of São Paulo, as many other cities around the world, is been facing serious challenges regarding their water supply management due to the urban development. The potential of the biophysical bases of their landscapes is overcome by urbanization, including the treatment of urban water. In nature, water and vegetation are indissociable. Plants participate in the regulation of the water cycle and maintenance of the water quality through natural mechanisms identified as phytoremediation processes. They are also directly related to other ecosystem services that sustain life on the biosphere. Green Infrastructure is a concept of multifunctional landscapes that manage the rainwater at the source. It also improves the microclimate, the protection to the biodiversity, provides leisure areas, protection against natural disasters and treatment of pollution, without excluding the possibility of the development. Since the end of the 1980s, urban water treatment is used in Berlin as an alternative of Green Infrastructure, replacing conventional practices. In São Paulo the use of such alternatives is much more recent; it was integrated by the Water Management Plan in 2010. In this dissertation I investigate the role of plants in the treatment of urban waters through Green Infrastructure typologies, observing the phytoremediation processes and identifying the selection criteria of plant species for Green Infrastructure projects in the city of São Paulo. A case study of the Água Podre stream is observed; west zone of the city in Rio Pequeno district.

Key-words: Green Infrastructure, phytoremediation, São Paulo urban water treatment, Água Podre stream

Índice de ilustrações

<i>Figura 1 - Ciclo hidrológico e pequeno ciclo hidrológico. Fonte: Berlin (2010).</i>	32
<i>Figura 2 - Elementos que compõem uma Infraestrutura Verde. Para cada estrutura, foram identificados os possíveis constituintes de uma rede. Fonte: Moura (2013).</i>	44
<i>Figura 3 - Tipologias de Infraestrutura Verde na escala do lote residencial. Fonte: University of Arkansas Community Design Center (UACDC, 2010 p. 49, tradução nossa).</i>	48
<i>Figura 4 - Mecanismos de fitorremediação e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	57
<i>Figura 5 - Tabela Periódica. Fonte: Tabela Periódica Completa (2017).</i>	63
<i>Figura 6 - Desenho esquemático do mecanismo misto de fitorremediação amortecedor ripário indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	67
<i>Figura 7 - - Mecanismo de fitoestabilização e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	69
<i>Figura 8 - Mecanismo de rizodegradação e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	73
<i>Figura 9 - Figura 9 - Mecanismo de fitoextração e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	75
<i>Figura 10 - Mecanismo de fitodegradação e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	79
<i>Figura 11 - Mecanismo de fitovolatilização e mecanismos envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	81
<i>Figura 12 - Mecanismo de controle fitohidráulico e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	83
<i>Figura 13 - Mecanismo de rizofiltração e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	85
<i>Figura 14 - Tipos de plantas macrófitas. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	89
<i>Figura 15 - Desenho esquemático das tipologias de telhados verdes, intensivo e extensivo. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	95
<i>Figura 16 - Desenho esquemático de uma biovaleta indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	99
<i>Figura 17 - Desenho esquemático de um jardim de chuva indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	103
<i>Figura 18 - Desenho esquemático de um alagado construído de fluxo superficial indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	109
<i>Figura 19 - Desenho esquemático de um alagado construído de fluxo subsuperficial horizontal indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	111

Figura 20 - Desenho esquemático de um alagado construído de fluxo subsuperficial vertical. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.	113
Figura 21 - Desenho esquemático de um alagado flutuante indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.	117
Figura 22 - Transformações no rio Pinheiros em São Paulo. A primeira foto acima a esquerda mostra um trecho do Pinheiros em dezembro do ano de 1930. Hoje, os meandros do curso d'água não existem mais e o que restou corre para o lado oposto. Fonte: Domínio Público. A segunda foto acima a direita mostra pessoas nadando no trecho do rio no Clube de Pinheiros no início do século 20. Fonte: G1 (2016). Terceira foto abaixo a esquerda, mostra uma enchente típica da época de verão no ano de 2009 em um trecho da Marginal do Rio Pinheiros. Fonte: Google Imagens (2015). E a última foto mostra uma das esculturas feitas pelo artista plástico Eduardo Srur, trabalho em parceria com a ONG Associação Águas Claras do Rio Pinheiros, no ano de 2014. Fonte: G1 (2016).	158
Figura 23 - Etapas do Estudo de Aplicação da Vegetação em Infraestrutura Verde. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.	184
Figura 24 - <i>Azolla filiculoides</i> Lam. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016b) ao lado foto A. filiculoides (NATIONAL PARK SERVICES, 2017).	209
Figura 25 - <i>Salvinia minima</i> Baker Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016c), ao lado foto de exemplares de <i>S. minima</i> (FERNS OF MISSISSIPPI, 2016).	210
Figura 26 - <i>Ceratophyllum demersum</i> L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016d) ao lado foto de um exemplar de <i>C. demersum</i> (PLANT FINDER, 2016).	211
Figura 27 - <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: Amaral et al. (2015) ao lado foto mostrando as raízes de um exemplar de <i>E. crassipes</i> (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017) e a direita mostrando a inflorescência (GOOGLE IMAGENS, 2017a).	213
Figura 28 - <i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdec. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016e) ao lado foto <i>M. aquaticum</i> (MAGAZINE ONLINE, 2017).	215
Figura 29 - <i>Pistia stratiotes</i> L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016f) ao lado foto mostrando as raízes de um exemplar de <i>P. stratiotes</i> e a direita em um tanque com outras plantas macrófitas (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017).	217
Figura 30 - <i>Patamogeton</i> L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas onte: JBRJ (2016g) ao lado foto mostrando exemplares de <i>Patamogeton</i> (GOOGLE IMAGENS, 2017b).	219
Figura 31 - <i>Typha latifolia</i> L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016i) ao lado foto mostrando detalhe da inflorescência e a direita exemplares de <i>T. latifolia</i> na beira em uma área alagada (BIOREDE, 2017).	222
Figura 32 - <i>Syngonium angustatum</i> Schott. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016m). Ao lado exemplares de <i>S. angustatum</i> como forração (GOOGLE IMAGENS, 2017c)	231
Figura 33 - <i>Dichondra microcalyx</i> (Hallier f.) Fabris. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JUNIOR (2016). Ao lado foto mostrando detalha da folhagem (GOOGLE IMAGENS, 2017d).	237

Figura 34 - <i>Neomarica caerulea</i> (Ker Gawl.) Sprague. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016n). Ao lado foto de exemplares de <i>N. caerulea</i> (GOOGLE IMAGENS, 2017g).....	243
Figura 35 - <i>Wedelia paludosa</i> DC. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2017). Ao lado foto de <i>W. paludosa</i> no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).....	247
Figura 36 - <i>Galinsoga parviflora</i> Cav. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016o). Ao lado foto da espécie <i>G. parviflora</i> no Viveiro Manequinho Lopes (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).....	249
Figura 37 - <i>Helianthus annuus</i> L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: ALVES (2016). Ao lado foto mostrando exemplares de <i>H. annuus</i> em um canteiro no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo, a direita foto mostrando a floração (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).....	250
Figura 38 - <i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmada. Fonte: JBRJ (2016p). Ao lado foto de exemplares de <i>C. spiralis</i> (GOOGLE IMAGENS, 2017g).....	253
Figura 39 - <i>Heliconia psittacorum</i> L.f. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016q). Ao lado foto mostrando exemplares de <i>H. psittacorum</i> (GOOGLE IMAGENS, 2017h).....	255
Figura 40 - <i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: Senna (2016). Ao lado foto de exemplares de <i>A. brasiliana</i> (GOOGLE IMAGENS, 2017i).....	258
Figura 41 - <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016II). Ao lado foto de um campo de <i>B. juncea</i> (GOOGLE IMAGENS, 2017j).....	266
Figura 42 - <i>Allamanda cathartica</i> L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016III). Ao lado exemplar de um arbusto de <i>A. cathartica</i> no Parque do Ibirapuera, São Paulo (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).....	268
Figura 43 - <i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016IV). Ao lado foto de um maciço de <i>S. obtusifolia</i> (GOOGLE IMAGENS, 2016k).....	270
Figura 44 - <i>Senna alata</i> (L.) Roxb. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016V). Ao lado foto de um exemplar de <i>S. alata</i> na várzea do Rio Doce, Minas Gerais (ÁRVORES DO BRASIL 2017).....	271
Figura 45 - <i>Genipa americana</i> L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016VIII). Ao lado foto mostrando mudas de <i>G. americana</i> recebidas no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo e a direita detalhe da folhagem (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).....	276
Figura 46 - <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016X). Ao lado foto mostrando uma árvore da espécie <i>M. urundeuva</i> (GOOGLE IMAGENS, 2017l) e a direita, detalhe da folhagem de uma muda da espécie (Crédito: Maitê Pinheiro, 2017).....	280

Figura 47 - <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XI). Ao lado foto da copa de um exemplar de <i>T. guianensis</i> (ÁRVORES DO BRASIL, 2017b).	282
Figura 48 - <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. Ex DC) Mattos. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XIII). Ao lado foto de um exemplar de <i>H. impetiginosus</i> (ÁRVORES DO BRASIL, 2017c).	286
Figura 49 - <i>Handroanthus ochraceus</i> (Chan.) Mattos. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XIV). Ao lado um exemplar de <i>H. ochraceus</i> (ÁRVORES DO BRASIL, 2017d).	288
Figura 50 - <i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XV). Ao lado foto de um exemplar de <i>Z. tuberculosa</i> (ÁRVORES DO BRASIL, 2017e).	290
Figura 51 - <i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad. ex DC. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XVII). Ao lado foto mostrando copa de um exemplar de <i>C. ferruginea</i> (ÁRVORES DO BRASIL, 2017g).	292
Figura 52 - <i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXI). Ao lado foto de um exemplar de <i>N. megapotamica</i> no Viveiro Manequinho Lopes e a direita foto mostrando a folhagem (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).	298
Figura 53 - <i>Ceiba speciosa</i> . Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXIII). Ao lado foto de um exemplar de <i>C. speciosa</i> (URBAN FOREST ECOSYSTEMS INSTITUTE, 2017) e a direita um detalhe do troco de um exemplar de <i>C. speciosa</i> no Viveiro Manequinho Lopes, SP (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).	301
Figura 54 - <i>Bixa orellana</i> L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVIII). Ao lado foto de um exemplar de <i>B. orellana</i> (GOOGLE IMAGENS, 2017m).	312
Figura 55 - <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVV). Ao lado foto de um exemplar de <i>S. parahyba</i> no Viveiro Manequinho Lopes (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017) e a direita foto mostrando inflorescência (LOPES apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017n).	316
Figura 56 - <i>Salix humboldtiana</i> Willd. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVVI). Ao lado foto de um exemplar de <i>S. humboldtiana</i> (LOPES apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017o).	318
Figura 57 - <i>Cecropia Loefl.</i> Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVVII). Ao lado foto de um exemplar do gênero <i>Cecropia</i> no Viveiro Manequinho Lopes, SP (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).	320
Figura 58 - <i>Euterpe edulis</i> Mart. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVIII). Foto <i>E. edulis</i> no Viveiro Manequinho Lopes, SP. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.	322
Figura 59 - <i>Bauhinia forficata</i> Link. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XVI). Ao lado foto de um exemplar de <i>B. forficata</i> no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo e a direita foto mostrando as folhas de uma muda (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).	325

Figura 60 - *Lecythis pisonis* Cambess. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXIX). Ao lado foto de um exemplar de *L. pisonis* (ÁRVORES DO BRASIL, 2017j).

.....328

Figura 61 – *Cedrela fissilis* Vell. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXXI). Ao lado um exemplar de *C. fissilis* no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).

.....332

Índice de fotos

<i>Foto 1 - Jardim de chuva em uma escola da cidade de Portland, Estados Unidos - Mt. Tabor Middle School, Portland</i> Fonte: Green Infrastructure Digest (2010).....	122
<i>Foto 2 - Jardins de chuva na cidade de Portland, Estados Unidos: Fonte: Green Infrastructure Digest (2010).....</i>	123
<i>Foto 3 - Rio Pasig antes de sua revitalização, Manila, Filipinas. Fonte: Antidote (2014).....</i>	124
<i>Foto 4 - Transformação do Rio Pasig, Manila, Filipinas. Fonte: Hype Science (2014).....</i>	127
<i>Foto 5 - Rio Sena, Paris, França. Fonte: Google Imagens (2017n)</i>	128
<i>Foto 6 - Paris Plages. Fonte: Google Imagens (2017o).</i>	129
<i>Foto 7 - Jardins filtrantes no Parc du Chemil de l'Ile, Paris – França. Fonte: As Boas Novas (2014).131</i>	
<i>Foto 8 - Jardins filtrantes no Parc du Chemil de l'Ile, Paris – França. Fonte: Hauts-de-Seine Le Département (2017).....</i>	132
<i>Foto 9 – Club der Visionaere sobre um afluente do Rio Spree, Alt-Treptown, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.....</i>	135
<i>Foto 10 - Natur-Park, Schöneberger Südgelände, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.</i>	138
<i>Foto 11 - Praia do lago Grunewaldsee, em Grunewald (südlicher Teil), Berlim. Na primavera e verão os lagos de Berlim são bastante frequentados pela população e turistas que podem se banhar nas águas balneáveis. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.</i>	142
<i>Foto 12 - Telhado verde extensivo combinado com placas fotovoltaicas, em uma das edificações da Ufa-Fabrik, Berlim construído em 1986. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.....</i>	143
<i>Foto 13 - Vista aérea do pátio do Block 6, Kreuzberg, Berlim. Fonte: Reichann et al. (BLOCK 6, 2016).</i>	144
<i>Foto 14 - Site de teste do Projeto Roof Water Farm no Block 6, Kreuzberg, Berlim. Festival de colheita de morangos em 2014. Fonte: RWF (2017).....</i>	145
<i>Foto 15 - Vista da área de Potsdamer Platz em 1965, mostrando o Muro de Berlim. Fonte: Potsdamer Platz, 1965. German Archtechtute.org (2014).....</i>	146
<i>Foto 16 - Potsdamer Platz após a revitalização. Fonte: Atelier Dreiseitl (2015).....</i>	146
<i>Foto 17 - Espelho d'água em Potsdamer Platz, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.....</i>	147
<i>Foto 18 - Espelho d'água em Potsdamer Platz, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.....</i>	148
<i>Foto 19 - Alagado construído em Potsdamer Platz, Alemanha. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.....</i>	149
<i>Foto 20- Alagado construído em Potsdamer Platz, Alemanha. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.</i>	149
<i>Foto 21 - Telhado verde extensivo em um prédio da Universidade Humboldt de Berlim, Campus Nord, Mitte Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.....</i>	152
<i>Foto 22 - Horta comunitária no Mauerpark, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2017.....</i>	153
<i>Foto 23 - Horta comunitária no Mauerpark, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.....</i>	154
<i>Foto 24 - Horta no telhado de uma fábrica de painéis de alumínio para paredes verdes, Dahlem-Dorf, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.</i>	154
<i>Foto 25- Praça Dr. José Ória, Vila Sônia, São Paulo. Placa informativa sobre uma área de brejo feita pelos alunos da escola em frente à praça. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.....</i>	164
<i>Foto 26.....</i>	165

<i>Foto 27 Praça Dr. José Ória, Vila Sônia, São Paulo. Lago aberto pelos moradores das proximidades da praça onde estão nascentes do Rio Pirajuçara. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.</i>	<i>165</i>
<i>Foto 28 - Jardins de chuva no Campus da Cidade Universitária Campus Armando Salles de Oliveira em São Paulo. Fonte: Moura (2013).....</i>	<i>166</i>
<i>Foto 29 - Pistia stratiotes L. Crédito: Silvia Gonsales (2017).....</i>	<i>169</i>
<i>Foto 30 - Foto Alocasia macrorrhizos. Fonte: Gardens Online (2017).</i>	<i>229</i>
<i>Foto 31 - Cultivo da planta Zebrina purpusii no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo. Autor (2017).</i>	<i>235</i>
<i>Foto 32 - Foto do cultivo de Curculigo capitulata no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.</i>	<i>239</i>
<i>Foto 33 - Dietes bicolor. Fonte: Google Imagens (2017e).....</i>	<i>241</i>
<i>Foto 34- Cultivo de Hemerocalis x hybrida no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.....</i>	<i>246</i>
<i>Foto 35 – Córrego Água Podre. Crédito: Maitê Pinheiro, 2015.....</i>	<i>335</i>

Índice de Mapas

<i>Mapa 1- Mapa da cidade de Berlim, Alemanha. Dados do mapa©2017 GeoBasis.DE (©2009) Google. Fonte: Google Maps (2017).</i>	137
<i>Mapa 2 - Plano para rede de áreas verdes da cidade de Berlim, Alemanha. Fonte: Berlin (2016).</i>	141
<i>Mapa 3 - Mapa dos parques públicos e as áreas de proteção localizados na cidade de São Paulo. Fonte: PMSP (2017).</i>	157
<i>Mapa 4 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Água Podre, e indicação da divisão dos trechos para estudo de caso. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017 . Crédito: Oscar Bueno, 2017</i>	173
<i>Mapa 5- Mapa ilustrativo das medidas propostas para o trecho 2 do canal do córrego Água Podre, São Paulo. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017, crédito Oscar Bueno, 2017.</i>	179
<i>Mapa 6 - Mapa Ilustrativo das medidas propostas para o trecho 0 e 2 do Córrego Água Podre contendo a indicação da vegetação. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.</i>	205
<i>Mapa 7 - Azolla Lam. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016a).</i>	207
<i>Mapa 8 - Typha L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016h)</i>	220
<i>Mapa 9 - Typha domingensis Pres. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016j).</i>	224
<i>Mapa 10 - Typha angustifolia L. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016k).</i>	226
<i>Mapa 11 - Bolboschoenus robustus (Pursh) Soják. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016l).</i>	228
<i>Mapa 12 - Solidago sp. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016o).</i>	252
<i>Mapa 13 - Ctenanthe setosa (Roscoe) Eichler. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016u).</i>	257
<i>Mapa 14 - Festuca L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016v).</i>	260
<i>Mapa 15 - Stenotaphrum secundatum (Walter). Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016x).</i>	261
<i>Mapa 16 - Axonopus compressus (Sw.) P. Beauv. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016y).</i>	262
<i>Mapa 17 - Vertivera zizanioides (L.) Nash. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016z).</i>	264
<i>Mapa 18 - Zea mays L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016l).</i>	265
<i>Mapa 19 - Trichilia elegans A. Juss. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016VI).</i>	273

Mapa 20 - <i>Eugenia hiemalis</i> Cambess. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016VII).	274
Mapa 21 - <i>Siparuna guianensis</i> Aubl. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016IX).	278
Mapa 22 - <i>Duguetia lanceolata</i> A.St.-Hil. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XII).	284
Mapa 23 - <i>Pterogyne nitens</i> Tul. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XVIII).	294
Mapa 24 - <i>Dahlstedtia muehlbergiana</i> (Hassl.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XIX).	295
Mapa 25 - <i>Cryptocarya moschata</i> Ness & Mart. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XX).	297
Mapa 26 - <i>Ocotea elegans</i> Mez. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXII).	300
Mapa 27 - <i>Ficus guaranitica</i> Chodat. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXIV).	303
Mapa 28 - <i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O. Berg. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXV).	305
Mapa 29 - <i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXV).	307
Mapa 30 - <i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVI).	308
Mapa 31 - <i>Inga</i> Mill. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVII).	310
Mapa 32 - <i>Erythrina</i> L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVIV).	314
Mapa 33 - <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: MORIM (2016).	326
Mapa 34- <i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXX).	330

Índice de tabelas

<i>Tabela 1 - Lista de espécies de árvores e arbustos identificadas nas margens e vias ao longo do córrego Água Podre, São Paulo.</i>	188
---	-----

Índice de quadros

<i>Quadro 1 - Poluição difusa: contaminantes, fontes de poluição e problemas ambientais. Fonte: D'Arcy et al. (2000 apud NOVOTNY, 2003).</i>	34
<i>Quadro 2 - Prioridade de aplicação e medidas de manejo descentralizado das águas das chuvas na cidade de Berlim, Alemanha. Fonte: Berlin (2010).</i>	151
<i>Quadro 3 - Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana - Trecho 0</i>	175
<i>Quadro 4 - Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana - Trecho 1.</i>	176
<i>Quadro 5 - Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana - Trecho 2.</i>	177
<i>Quadro 6 - Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana - Trecho 3.</i>	178

SUMÁRIO

Ilustração capa: Infraestrutura Verde para São Paulo. Crédito Oscar Bueno (2017).

Introdução.....	29
1. O estado da arte da Infraestrutura rde (IV)	41
2. O papel das plantas na Infraestrutura Verde	51
2.1. A ação fitorremediadora das plantas	55
2.2. Mecanismos de fitorremediação e tipos de contaminantes envolvidos.....	57
2.2.1. Contaminantes orgânicos.....	58
2.2.2. Contaminantes inorgânicos.....	62
2.2.3. Mecanismos mistos de fitorremediação.....	65
2.2.4. Mecanismos de fitorremediação de ação indireta.....	68
2.2.5. Mecanismos de fitorremediação de ação direta.....	74
2.3. O papel das plantas macrófitas	87
2.3.1. Remoção de contaminantes por plantas macrófitas.....	89
3. Tipologias paisagísticas de Infraestrutura Verde.....	91
3.1. Telhado verde.....	93
3.2. Biovaleta.....	96
3.3. Jardim de chuva.....	101
3.4. Canteiro pluvial	104
3.5. Alagado construído (<i>wetland</i>)	105
3.6. Alagado construído de fluxo superficial	107
3.7. Alagado construído de fluxo subsuperficial horizontal	111
3.8. Alagado construído de fluxo vertical	112
3.9. Alagado flutuante.....	114
4. Infraestrutura verde: experiências internacionais e perspectivas para a cidade de São Paulo.....	119
4.1. Infraestrutura Verde uma ferramenta para cidades sustentáveis.....	121
4.2. A experiência da cidade de Berlim: tecnologias amigas do meio ambiente para o tratamento das águas urbanas	134
4.3. Perspectivas para a cidade de São Paulo.....	155
5. Indicação de plantas para projetos de Infraestrutura Verde em São Paulo	169
5.1. Metodologia.....	183
5.1.1. Estudo de aplicação da vegetação em Infraestrutura Verde.....	183
5.1.2. Critérios de seleção da vegetação para dispositivos de Infraestrutura Verde.....	186

5.2. Estudo de aplicação da vegetação em Infraestrutura Verde no córrego Água Podre e sua bacia hidrográfica.....	186
5.3. Critérios de seleção da vegetação em dispositivos de Infraestrutura Verde na Sub bacia do córrego Água Podre, São Paulo.....	194
5.4. Critérios específicos para a recuperação de APP de nascente urbana e recomposição da mata ciliar	195
5.5. Critérios específicos de seleção de espécies para biovaletas.....	196
5.6. Critérios específicos de seleção de espécies para jardins de chuva	197
5.7. Critérios específicos de seleção de espécies para alagados construídos de fluxos superficial e vertical e flutuante.....	198
5.8. Critérios específicos de seleção de espécies para amortecedores ripários.....	199
5.9. Resultados.....	199
5.9.1. Plantas macrófitas indicadas para alagados construídos de fluxo superficial, vertical e alagados flutuantes.....	205
5.9.2. Espécies de plantas herbáceas: vegetação indicada para uso nas tipologias paisagísticas, jardim de chuva e biovaleta.....	229
5.9.3. Espécies de arbustos indicadas para o uso em biovaletas e jardins de chuva	268
5.9.4. Espécies de árvores e arbustos nativas: vegetação recomendada para recomposição de mata ciliar	271
5.9.5. Espécies nativas recomendadas para uso na tipologia de amortecedor ripário.....	310
6. Considerações finais.....	335
Referências bibliográficas	339
Índice remissivo de espécies de plantas de interesse para projetos de Infraestrutura Verde	363

Introdução

Durante o processo de urbanização grande parte das paisagens naturais são impactadas e a vegetação perde lugar para o concreto. Os fluxos energéticos que antes eram regulados pelos ecossistemas nativos continuam a acontecer, porém passam a produzir efeitos indesejáveis às cidades. Sendo reconhecidos como efeitos ambientais negativos decorrentes da urbanização a poluição dos corpos d'água, dos solos e da atmosfera devido à crescente produção de poluentes e da disseminação de formas impróprias de destinação dos resíduos, a impermeabilização dos solos, a intensificação dos processos erosivos e as alterações no microclima.

A degradação ambiental tem como uma de suas principais consequências a alteração na configuração da paisagem (BARROS, 2011). As paisagens, por sua vez, traduzem a relação entre o homem e a natureza e, de acordo com Teresa Emídio (2006), a paisagem pode ser entendida como sensor das condições ecológicas locais, podendo atestar o equilíbrio ou desequilíbrio ecológico. Nesse sentido, a paisagem pode ser um elemento de estímulo a conservação do ambiente ou mesmo, propulsora de inquietação contra a sua degradação, um símbolo de alerta a recuperação ambiental.

No Brasil, a maioria das cidades, inclusive as cidades localizadas à beira-mar, ergueram-se às margens dos rios que, além de ofertarem água e alimento, permitiam o controle territorial, circulação de pessoas e bens, energia hidráulica, lazer e outros serviços essenciais (COSTA, 2006). Porém, a relação entre as cidades e os recursos hídricos, progrediu de maneira conflitante à medida que o crescimento urbano se acentuou na segunda metade do século XX, resultando em paisagens ambientalmente degradadas pela ocupação de margens e várzeas, canalização e poluição dos corpos hídricos (MARTINS, 2006). As cidades cresceram com base em uma concepção errônea de que serviços fornecidos pelos ecossistemas como, abastecimento de água, controle climático, contenção de áreas de riscos, e demais, não estavam diretamente relacionados ao reconhecimento e conservação das características e processos naturais. E a conservação da vegetação e dos espaços naturais, como montanhas, rios, suas várzeas e nascentes se deu a partir de critérios momentâneos,

já que questões prioritárias como habitação, saúde, educação e segurança precisavam ser sanadas antes (PELLEGRINO, 2014).

No entanto, o desenvolvimento urbano provou o contrário, e muitos dos problemas ambientais enfrentados hoje nas grandes cidades, advêm da maneira como se sucedeu o uso e ocupação do solo ao longo do tempo (GÜNTHER, 2006). Na cidade de São Paulo, a implantação de um sistema de transporte rodoviário e expansionista, consolidado na década de 1930 a partir da construção de avenidas em fundos de vale, marginais de rios e córregos, exerceu forte pressão sobre as suas áreas verdes e planícies fluviais, ocasionando uma série de impactos negativos sobre os recursos hídricos (TRAVASSOS, 2004 apud LEITE, 2008).

Com relação às águas os impactos da urbanização sobre este recurso natural podem ser divididos em quatro classes principais, descritas a seguir, de acordo Novotny (2003):

- a) Problemas hidrológicos: comprometimento da hidrologia natural e do padrão ecológico das águas urbanas, decorrentes das modificações nas bacias hidrográficas e na drenagem natural. A maior parte da precipitação em áreas terrestres se origina da evaporação da água no local onde ela cai. Em áreas urbanas, as modificações nas bacias devido a impermeabilização das superfícies e construções, ocasiona mudanças no chamado pequeno ciclo hidrológico. A água que antes interagiu com o meio ao precipitar, passa a ser levada para longe do local onde caiu, isso provoca redução das taxas de evaporação *in situ* e tem impactos diretos sobre temperaturas locais e regionais, contribuindo para o fenômeno urbano das ilhas de calor urbano, assim como, em alterações nas precipitações locais (BERLIN, 2010);

Figura 1 - Ciclo hidrológico e pequeno ciclo hidrológico. Fonte: Berlin (2010).

- b)** Fragmentação do habitat ecológico: inibição do desenvolvimento e repovoamento da biota nos recursos hídricos, ocasionado pelas alterações nas bacias e na drenagem natural, além de sedimentação e perda do habitat ripário¹;

¹ Ripário. Sinônimo de ribeirão. Habitat nas margens dos rios. Sin. *Ripícola* (ACIESP, 1997 p. 2010).

- c) Comprometimento da paisagem: degradação da paisagem e desvalorização social e econômica de vizinhanças inteiras devido à canalização, poluição e a transformação dos córregos e rios;
- d) Poluição dos corpos hídricos: comprometimento da qualidade ambiental e dos padrões para a manutenção dos processos ecológicos. Entre as fontes de poluição das águas no meio urbano, destacam-se a poluição difusa trazida pelo escoamento pluvial sobre as áreas pavimentadas da bacia hidrográfica, o despejo de esgoto doméstico, o descarte impróprio dos resíduos sólidos, fontes de contaminação acidentais e atmosféricas (BENETTI; BIDONE, 2001). Atualmente, a poluição difusa é considerada como a maior fonte de poluição dos corpos hídricos urbanos (PORTO et al. 2001).

Poluição difusa refere-se à poluição proveniente de atividades que depositam poluentes de forma esparsa sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica. Ela é formada por resíduos de origem bastante diversificada, como os provocados pelo desgaste do asfalto pelos veículos, o lixo acumulado nas ruas e calçadas, as decomposições orgânicas, as sobras de materiais das atividades de construção, os restos de combustíveis, óleos e graxas deixados por veículos, poluentes do ar, etc. (AESABESP, 2008). O quadro a seguir apresenta os poluentes mais frequentes na poluição difusa, suas fontes de contaminação e os principais problemas ambientais associados.

Contaminantes	Fontes de poluição	Problemas ambientais
Óleos Graxas Hidrocarbonetos	Manutenção de veículos; despejo de óleo na água; vazamento de combustíveis em tanques de estocagem e abastecimento; emissões do tráfego e escoamento sobre rodovias; emissão industrial	Poluentes tóxicos; contaminação das águas superficiais, subterrâneas e de mananciais.
Solventes	Limpeza de pátios industriais; Conexões ilegais de efluentes industriais a águas superficiais	Poluentes tóxicos; contaminação das águas superficiais, subterrâneas e de mananciais.
Pesticidas	Aplicação para controle de ervas daninhas em áreas públicas; agricultura; cuidados com jardins e gramados privados	Poluentes tóxicos; contaminação das águas superficiais, subterrâneas e de mananciais.
Sólidos suspensos	Escoamento sobre terras aráveis; processos erosivos em terras altas; acumulação de sólidos em superfícies impermeáveis; resíduos de construção	Destruição das propriedades físicas do solo; sedimentação de piscinas e lagoas naturais; transporte de nutrientes e compostos tóxicos
Orgânicos biodegradáveis	Resíduos de agricultura; lama de esgoto; e lançamento de esgoto doméstico	Demanda de oxigênio e excesso de nutrientes
Microorganismos Coliformes fecais	Falhas de sistema de fossas sépticas; dejetos de animais nas superfícies; conexões ilegais de sistema de esgoto; aplicação de resíduos orgânicos à terra	Riscos à saúde humana
Nitrogênio	Fertilizantes agrícolas; emissões de tráfego; deposição atmosférica	Eutrofização dos corpos hídricos; contaminação de mananciais; acidificação das águas
Fósforos	Erosão; uso de fertilizantes agrícolas; escoamento superficial em áreas urbanas (detergentes, materiais orgânicos)	Eutrofização dos corpos hídricos; degradação ecológica
Metais tóxicos	Escoamento superficial em áreas urbanas; aplicações na terra e efluentes industriais	Poluentes tóxicos à saúde humana e ao meio ambiente

Quadro 1 - Poluição difusa: contaminantes, fontes de poluição e problemas ambientais. Fonte: D'Arcy et al. (2000 apud NOVOTNY, 2003).

O escoamento superficial carrega cargas expressivas de poluição difusa, principalmente durante o primeiro fluxo de escoamento, onde ocorre a primeira lavagem do solo. Este fenômeno é conhecido pelo termo em inglês, *first flush* ou carga de lavagem em português (TOMAZ, 2006) e pode ter concentrações de poluentes muitas vezes maior do que a normalmente encontrada nos esgotos (UACDC, 2010).

A retirada da vegetação junto com a impermeabilização do solo, proporciona o aumento da frequência e da velocidade dos escoamentos na bacia, o que torna a capacidade de arraste da água maior e conseqüentemente, a carga de poluição difusa nos corpos receptores (SMDU, 2012), assim como, os riscos de enchentes e enxurradas (LEE; BANG, 2000 apud ZAFFANI, 2012).

Na cidade a água pode ser considerada a radiografia do ambiente onde está inserida, e a forma como as cidades lidam com os seus recursos hídricos reflete diretamente sobre quais efeitos serão produzidos no ambiente (MOURA, 2013). A bacia hidrográfica, por sua vez, é a unidade territorial de gestão dos recursos hídricos nas áreas urbanas, e corresponde a: *“área drenada por um rio ou um sistema conectado de rios (riachos, córregos) tal que toda a vazão efluente é descarregada através de uma simples saída”* (CBH, 2015). Na natureza a vegetação e água são indissociáveis, as plantas participam da regulação do ciclo hidrológico e desempenham diversas funções no fornecimento de serviços ecossistêmicos.

As pressões sobre as paisagens hídricas naturais decorrentes da urbanização, especialmente a supressão da vegetação ripária, o aumento de áreas impermeáveis, o lançamento de efluentes contaminados, são as principais conseqüências da redução da qualidade e quantidade dos recursos hídricos, problema que afeta mais da metade dos municípios brasileiros (IBAMA, 2010).

Não só no Brasil, mas em todo o planeta, os impactos sobre as paisagens naturais, a biodiversidade, os recursos naturais tende a aumentar, assim como, a intensificação dos efeitos das mudanças climáticas, uma vez que a tendência mundial é que 66% da população esteja vivendo em áreas urbanas em 2050. E segundo John Wilmoth, diretor da Divisão de População das Nações Unidas do

Departamento dos Assuntos Econômicos e Sociais (UNRIC, 2015) *“Gerir áreas urbanas tem-se tornado um dos desafios mais importantes do Século XXI. O nosso sucesso ou fracasso na construção sustentável das cidades vai ser o principal fator de sucesso da agenda da ONU pós 2015”*.

O conceito de Infraestrutura Verde (IV) incorpora a visão de que a conservação da natureza não precisa se opor ao desenvolvimento urbano, a IV fornece uma organização espacial que proporciona, simultaneamente, lugares para o desenvolvimento das atividades sociais e fornecimento dos benefícios da natureza. É um conceito que designa uma rede de paisagens naturais e assim caracterizadas, áreas de conservação públicas e privadas, áreas trabalhadas com valores de conservação (áreas que agregam valor ambiental e social de caráter excepcional ou de importância crítica, por exemplo uma floresta) e outros espaços abertos protegidos; e de espaços tratados com tipologias paisagísticas que mimetizam os processos naturais dos ecossistemas a partir do manejo *in situ* das águas pluviais como jardins de chuva, biovaletas e alagados construídos. Estas tipologias integradas à infraestrutura urbana existente, agregam às cidades os processos da natureza (manejo e proteção dos recursos hídricos; melhora do microclima, da qualidade do ar e dos solos e habitat para a fauna) sem impedir o acontecimento das atividades sociais, ao mesmo tempo em que podem oferecer áreas de lazer e contato com a natureza para as populações urbanas (COMIER; PELLEGRINO, 2008; BENEDICT; McMAHON, 2006).

Com relação a melhora da qualidade das águas urbanas, à estas tipologias estão inerentes certos processos naturais tais como infiltração da água no solo, evaporação, evapotranspiração e também os mecanismos de fitorremediação. A fitorremediação é reconhecida como uma tecnologia que utiliza os processos naturais das plantas e dos microrganismos associados a elas na remediação de ambientes contaminados (PILON-SMITS, 2005).

Partindo de estudos anteriores sobre a fitorremediação, onde se investigou o uso desta tecnologia na remediação de solos contaminados por hidrocarbonetos do petróleo (PINHEIRO, 2012), esta

pesquisa buscou realizar a organização de trabalhos relevantes sobre o estado da arte da Infraestrutura Verde e da fitorremediação, e convergir esses dois campos de estudo, afim de identificar os critérios de seleção de espécies de plantas para uso em projetos de IV na cidade de São Paulo com foco na recuperação da qualidade de seus recursos hídricos urbanas. Uma tecnologia que vem demonstrando sucesso integrada à projetos paisagísticos urbanísticos, principalmente por se tratar de uma tecnologia amiga do meio ambiente que pode ser aplicada *in situ* com caráter estético positivo sobre a paisagem.

Em cidades do mundo todo são encontrados exemplos da utilização de soluções de IV em projetos paisagísticos urbanísticos de recuperação dos recursos hídricos em diversas escalas. Na cidade de Berlim, o uso de plantas como alternativa para o tratamento *in situ* de águas cinzas e águas pluviais em edificações projetadas como modelos ecológicos, data o final dos anos 1980, início dos anos 1990 (BERLIN, 2007). Além disso, em Berlim o planejamento da paisagem urbana inclui preocupações e medidas para conservação da natureza assegurando que o desenvolvimento urbano ocorra sem a perda dos benefícios oferecidos pelos ecossistemas.

No Brasil o conhecimento sobre esta tecnologia se concentra nas pesquisas acadêmicas e sua aplicação no tratamento das águas urbanas é esparsa, ao passo que na Europa e nos Estados Unidos, a fitorremediação já é amplamente utilizada no tratamento de águas pluviais e esgotos a partir de tipologias de alagados construídos, comumente conhecidas pelo termo em inglês *wetlands* (EPA, 2004). E, em São Paulo, as práticas de IV, passaram a ser consideradas pelos órgãos gestores da cidade, apenas no início desta década com a elaboração do Plano de Drenagem das Águas Pluviais do Município de São Paulo no ano de 2010. E mesmo assim, os desafios para sua utilização são muitos, tanto no âmbito das políticas públicas, quanto no âmbito da prática, uma vez que a cidade carece de modelos e incentivos para uso de alternativas ecológicas.

Esta dissertação investiga o papel das plantas no tratamento das águas urbanas por tipologias de Infraestrutura Verde, sob o olhar da fitorremediação e identifica os critérios de seleção das espécies

de plantas para projetos de Infraestrutura Verde na cidade de São Paulo, observando-se o estudo de caso do córrego Água Podre, bairro do Rio Pequeno, zona oeste do município. No que concerne ao projeto paisagístico, urbanístico e arquitetônico brasileiro, local e regional, o uso de soluções ecológicas demonstra ser essencial para a mudança de paradigma no desenvolvimento urbano nacional e mitigação dos impactos ambientais negativos sobre seus recursos naturais.

Inserida na área de atuação Paisagem e Ambiente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, mais especificamente na linha de pesquisa Sistemas da Paisagem: Recuperação de Áreas Ambientalmente Degradadas, esta dissertação justifica-se pela possibilidade de apresentar uma compilação de estudos relevantes para a identificação de critérios de seleção da vegetação em tipologias de IV e a indicação de espécies de plantas para IV de São Paulo. Este trabalho pretende contribuir para a discussão e disseminação de tais práticas ainda incipientes em São Paulo e demais cidades brasileiras.

O objetivo principal desta dissertação foi a identificação de critérios para seleção de espécies de plantas para uso em tipologias paisagísticas da Infraestrutura Verde, com foco principal no tratamento das águas urbanas de São Paulo, assim como, a ampliação da discussão em torno deste tema tão urgente para a realidade das cidades brasileiras e do mundo.

Foram objetivos específicos desta pesquisa:

- a)** A realização de um estudo sobre o estado da arte da Infraestrutura Verde e da tecnologia de fitorremediação a partir de um recorte, dado pela aproximação destes campos de pesquisa, no que se refere a ação das plantas no tratamento da poluição das águas;
- b)** A indicação de espécies de plantas para tipologias paisagísticas de alto desempenho da Infraestrutura Verde para a cidade de São Paulo, a partir de um estudo de caso realizado na bacia do córrego Água Podre, no Rio Pequeno;

- c) A realização de um estágio de pesquisa na Universidade Humboldt de Berlim, Alemanha, visando agregar a essa pesquisa a experiência alemã a partir de estudos de casos do uso de plantas no tratamento das águas urbana.

1. O estado da arte da Infraestrutura Verde (IV)

A partir da evidencia dos efeitos negativos, provocados pelo processo de urbanização e pelas mudanças climáticas, os espaços naturais, que antes eram vistos como artefatos de luxo urbano não sendo considerados elementos da paisagem, hoje passam a ser considerados como protagonistas para a prosperidade da vida urbana (PELLEGRINO, 2014).

Infraestrutura Verde (IV) é um termo usado para especificar o conceito de rede de paisagens, formada de áreas naturais e espaços abertos tratados com tipologias paisagísticas de alto desempenho que adaptam as infraestruturas urbanas aos ciclos ocorridos na natureza. Essa rede de paisagens oferece a oportunidade para o reconhecimento e aproveitamento dos serviços ecossistêmicos nas cidades (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

Os serviços ecossistêmicos², por sua vez, são os serviços prestados pelos ecossistemas que sustentam e conferem qualidade à vida humana. São divididos em quatro categorias de acordo com a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (AEM, 2005 apud IBAMA, 2010):

- a)** Serviços de Suprimento: serviços que resultam em bens ou produtos ambientais com valor econômico, obtidos diretamente pelo uso e manejo sustentável dos ecossistemas, como alimentos, água e produtos florestais;
- b)** Serviços Regulatórios: são aqueles que mantêm os processos ecossistêmicos que garantem à regulação do clima e do ciclo hidrológico, a redução de erosões, o combate de pragas e doenças e contribuem para a polinização;

² Este conceito se consolidou em 2005 com a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (AEM), e suas bases teóricas se encontram na busca pelo entendimento das relações entre os ecossistemas e a qualidade da vida humana. O conceito engloba os termos serviços da natureza, capital natural e serviços ambientais. Os conflitos existentes em sua classificação são discutidos nos trabalhos de Rosa (2014) e Santos (2014).

- c) **Serviços Culturais:** serviços associados aos valores e manifestações da cultura humana, derivados da preservação ou conservação dos recursos naturais. Englobam a recreação, as belezas cênicas e a espiritualidade;
- d) **Serviços de Suporte:** serviços que garantem todos os outros porque mantêm as condições dos recursos ambientais naturais, em especial a biodiversidade, a conservação da variabilidade genética, a formação de solo, a fotossíntese e a ciclagem de nutrientes.

O termo Infraestrutura Verde vem do termo em inglês, *Green Infrastructure*, que foi usado pela primeira vez em 1994, no Relatório da Comissão de *Greenways* (caminhos verdes) da Flórida, nos Estados Unidos, defendendo a ideia de que os sistemas naturais são elementos que complementam a infraestrutura tradicional, conhecida como infraestrutura cinza (FIREHOCK, 2010 apud BONZI, 2015). O termo infraestrutura cinza, por sua vez, é usado para indicar a infraestrutura de drenagem das águas pluviais urbanas, caracterizada por tubulações subterrâneas à base de concreto que dispersam rapidamente o escoamento para pontos de detenção distantes do local onde a precipitação ocorreu (EPA, 2013).

No entanto, o conceito de IV, tem suas raízes nos esforços de planejamento e conservação iniciados há 150 anos com base em dois conceitos importantes (BENEDICT; MCMAHON, 2006):

- a) conectar as áreas de parques e outros espaços verdes em benefício das pessoas;
- b) preservar e conectar as áreas naturais para beneficiar a biodiversidade e combater a fragmentação do habitat.

De acordo com Benedict e McMahon (2006) a rede de IV se estrutura a partir de três elementos principais, polos, conexões e fragmentos, descritos a seguir conforme Moura (2013 p. 49):

Polos: elementos de ancoragem da IV que proveem espaço para fauna e flora nativas, assim como origem e destino para vida selvagem, pessoas e processos ecológicos que se movem através do sistema. Podem ocorrer em diversas formas e tamanhos, de grandes reservas e parques estaduais a áreas verdes de vizinhança, desde que as características e os processos naturais estejam protegidos ou recuperados;

Conexões: são as amarrações que mantêm a coesão do sistema, a vitalidade dos processos ecológicos, a saúde e a biodiversidade da vida natural. Essas ligações, especialmente quando longas e largas, fornecem espaço suficiente para o desenvolvimento de plantas e animais, ao mesmo tempo em que protegem sítios históricos e oportunidades de uso recreativo. Essas conexões ou corredores de conservação – tais como rios, córregos e várzeas – servem como condutores da vida silvestre, enquanto corredores e cinturões verdes (*greenways/greenbelts*) criam uma estrutura para desenvolvimento e preservação dos ecossistemas nativos, além de prover espaços para trilhas, bicicletas ou simplesmente para fruição da natureza;

Fragmentos: são menores do que os polos e não necessariamente estão conectados a grandes sistemas de conservação, mas, assim como os outros elementos da IV, podem contribuir com valores ecológicos e sociais ao oferecer áreas embasadas na natureza para recreação, convívio e relaxamento.

Figura 2 - Elementos que compõem uma Infraestrutura Verde. Para cada estrutura, foram identificados os possíveis constituintes de uma rede. Fonte: Moura (2013).

Na rede de IV, múltiplas funções podem ser atribuídas aos seus elementos o que diferencia a IV das demais infraestruturas convencionais que, em sua maioria, operam com uma única função especialmente aquelas relacionadas a mobilidade, fornecimento de recursos naturais e proteção a riscos de fenômenos naturais. A monofuncionalidade com que atuam estes sistemas, provoca uma ineficiência crescente no funcionamento geral das cidades, gerando mais gastos de recursos, materiais e energia. Segundo Moura (2013 p. 32):

A multifuncionalidade, portanto, aliada à visão dos espaços naturais em um sistema, consiste no conceito diferencial da infraestrutura verde como ferramenta de planejamento e desenho, que a válida como método de compreensão holística das questões urbanas.

A IV, ao conectar paisagens construídas e ecossistemas forma uma rede de elementos interdependentes que mantêm o sistema em funcionamento. Essa rede por não ser centralizada e por ser constituída de elementos interdependentes, é mais flexível e ajustável às possíveis falhas que possam ocorrer sem desestruturar todo o sistema.

Na IV a água é compreendida como o elemento de conectividade primário que impacta ou é impactada diretamente por todos os domínios do planejamento e projeto (uso do solo, infraestrutura, espaços livres, manejo de resíduos e geração de energia) (NOVOTNY et al. 2010). No que concerne o manejo das águas pluviais, as tipologias paisagísticas da IV incorporam o conceito de Melhores Práticas de Manejo (MPM), originalmente denominadas pelo termo em inglês, *Best Management Practices* (BMP) (EPA, 2002), uma abordagem integrada de gestão das águas pluviais na fonte, ou seja, no ponto de escoamento da chuva.

As MPM são práticas aplicadas desde a década de 1970 (NASCIMENTO; BAPTISTA, 2009 apud MOURA, 2013) e inicialmente foram utilizadas para capturar os fluxos de pico de águas pluviais, auxiliar na drenagem local e gerenciar a quantidade de escoamento superficial produzido (EPA, 2002; UACDC, 2010). No entanto, nas últimas duas décadas, as MPM se voltaram para a conservação das características do ambiente natural nas cidades (NOVOTNY et al., 2010), considerando também a

recarga das águas subterrâneas por infiltração e a remoção dos poluentes, através de tecnologias naturais (EPA, 2002; UACDC, 2010), incorporando o conceito de *Low Impact Development* (LID), em português Desenvolvimento de Baixo Impacto.

O LID é uma abordagem ecológica de gestão das águas pluviais que utiliza técnicas de engenharia ambiental para realizar o gerenciamento e tratamento das águas das chuvas na fonte através de uma rede espaços vegetados (UACDC, 2010). O LID foi empregado pela primeira vez no Estado de Maryland, nos Estados Unidos, com o objetivo de manter a hidrologia urbana o mais próximo das condições pré urbanas e controlar o escoamento pluvial e o transporte de poluentes na fonte (NOVOTNY et al. 2010). Inicialmente extensivo às cidades dos Estados Unidos, passou a ser usado também em cidades na Europa e na Austrália (MOURA, 2013).

A IV, o LID e as MPM utilizam de técnicas de design da paisagem que permitem a ocorrência dos processos naturais dos sítios em tipologias paisagísticas que realizam o manejo das águas pluviais na bacia hidrográfica urbana. São abordagens que oferecem espaço para que as plantas e a microbiota associada as raízes e ao solo desempenhem seus mecanismos naturais, agindo sobre os poluentes. As principais tipologias paisagísticas de alto desempenho reconhecidas na rede IV são (COMIER; PELLEGRINO, 2008):

- a)** Jardins de chuva (sistemas de biorretenção ou bacias de infiltração): depressões topográficas que têm a função de receber a água do escoamento pluvial proveniente de áreas impermeabilizadas da bacia hidrográfica e tratar a poluição difusa, a partir dos mecanismos naturais de biorretenção e fitorremediação – ação das plantas e dos microrganismos associados ao solo;
- b)** Canteiros pluviais: versão compacta dos jardins de chuva adaptada aos pequenos espaços urbanos que desempenham as funções de infiltração, transbordamento, evapotranspiração e remediação da poluição;

- c) Biovaletas: canais ou trincheiras vegetadas, que usualmente se referem a depressões lineares preenchidas com elementos filtrantes – vegetação e solo – e que além de estender o tempo de escoamento da água da chuva têm ação remediadora da poluição difusa que fica retida nas raízes das plantas e no substrato;
- d) Lagoas pluviais ou bacias de retenção: recebem o escoamento superficial dos sistemas de drenagem – natural ou convencional –, e retêm uma parte da água das chuvas entre os eventos de precipitação;
- e) Alagados construídos (popularmente conhecidos pelo termo em inglês, *wetlands*): reproduzem funções importantes das zonas úmidas naturais, como alagamentos, filtração da água, criação de habitat para a fauna silvestre e aquática (EPA, 2004), além do, tratamento de contaminantes por fitorremediação (SHUTES, 2001);
- f) Telhados verdes: cobertura vegetal sobre solo tratado espalhado sobre uma base composta por uma barreira contra raízes, um reservatório de drenagem e uma membrana à prova de água. Agem na absorção da água das chuvas, reduzem o efeito da ilha de calor urbano e contribuem para a eficiência energética das edificações, criam habitat para a vida silvestre e, de fato, estendem a vida da impermeabilização do telhado.

Outro aspecto que deve ser destacado a respeito das tipologias paisagísticas da IV, é que estas podem ser incorporadas às edificações e abranger diferentes escalas de projetos, desde a escala do lote residencial até toda bacia hidrográfica, uma cidade, toda uma região, estado ou país.

Figura 3 - Tipologias de Infraestrutura Verde na escala do lote residencial. Fonte: University of Arkansas Community Design Center (UACDC, 2010 p. 49, tradução nossa).

Além disso, podem estar associadas a práticas de reuso das águas residuais (águas cinzas e pluviais) para fins não potáveis nas edificações, reduzindo assim, o consumo de água potável e o volume de água dos sistemas de tratamento de esgotos. Na cidade de Berlim, no distrito de Friedrichshain-Kreuzberg, por exemplo, registra-se a utilização bem-sucedida de um sistema de tratamento de águas cinzas com plantas incorporado a uma edificação, a partir do desenvolvimento de um modelo urbano ecológico de tratamento das águas já no ano de 1988. A tecnologia foi desenvolvida pela Universidade Técnica de Berlim e depois exportada para a Dinamarca e China, e atualmente diversas edificações de Berlim contam com sistemas de reciclagem de águas cinzas e pluviais nas edificações (BERLIN, 2007). Assim como em Berlim, e diversas cidades no mundo, incentivos e exigências legais estão cada vez presentes na busca pela promoção de práticas mais ecológicas em edificações. Em Taiwan, por exemplo, o projeto *Green Buildings* (Edifícios Verdes, tradução nossa) estabelece sete parâmetros de avaliação que estimulam a conservação de energia, a proteção dos recursos hídricos, o baixo desperdício de materiais e o baixo impacto ambiental (CHENG, 2001 apud MAY, 2009).

A utilização da IV, como estratégia de gestão das águas e desenvolvimento urbano, engloba vantagens como (NOVOTNY et al. 2010; MOURA, 2013):

- a)** Adaptação da drenagem urbana ao ciclo hidrológico natural;
- b)** Mimetização das estruturas de manejo pluvial às condições hidrológicas pré-urbanas;
- c)** Diminuição do volume e da velocidade do escoamento superficial das águas de chuva;
- d)** Proteção dos fundos de vale, córregos e rios contra enxurradas e erosões;
- e)** Prevenção da sobrecarga dos sistemas convencionais de drenagem pluvial, prolongando sua eficiência;
- f)** Remoção de parte dos poluentes, matéria orgânica em excesso e resíduos em suspensão antes da infiltração da água no subsolo e de seu carreamento para os recursos hídricos urbanos;
- g)** Redução dos riscos de enxurradas e enchentes;

- h) Aumento das superfícies permeáveis, das áreas verdes, vegetadas e arborizadas, trazendo melhorias ao microclima urbano e amenização das ilhas de calor;
- i) Redução dos investimentos públicos em infraestrutura de drenagem pluvial, em estratégias de prevenção contra enchentes e no atendimento de suas vítimas;
- j) Aproximação do homem urbano aos processos naturais, através do tratamento dos espaços abertos por um paisagismo de alto desempenho que respeita os ciclos ecológicos, mesmo num ambiente antrópico.

No campo do urbanismo e da arquitetura da paisagem, uma série de outros conceitos vêm sendo explorados para atender às questões ambientais urbanas, como: Estrutura Ecológica, *New Urbanism* (Novo Urbanismo), *Landscape Urbanism* (Urbanismo Paisagístico), Planejamento Ambiental, Urbanismo Biomimético e Urbanismo Biofílico. Tais conceitos foram estudados e discutidos no trabalho de Bonzi (2015) e conforme o autor a IV “*emerge como ponto em comum a todas essas escolas, sobretudo no que diz respeito a suas tipologias e enquanto proposta de configuração espacial – rede de áreas interconectadas*” (BONZI, 2015 p. 42).

Por fim, a IV pode então ser reconhecida como uma ferramenta para a mitigação dos impactos ambientais do desenvolvimento urbano e para o enfrentamento dos efeitos anunciados pelas mudanças climáticas globais, uma estratégia para a sustentabilidade urbana (AHERN, 2009).

2. O papel das plantas na Infraestrutura Verde

“O que guia a vida é.... um pequeno fluxo, mantido pela luz do Sol”

Albert Szent-Gyorgyi

Quando uma partícula de luz solar atinge uma molécula do pigmento verde clorofila, elevando um dos elétrons da clorofila a um nível energético maior, uma pequena corrente energética se inicia, a fotossíntese. A clorofila é um pigmento natural presente nas plantas, algas e algumas bactérias, responsável pelo processo fotossintético, *“a via pela qual praticamente toda a energia entra em nossa biosfera”* (RAVEN et al., 2007 p. 125). Na fotossíntese a energia Solar é capturada e utilizada para a formação de açúcares. Nesse processo o subproduto oxigênio é liberado para atmosfera. As plantas, águas marinhas e cianobactérias incorporam o dióxido de carbono da atmosfera e a partir desses dióxidos e da água, sintetizam carboidratos e liberam o oxigênio para atmosfera (op. cit.). Além do ciclo do carbono, as plantas também participam do ciclo do nitrogênio, do fósforo e do ciclo hidrológico.

Além disso, os vegetais constituem a base da cadeia alimentar na biosfera e são essenciais para diversas atividades humanas. Cultivamos plantas para produção de alimentos, energia, fibras, madeira, farmacêuticos, cosméticos e mais uma série de outros produtos. Não há dúvidas quanto à importância dos vegetais para a vida na Terra, no entanto, o homem vem reduzindo cada vez mais os ecossistemas e as áreas naturais vegetadas.

Com relação a manutenção da qualidade das águas, na natureza a vegetação e água são elementos indissociáveis e os mecanismos desempenhados pelas plantas e suas interações com o meio físico, químico e biótico tem importante papel para a manutenção do ciclo hidrológico e da qualidade das águas. A vegetação:

- a)** Contribui para a infiltração da água no solo, e consequentemente, para a recarga dos aquíferos subterrâneos e das nascentes, sendo assim, determinantes para a regularidade da vazão dos rios (SMA, 2009);
- b)** Absorvem parte da água que infiltra no solo e devolvem para atmosfera em forma de vapor d'água;
- c)** Fornecem habitat para a fauna e microrganismos;
- d)** Atuam como filtros da água que flui através delas – especialmente a vegetação que ladeia os cursos d'água, a mata ciliar que age como filtros da poluição difusa trazida pelo escoamento das águas das chuvas, mitigando parte da poluição antes de atingir os corpos hídricos (SEMADAS, 2001; SMA, 2009).

A respeito da mata ciliar, cabe destacar que (SEMAS, 2001 p. 29):

As matas ciliares têm importante papel na ecologia e na hidrologia de uma bacia hidrográfica auxiliam na manutenção da qualidade da água, na estabilização das margens, evitando a erosão e o assoreamento, no desenvolvimento e sustento da fauna silvestre aquática e ribeirinha e na regularização dos regimes dos rios através dos lençóis freáticos”.

Portanto, a vegetação da mata ciliar está intimamente relacionada à conservação dos solos e dos recursos hídricos, sendo assim, a conservação, recomposição e recuperação dessas matas é um fator relevante no tratamento das águas urbanas (op. cit.).

Na rede de Infraestrutura Verde (IV) as plantas são as protagonistas do fornecimento de serviços ecossistêmicos. A partir de seus elementos, pólos, conexões e links, a IV oferece diferentes oportunidades para o uso da vegetação em áreas urbanas. No tratamento das águas pluviais, mais especificamente, as suas tipologias paisagísticas de alto desempenho concedem aos espaços abertos no tecido urbano micro ecossistemas que realizam o tratamento das águas pluviais na fonte, formando uma rede que pode contemplar toda a bacia hidrográfica, e fornecer as condições para o

acontecimento dos fluxos naturais, indo de encontro ao enfrentamento das questões ambientais urbanas observadas anteriormente.

As tipologias paisagísticas da IV são, portanto, os dispositivos que fornecem às plantas o meio para o desempenho dos processos como purificação das águas pluviais e também superficiais, controle de enchentes, melhoria do microclima, sequestro de carbono, espaços de contato com a natureza, entre outros.

Com relação ao papel das plantas na mitigação e remediação da poluição tanto das águas, quanto do solo e do ar, atualmente já são bastante reconhecidos os mecanismos de fitorremediação. Os mecanismos de fitorremediação, por sua vez, estão intrínsecos às tipologias paisagísticas de alto desempenho da IV. Portanto, o reconhecimento destes mecanismos e o próprio entendimento acerca das tipologias se torna necessário para a indicação da vegetação em um projeto de IV.

Para tanto, este capítulo aborda a tecnologia de fitorremediação, os mecanismos fitorremediadores, principais características dos poluentes encontrados no meio ambiente e algumas espécies de plantas identificadas na literatura. Também apresenta as principais tipologias paisagísticas da IV, suas características de design, potencialidades, processos naturais, mecanismos de fitorremediação e serviços ecossistêmicos intrínsecos, assim como, identifica critérios para a seleção da vegetação para cada uma das tipologias de IV.

2.1. A ação fitorremediadora das plantas

Fitorremediação é nome da tecnologia que utiliza os processos naturais das plantas e suas interações com a microbiota associada a rizosfera na despoluição dos ambientes. A rizosfera compreende uma área que se estende aproximadamente um milímetro (1 mm) ao redor da raiz e encontra-se sobre influência da planta que libera pelas raízes uma variedade de compostos orgânicos derivados da fotossíntese. Estes compostos, denominados fotossintatos, servem de recursos para fungos heterotróficos e bactérias e são fator substancial de ampliação da área de degradação ao redor da raiz (PILON-SMITS, 2005).

A fitorremediação envolve mecanismos de degradação, extração, contenção ou imobilização de diversos tipos de poluentes orgânicos e inorgânicos presentes nos solos, sedimentos, águas superficiais e subterrâneas (PILON-SMITS, 2005; PIRES et al, 2003 apud COUTINHO, 2007). Trata-se de uma tecnologia que pode ser aplicada *in situ* e que devido ao caráter estético positivo sobre a paisagem, pode ser integrada aos projetos paisagísticos (MORINAGA, 2013; BARROS, 2011). A fitorremediação tem sido referida como o método mais rentável, não invasivo e publicamente aceito no tratamento de ambientes contaminados (RUBY; APPLETON, 2010).

As diferentes técnicas envolvidas nesta tecnologia tiveram origem no conhecimento adquirido ao longo do tempo sobre os problemas ambientais ligados as atividades de agricultura, silvicultura e horticultura (EPA, 2000). A fitorremediação se tornou popular a partir da década de 1990 para as agências governamentais e para o setor industrial nos Estados Unidos e na Europa, principalmente por ser uma alternativa de baixo custo quando comparada a tecnologias convencionais de remediação. Trata-se de uma tecnologia não invasiva e que pode proporcionar a preservação e o melhoramento das características do solo (PILON-SMITS, 2005).

Diversos estudos vêm sendo publicados nas últimas décadas a respeito da fitorremediação e sua capacidade no tratamento de esgotos industriais e domésticos, tratamento de compostos orgânicos como hidrocarbonetos do petróleo (PINHEIRO, 2012; GASKIN; BETHAN, 2010; GERHARDT et al., 2009; PAVANELLI, 2007; WHITE JR et al., 2006; VIANA et al., 2007; KAMATH et al., 2005; MERKL et al., 2005; TAGHAVI et al., 2005; ALORKA; GARBISU, 2001; SCILIANO et al., 2003; MORENO, 1998; FRICK et al., 1999), contaminantes inorgânicos como metais pesados (MORENO; SÍGOLO, 2007; MORENO et al., 2005; DUSCHENKOV et al., 1995; SALT et al., 1995) e também radionuclídeos (EPA, 2000) nas diferentes matrizes solos, águas superficiais e subterrâneas. Estes estudos incluem aspectos relativos à sua viabilidade econômica em comparação às outras tecnologias de remediação (COUTINHO, 2007; PILON-SMITS, 2005; EPA, 2000).

Na Europa e nos Estados Unidos, a fitorremediação já é bastante utilizada no tratamento de águas residuais a partir sistemas de alagados construídos. Os alagados construídos podem ser utilizados para tratamento de compostos inorgânicos, incluindo metais, cianeto, nitrato e fosfato e também para compostos orgânicos como, explosivos, herbicidas e patogênicos (PILON-SMITS, 2005). Na Europa cerca de cinco mil alagados já foram construídos com esse propósito e nos Estados Unidos em torno de mil já estavam em funcionamento em 2004 (EPA, 2004).

2.2. Mecanismos de fitorremediação e tipos de contaminantes envolvidos

Figura 4 - Mecanismos de fitorremediação e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

A fitorremediação é classificada de acordo com o destino dos contaminantes, degradação, extração, contenção ou imobilização e volatilização, e com base nos mecanismos vegetais envolvidos, quais sejam, extração de contaminantes do solo ou água subterrânea, concentração de contaminantes no tecido da planta, degradação dos contaminantes a partir de processos bióticos ou abióticos, volatilização ou transpiração de compostos voláteis das plantas para atmosfera, imobilização dos contaminantes na rizosfera, controle fitohidráulico dos contaminantes na água subterrânea e controle do escoamento pluvial (EPA, 2000).

Estes mecanismos agem de forma direta ou indireta. Os mecanismos de ação direta são conhecidos como: fitoextração, rizofiltração, fitodegradação, fitovolatilização e controle fitohidráulico. Já a fitoestabilização, a rizodegradação são os mecanismos de ação indireta (PILON-SMITS, 2005; VIANA et al., 2007) e os sistemas de cobertura vegetal e corredores ripários, mecanismos mistos (EPA, 2000).

Estes mecanismos podem agir em conjunto ou isoladamente nos diferentes substratos, solos, sedimentos, lamas, águas superficiais e subterrâneas, atingindo uma variedade de poluentes orgânicos e inorgânicos. Os mecanismos de fitorremediação são desempenhados por uma variedade de plantas incluindo espécies arbóreas, arbustivas, herbáceas e gramíneas, assim como, espécies de substrato terrestre, aquático, rupícola, etc. A figura a seguir apresenta os mecanismos de fitorremediação e os contaminantes envolvidos, que, serão melhor descritos no decorrer deste capítulo.

2.2.1. Contaminantes orgânicos

A fitorremediação envolve tanto os poluentes orgânicos quanto inorgânicos. E quase todo contaminante orgânico pode ser degradado por ação dos vegetais, a degradação dos orgânicos pelas

plantas pode ocorrer unicamente por atividades metabólicas da planta ou em associação com a microbiota, incluindo bactérias endógenas. No geral os compostos orgânicos são poluentes relativamente menos fitotóxicos que os inorgânicos, pois não ficam acumulados nos tecidos vegetais e sofrem reações lentas (CHERIAN; OLIVEIRA, 2005 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015). No entanto, alguns são altamente tóxicos aos humanos, como por exemplo os pesticidas, os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) e os Hidrocarbonetos do Petróleo (PHC) (EPA, 2000).

Os principais contaminantes orgânicos encontrados no ambiente envolvidos na fitorremediação e suas principais características são apresentadas resumidamente a seguir.

Hidrocarbonetos do Petróleo (PHC)

Constituem um grupo com centenas de compostos, divididos conforme sua composição molecular. As principais fontes de contaminação são as atividades ligadas a extração, manipulação, transporte e uso de produtos derivados do petróleo. Algumas substâncias pertencentes a esse grupo apresentam efeito carcinogênico. Entre os hidrocarbonetos do petróleo os mais comumente encontrados no ambiente são os óleos, a gasolina, poluentes conhecidos como Hidrocarbonetos Totais do Petróleo (TPH), Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), os Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) da gasolina denominados grupo BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos), hidrocarbonetos de óleo de motor e um composto específico da gasolina aditivada o Éter metil butil terciário (MTBE) (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Os PHCs podem ser divididos em duas categorias principais: hidrocarbonetos de fácil degradação e hidrocarbonetos persistentes. Hidrocarbonetos de fácil degradação são o MTBE, BTEX, a gasolina, o óleo diesel, e outros hidrocarbonetos alifáticos. Os mecanismos de fitorremediação envolvidos na degradação destes compostos são a rizodegradação, o controle fitohidráulico, a fitovolatilização e fitodegradação. São considerados hidrocarbonetos persistentes os HPAs, o alcatrão de carvão, óleo

cru e óleo de aquecimento de motor. O mecanismo de fitorremediação envolvido na degradação destes compostos é a rizodegradação (KENNEN; KIRKWOOD, 2015). Os HPAs são comumente encontrados no escoamento pluvial sobre vias pavimentadas de circulação de automóveis e são compostos altamente tóxicos;

Solventes Clorados

São compostos orgânicos de alta toxicidade aos humanos, associados à severos tipos de câncer (EPA, 2014a apud KENNEN, KIRKWOOD, 2015). Solventes clorados são contaminantes líquidos transparentes, com odor suave e que volatizam quando entram em contato com o ar. As principais fontes de contaminação são os desengordurantes, limpadores, solventes, propulsores de foguetes e retardadores de fogo. São contaminantes específicos desta categoria o Tricloroetileno (TCE), Percloroetileno (Perc ou PCE), Cloreto de vinil (VCM) e Carbono tetra clorado. Os mecanismos de fitorremediação envolvidos na degradação destes compostos são o controle fitohidráulico, a fitovolatilização, fitodegradação e rizodegradação (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Explosivos

Os explosivos são poluentes orgânicos tóxicos sendo as principais fontes de contaminação por estes compostos os locais de confrontos de guerra, a fabricação de munições e explosivos, as instalações de armazenamento de munições e de desmantelamento de armas, outras áreas onde tenham tido atividades militares, sítios de mineração e pedreiras. Os explosivos são classificados como contaminantes carcinogênicos prioritários para Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e são compostos mais comuns desta categoria o RDX (em inglês *Royal Demolition Explosive*), TNT (Trinitrotolueno) e HMX (em inglês, *High Melting Point Explosive*, ou explosivo com alto ponto de fusão ou ciclotetrametileno-tetranitramina). Mecanismo de fitorremediação envolvidos: no tratamento

de RDX os mecanismos de controle fitohidráulico, rizodegração e fitodegradação. No tratamento de TNT o mecanismo de fitoestabilização e no tratamento do HMX os mecanismos de controle fitohidráulico e fitoestabilização (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Poluentes orgânicos persistentes (POPs)

Compreendem um grupo de 24 substâncias químicas tóxicas produzidas pelo homem (EPA, 2013). A principal fonte de introdução destes compostos se dá pelo uso de pesticidas, além de fontes como uso de refrigeradores de motores industriais, retardadores de fogo, transformadores e sistemas de ar condicionado. São POPs comuns o DDT e DDE, Clordano e PCB. Os mecanismos de fitorremediação conhecidos na degradação dos POPs são a fitoestabilização, fitoextração e rizodegradação (op. cit.).

Pesticidas

Compostos orgânicos tóxicos conhecidos por causar problemas no sistema endócrino e estão associados a diversos tipos de câncer. As fontes de contaminação por estes compostos são o uso de herbicidas, inseticidas, bactericidas e fungicidas. Alguns pesticidas fazem parte da categoria de poluentes orgânicos persistentes (POPs) tais como Aldrin, DDT, Endrin e Dieldrin. Os mecanismos de fitorremediação envolvidos: controle fitohidráulico, rizodegradação, fitodegradação (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Outros poluentes orgânicos

Outros poluentes orgânicos que podem ser tratados por fitorremediação são o gás e líquido de refrigeração (etileno glicol, propileno glicol e hidrocarbonetos do álcool), o formol e fármacos. Os

mecanismos de fitorremediação envolvidos no tratamento destes compostos são a rizodegradação, controle fitohidráulico, fitovolatilização, fitodegradação e fitoestabilização (op. cit.).

2.2.2. Contaminantes inorgânicos

Contaminantes inorgânicos, são elementos constituintes da tabela periódica. Não podem ser degradados por ação das plantas e microrganismos. Ao invés disso, através das atividades das plantas os compostos inorgânicos podem mudar de forma, serem estabilizados no sitio ou movidos e estocados nos tecidos vegetais (PILLON-SMITS, 2005) e através de ciclos de colheitas serem removidos do ambiente (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Dentre os elementos inorgânicos, alguns são nutrientes para os vegetais, uma vez que toda planta possui vias de transporte para os elementos inorgânicos essenciais, divididos em três grupos:

- a)** Macro nutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K);
- b)** Macro nutrientes secundários: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S);
- c)** Micronutrientes requeridos em quantidades traço: Boro (B), Cloreto (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni) e Zinco (Zn).

Apesar de estarem naturalmente no ambiente os compostos inorgânicos podem ser poluentes quando em excesso ou quando presentes em ambientes sensíveis, além do mais, muitos são nocivos à vida humana e animal, como os metais pesados que são compostos altamente tóxicos e bioacumuladores transferidos através da cadeia alimentar.

mecanismos de fitorremediação conhecidos para estes compostos são a fitovolatilização, fitoestabilização, fitoextração, controle fitohidráulico e rizodegradação (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Metais e metaloides

Os metais e metaloides são elementos da tabela periódica naturais nos ecossistemas e muito são essenciais para o crescimento das plantas como já observado, entretanto, altas concentrações de metais têm efeitos tóxicos aos seres humanos e outros animais (op. cit.). Os metaloides ou semi-metais, são elementos químicos que possuem tanto as propriedades físicas e/ou químicas de metais quanto de não-metais, são eles: B, Silício (Si), Germano (Ge), Arsênio (As), Antimônio (Sb), Telúrio (Te), Polônio (Po).

Estes elementos podem ser encontrados no solo, na água e no ar. As fontes típicas de contaminação são as atividades de mineração, rejeitos, fundição, aplicação de pesticidas, estrume e águas residuais humanas, escoamento pluvial sobre vias pavimentadas (ruas, estradas, avenidas), lixiviados de aterros, aplicações industriais, deposição atmosférica e poluição atmosférica por veículos e indústrias. São mecanismos de fitorremediação conhecidos no tratamento destes compostos a fitoextração, fitovolatilização, fitoestabilização (op. cit.) e a rizofiltração (EPA, 2000).

Radionuclídeos, Radioisótopos ou Isótopo Radioativo

São formas instáveis de um elemento que decai ou transmuta espontaneamente, emitindo radiação ionizante (CNEN, 2017). São poluentes desta categoria diferentes formas energéticas de Estrôncio ^{90}Sr , Césio ^{137}Cs , Urânio ^{238}U , Trítio T e ^3H um isótopo radioativo do Hidrogênio. Os poluentes radionuclídeos são perigosos e nocivos aos seres humanos e animais. As principais fontes de contaminação são as industriais de armamentos, usinas nucleares e resíduos nucleares. A

fitoestabilização é o mecanismo de fitorremediação conhecido para o tratamento da contaminação por estes compostos (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

2.2.3. Mecanismos mistos de fitorremediação

A fitorremediação inclui diferentes tipos de mecanismos, de ação direta e indireta, como demonstrado pela Figura 3 anteriormente, assim como, mecanismos mistos. A seguir, serão descritos brevemente os mecanismos mistos de fitorremediação, poluentes envolvidos em cada um, assim como, as principais características da vegetação e espécies de plantas conhecidas.

Amortecedor ripário

Amortecedor ripário ou barreira ripária, aparece na literatura tanto como sendo um mecanismo da tecnologia de fitorremediação, como umas das técnicas de design do conceito de LID. Trata-se de uma faixa de solo hídrico composta por vegetação considerada facultativa ao longo de córregos e margens de rios que além de mitigar a poluição difusa que atinge o corpo hídrico trazida pelo escoamento pluvial, oferece nicho para o acontecimento de outros serviços ecossistêmicos (UACDC, 2010).

Os amortecedores ripários também podem ser instalados para evitar que plumas de contaminação atinjam os lençóis freáticos ou prevenir acidentes como vazamentos. Nos amortecedores ripários os mecanismos vegetais envolvidos incluem atividades metabólicas, captação de água e captura de contaminantes. Incorpora aspectos dos mecanismos de controle fitohidráulico, fitodegradação, rizodegradação, fitovolatilização e fitoextração. Além disso estabilizam estruturalmente os bancos e

as margens dos corpos hídricos evitando a erosão e deslizamento. Árvores e arbustos fornecem sombra que mantém a temperatura da água adequada para a troca de nutrientes e a sobrevivência da vida aquática (EPA, 2000).

Os amortecedores ripários são considerados uma medida simples e de baixo custo para proteção e melhoria da qualidade das águas através das comunidades locais de plantas. Entre 50 e 85 por cento das cargas de poluentes de águas pluviais podem ser filtradas dentro de aproximadamente 10 a 30 metros quadrados de vegetação ripária (UACDC, 2010). A largura da faixa de vegetação é baseada no contexto circundante e normalmente tem no mínimo 10 metros de largura e pode ir até 70 metros (EPA, 2000), tipo de solo, tamanho e declive da área de captação e cobertura vegetativa. Os amortecedores ripários são mais eficazes quando combinados com outros dispositivos de IV ou LID, que atuam na atenuação da quantidade e velocidade do escoamento pluvial, como biovaletas e jardins de chuva (UACDC, 2010).

A vegetação adequada é a vegetação ripária nativa do local. Inclui ervas, arbusto e árvores. De acordo com a Ecologia os termos, ripário, ripícola e ribeirão, significam “*vivendo nas margens do rio*” (ACIESP, 1997 p. 210). Nos amortecedores ripários as plantas são distribuídas em três zonas (UACDC, 2010):

- a)** Zona 3: zona composta de espécies de gramíneas perenes, herbáceas e lenhosas que atuam no controle de retardamento do escoamento e absorvem a maioria dos contaminantes;
- b)** Zona 2: zona de floresta manejada, formada por árvores e arbustos de crescimento lento que fornecem habitat para a fauna nativa e mitiga os contaminantes remanescentes da zona 3;
- c)** Zona 1: zona florestal não perturbada formada por árvores de ambiente rápido, tolerantes a inundações e plantas de junco que estabilizam os bancos e refrigeram a água através do sombreamento.

Amortecedores Ripários

Figura 6 - Desenho esquemático do mecanismo misto de fitorremediação amortecedor ripário indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

2.2.4. Mecanismos de fitorremediação de ação indireta

Esta sessão apresenta os mecanismos de fitorremediação de ação indireta, principais contaminantes envolvidos, as características da vegetação e as principais espécies de plantas conhecidas.

Fitoestabilização

A fitoestabilização é um mecanismo de imobilização dos contaminantes no solo ou na rizosfera, que pode ser auxiliado pela adição de inertizantes, os quais podem promover processos químicos tais como adsorção, complexação precipitação e reações redox. A precipitação do contaminante na rizosfera altera sua biodisponibilidade no meio. A ação das raízes também contribui para evitar a migração dos contaminantes para a água subterrânea ou sua dispersão pelo solo, além disso, evita processos erosivos e promove mudanças nas propriedades químicas do solo, devido à liberação de exsudatos pelas raízes o que pode ocasionar a alteração do pH e produção de gás carbônico proporcionando o aumento da comunidade microbiana, a fixação de nitrogênio atmosférico e a mineralização de compostos orgânicos no solo (MORENO; SÍGOLO, 2007).

O uso de inertizantes no substrato como o calcário, promove a elevação do pH e proporciona um melhor resultado na remediação, pois reduz a disponibilidade e acumulação dos metais pelas plantas (op. cit.) devido aos processos químicos promovidos, proporcionando o estabelecimento da vegetação no substrato tóxico (MORENO et al. 2005). A fitoestabilização também pode ocasionar mudanças na solubilidade e mobilidade dos metais e também a dissociação dos compostos orgânicos. Os metais solúveis podem ser convertidos a um estado insolúvel por meio de oxidação (SALT et al. 1995). Pode também ocorrer a incorporação de compostos orgânicos na lignina da planta, sendo esse processo referenciado como fitolignização (EPA, 2000).

Fitoestabilização

Figura 7 - - Mecanismo de fitoestabilização e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

Este mecanismo tem potencial de tratar ambientes contaminados por metais, como Ni, Se, Cd, Zn, Fe, Mn, Cu, Co, Mo, F, Hg, Al e Pb, metaloides As e B, N e POPs. No entanto, tem certa desvantagem pois o tempo para a remediação da contaminação pode ser longo e exigir manutenção constante como uso de fertilizantes, monitoramento da vegetação e da contaminação que pode ser carregada por processos de erosão (EPA, 2000).

Com relação a vegetação, o sistema de raízes é bastante determinante, as espécies mais tolerantes a ambientes saturados de água e que possuem um sistema radicular denso e altas taxas de transpiração são as mais indicadas para fitoestabilização. As plantas podem ser selecionadas pelo sistema de raízes profundos ou extensos dependendo do tipo de contaminação. Destacam-se as espécies encontradas na literatura:

- a) No tratamento de metais (Cu, Cd, Ni, Cr e Zn) as espécies de plantas herbáceas *Vertiveria zizanioides*, *Brachiaria decumbes* e *Andropogon* sp (MORENO; SIGOLO, 2007);
- b) No tratamento de lixiviados de metais as herbáceas *Agrostis tenuis*, *Festuca rubra* (EPA, 2000).

Rizodegradação

Processo de degradação de contaminantes presentes no solo através da atividade microbiana estimulada na rizosfera que facilita a excreção exsudatos (EPA, 2000). Exsudatos são substâncias que incluem açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, ácidos graxos, esteróis, enzimas e outros compostos (SHIMP et al. 1993; SCHNOOR et al. 1995a apud EPA, 2000). Os exsudatos são recursos para fungos heterotróficos e bactérias e são o fator substancial de ampliação da área de degradação ao redor da raiz. A presença das raízes no solo também pode afetar as condições do meio, como aeração (quantidade de oxigênio) e umidade, criando condições favoráveis para que microrganismos

nativos ajam na degradação dos compostos orgânicos, mesmo na ausência da liberação de exsudatos (PILON-SMITS, 2005).

A rizodegradação é um mecanismo interessante para remediação de solos contaminados por compostos orgânicos hidrofóbicos, que não são absorvidos pela planta e são passíveis de degradação na rizosfera como PCBs, HPAs (op. cit.), BTEX, pesticidas, solventes clorados, pentaclorofenol e surfactantes (EPA, 2000). No entanto, a rizodegradação aplicada para o tratamento de solos contaminados apresenta desvantagens, por ser um mecanismo que requer um maior tempo de ação e uma extensa área de ocupação pelas raízes das plantas, além de aplicação de técnicas agrônômicas, envolvendo o uso de fertilizantes, devido à competição por nutrientes entre plantas e microrganismos (PILON-SMITS, 2005; EPA, 2000). Os mecanismos de fitodegradação e fitovolatilização podem acontecer junto com a rizodegradação e devem ser observados (PILON-SMITS, 2005).

Sobre o potencial da fitorremediação no tratamento de solos contaminados por PHCs, o estudo feito por Pinheiro (2012) concluiu que a rizodegradação é um mecanismo eficaz de atuação na remediação de sítios contaminados por estes compostos. Nos Estados Unidos, por exemplo, o uso da fitorremediação no tratamento de compostos orgânicos, como os PHCs, constitui 80% do mercado total da fitorremediação (PILON-SMITS, 2005).

As plantas indicadas são aquelas que possuem um denso sistema de raízes, maior tolerância aos contaminantes (PILON-SMITS, 2005) e plantas com alta produção de exsudatos. Sendo algumas espécies encontradas na literatura são apresentadas no quadro a seguir:

- a) Na degradação de PCB as espécies *Morus rubra*, *Maclura pomifera*, *Malus fusca* (FLETCHER; HEGDE, 1995 apud EPA, 2000) e *Mentha spicata* (GILBERT; CROWLEY, 1997 apud EPA, 2000);
- b) Na degradação dos contaminantes TCE e TCA a espécie *Medicago sativa* (NARAYANAN et al. 1995 apud EPA, 2000)

- c) Na degradação de TCE *Lespedeza cuneate*, *Pinus taeda* e *Glycine max* (ANDERSON; WALTON, 1995 apud EPA);
- d) Degradação de HPAs as espécies *Andropogon gerardi*, *Schizachyrium scoparius*, *Sorghastrum nutans*, *Panicum virgatum*, *Elymus canadensis*, *Agropyron smithii*, *Bouteloua curtipendula* e *Bouteloua gracillis* (APRILL; SIMS, 1990 apud EPA, 2000);
- e) Na degradação de HPA e PCP as espécies *Festuca arundinacea*, *Sorghum vulgare*, *Panicum virgatum*, *Medicago sativa* (REILLEY et al. 1994a, 1994b apud EPA, 2000) *Festuca ovina* var. *duriuscula*, *Festuca rubra*, *Agropyron smithii*, *Agropyron trachycaulum*, *Andropogon scoparius*, *Sorghastrum nutans* e *Panicum virgatum* (PIVETZ et al., 1997 apud EPA, 2000)
- f) Na degradação de PCP a herbácea *Agropyron desertorum* (FERRO et al., 1997 apud EPA, 2000).

Rizodegradação

Figura 8 - Mecanismo de rizodegradação e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

2.2.5. Mecanismos de fitorremediação de ação direta

A seguir serão descritos os mecanismos de fitorremediação de ação direta, principais contaminantes envolvidos, as características da vegetação utilizada e principais espécies de plantas estudadas.

Fitoextração

A fitoextração é um mecanismo de ação direta usado para a remoção de metais e metaloides de solos, rejeitos ou resíduos contaminados, por ação de espécies de plantas denominadas hiperacumuladoras. Neste mecanismo os contaminantes orgânicos são absorvidos diretamente pelas raízes das plantas e, posteriormente, ocorre o transporte destes para os tecidos vegetais aéreos. Os contaminantes podem ser removidos a partir de ciclos de poda e colheita (MORENO; SÍGOLO, 2007; EPA, 2000). Apesar de ser utilizada principalmente na remediação de solos, a fitoextração também vem sendo estudada para o tratamento de águas contaminadas (EPA, 2000). A biomassa vegetal podada vem sendo estudada como um possível recurso, como por exemplo, a biomassa de uma planta usada para extração de selênio pode ser usada para repor esse elemento em áreas com deficiência deste elemento (BAÑUELOS, 1997a apud EPA, 2000).

Espécies de plantas hiperacumuladoras podem absorver altos níveis de compostos inorgânicos incluindo uma variedade de metais como As, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Se e Zn até quando expostas à baixas concentrações do contaminante. As espécies com crescimento rápido, alta produção de biomassa, resistentes à pestes e doenças (PILON-SMITS, 2005) e com sistemas de raízes profundos são as mais interessantes para a fitoextração. Atualmente são conhecidas mais de 400 espécies com potencial para fitoextração de metais e metaloides (MORENO; SÍGOLO, 2007).

Fitoextração

Figura 9 - Figura 9 - Mecanismo de fitoextração e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.
Crédito: Oscar Bueno, 2017.

No entanto, a maioria das espécies conhecidas apresentam crescimento lento, baixa produção de biomassa e sistema de raízes rasos, o que confere desvantagem para utilização deste mecanismo, pois os contaminantes são removidos da biomassa, e, portanto, quanto menor a biomassa, menor a taxa de remoção dos contaminantes (EPA, 2000). Além disso, metais tem efeitos fitotóxicos o que pode ser um fator limitante para certas espécies de plantas (NANDA KUMAR et al., 1995 apud EPA, 2000). A profundidade do sistema de raízes determina o alcance da fitoextração no meio contaminado, uma vez que os contaminantes precisam estar em contato com a rizosfera (EPA, 2000).

Algumas espécies de plantas com potencial para fitoextração de metais e metaloides são apresentadas a seguir:

- a) Fitoextração de metais e radionuclídeos Pb, Cr (VI), Cd, Cu, Ni, Zn, ⁹⁰Sr, B e Se a espécie *Brassica juncea* (NANDA KUMAR et al., 1995; SALT et al., 1995; RASKIN et al., 1994 apud EPA, 2000);
- b) Extração de Ni e Zn, a espécie *Thlaspi caerulescens* (BROWN et al., apud EPA, 2000);
- c) Fitoextração de Pb as espécies *Thlaspi rotundifolium*, *Brassica juncea* (NANDA KUMAR et al., 1995 apud EPA, 2000) e *Acacia mangium* (MEEINKIRT et al., 2012);
- d) Extração de Ni, espécie *Alyssum wulfenianum* (REEVES; BROOKS, 1983 apud EPA, 2000);
- e) Fitoextração dos metais Zn, Cu e Ni, a gramínea *Festuca rubra* (LASAT, 2000 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015);
- f) Extração de As e Fe a espécie *Hibiscus cannabinus* (MEERA; AGAMUTHU, 2011 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Fitodegradação

Mecanismo de fitorremediação que compreende a degradação e/ou transformação de certos compostos orgânicos como pesticidas, explosivos, hidrocarbonetos do petróleo e nitrato no interior da planta (EPA, 2000; PILLON-SMITS, 2005; KENNEDY; KIRKWOOD, 2015). Este mecanismo ocorre após a absorção do contaminante através de processos metabólicos, ou na rizosfera por meio da ação de complexos enzimáticos liberados pelas raízes. Neste mecanismo não é considerada a ação dos microrganismos presentes na rizosfera, sendo as transformações no interior da planta a principal via de ação (EPA, 2000; PILLON-SMITS, 2005).

As transformações ocorridas neste mecanismo dependem das propriedades dos compostos envolvidos e da absorção do contaminante pela planta que é influenciada pelas propriedades hidrofóbicas de solubilidade e polaridade dos contaminantes (KAMATH et al., 2005). A captura das substâncias orgânicas também depende do tipo de planta, tipo de composto e das características físicas e químicas do solo (EPA, 2000).

Já foram identificados diversos mecanismos metabólicos das plantas para diferentes grupos de compostos orgânicos, como por exemplo para herbicidas (BURKEN, SCHNOOR, 1997; apud EPA, 2000), solventes clorados (NEWMAN et al., 1997a apud EPA, 2000) e munições (THOMPSON et al., 1998 apud EPA, 2000). Assim como, foi comprovada a síntese de diferentes enzimas pelas plantas que degradam compostos destes grupos (McCUTCHEON, 1996 apud EPA, 2000).

A fitodegradação pode ser aplicada no tratamento de solos, sedimentos, lamas, águas subterrâneas e águas superficiais. Tem a vantagem de ser utilizada em ambientes estéreis (ambiente livre de microrganismos), onde a toxicidade é alta (EPA, 2000). No entanto, apresenta certa desvantagem, pois certos compostos podem sofrer mutações que oferecem riscos de toxicidade, devendo este aspecto ser investigado (KOMOSSA et al., apud EPA, 2000).

Como outros mecanismos de fitorremediação a fitodegradação é limitada pela área de alcance das raízes da planta que precisam estar em contato com os contaminantes. As espécies de plantas

usadas incluem tanto espécies aquáticas como terrestres, sendo alguns exemplos apresentados a seguir:

- a)** Na fitodegradação do TNT a espécie *Myriophyllum aquaticum* (McCUTCHEON, 1996 apud EPA, 2000);
- b)** Degradação do pesticida Atrazina a espécie arbórea *Populus deltoides x nigra* DN34 (LICHT; SCHNOOR, 1993 apud EPA, 2000);
- c)** Na fitodegradação de herbicidas as espécies *Salix nigra*, *Liriodendron tulipifera*, *Taxodium distichum*, *Quercus falcata* e *Quercus virginiana* (CONGER; PORTIER, 1997 apud EPA, 2000).

Figura 10 - Mecanismo de fitodegradação e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

Fitovolatilização

Mecanismo de fitorremediação em que ocorre absorção do contaminante pelas raízes da planta e sua posterior liberação pelas folhas ou raízes na forma volátil para a atmosfera, podendo ou não sofrer modificações nas suas propriedades químicas (MORENO; SÍGOLO, 2007). Quando os contaminantes absorvidos são convertidos em formas menos tóxicas, uma vez na atmosfera podem sofrer processos naturais como a fotodegradação (PILON-SMITS, 2005). Na fitovolatilização, também pode haver ação de microorganismos da rizosfera na redução, por exemplo, do Hg (2) em Hg (0), com posterior escape para a atmosfera (MORENO, 2005).

A fitovolatilização oferece a possibilidade de remoção completa do contaminante, mas é necessário considerar os níveis e as propriedades tóxicas dos gases/vapores liberados, pois podem conferir risco ao ambiente e às pessoas. (PILON-SMITS, 2005). Outra limitação da fitovolatilização encontra-se na possibilidade de certos compostos serem acumulados nos frutos e lignina podendo oferecer riscos a biota e às populações humanas (EPA, 2000).

É um mecanismo utilizado na remediação de águas subterrâneas, solos, sedimentos e lamas. Atingem tanto contaminantes orgânicos e inorgânicos como o Se e Hg, porém tem maior efetividade na remoção dos compostos orgânicos voláteis (VOCs), incluindo BTEX (MORENO; SÍGOLO, 2007). A aplicação no tratamento de solos, no entanto é mais limitada, pois o meio deve oferecer as condições adequadas em relação à quantidade de água para que os contaminantes possam ser absorvidos (EPA, 2000).

A respeito da vegetação, as plantas precisam que o sistema de raízes esteja em contato com o meio contaminado para que ocorra a absorção pelas plantas, portanto, a profundidade e abrangência das raízes é um fator limitante para fitovolatilização. A fitovolatilização inclui espécies, arbóreas como certos choupos e herbáceas como a *Brassica juncea* e *Medicago sativa* (op. cit.).

Fitovolatilização

Figura 11 - Mecanismo de fitovolatilização e mecanismos envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

Controle fitohidráulico

O controle fitohidráulico é um mecanismo usado para a contenção das plumas de contaminação no subsolo por meio de processos de infiltração e bombeamento. A configuração de um sistema raiz-planta permite a realização das funções de evapotranspiração e de retenção de água de modo equilibrado. A vegetação bombeia a água do solo e a libera para a atmosfera através da transpiração, ou seja, ocorre concomitante a este mecanismo a fitovolatilização (MORENO; SÍGOLO, 2007). As raízes das árvores também agem formando uma barreira eficaz impedindo a migração horizontal da pluma de contaminação pelas águas subterrâneas (PILON-SMITS, 2005).

O uso de sistemas de controle fitohidráulico tem vantagens com a redução de custos no tratamento da contaminação, impedindo que a poluição se espalhe pelo meio. No entanto inclui certas desvantagens, para que as plantas possam fazer o controle da pluma de contaminação as raízes precisam alcançar a profundidade adequada, além disso, a captação de água pelas plantas é influenciada pelas condições climáticas sazonais, sendo estas taxas menores durante o inverno, sendo as espécies mais adequadas são as arbóreas com raízes profundas, como certos choupos (EPA, 2000) e plantas freatófitas, plantas que utilizam como recurso a água do lençol freático e que geralmente possuem raízes profundas.

Controle Fitohidráulico

Figura 12 - Mecanismo de controle fitohidráulico e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.
Crédito: Oscar Bueno, 2017.

Rizofiltração

A rizofiltração é um mecanismo de fitorremediação de compostos inorgânicos, metais, metaloides e radionuclídeos, em que ocorre a adsorção³ ou precipitação de contaminantes sobre as raízes das plantas devido a processos abióticos e bióticos; e/ou, a absorção destes compostos pelas raízes quando estão em solução na rizosfera. Os processos envolvidos dependem dos contaminantes presentes meio (EPA, 2000).

A rizofiltração vem sendo empregada para o tratamento de águas subterrâneas, águas superficiais e águas residuais. Uma tecnologia geralmente usada em meios com baixas concentrações de contaminação e elevada quantidade de água (op. cit.). A rizofiltração pode ser utilizada tanto para o tratamento *in situ* como *ex situ*. O uso *in situ* inclui o tratamento de corpos hídricos e das águas pluviais através de fitotecnologias de alagados construídos, alagados flutuantes e bacias de infiltração (ou lagoas pluviais).

A rizofiltração *ex situ* é feita a partir de sistemas de tanques e alagados construídos, e sua aplicação pode ser realizada em qualquer lugar, uma vez que o efluente possa ser transportado (PILLON-SMITS, 2005).

Para que ocorra a rizofiltração a água ou a solução contaminada, precisam entrar em contato com as raízes das plantas. Para isso, o design dos sistemas de tratamento por rizofiltração, sejam *in situ* ou *ex situ*, precisam maximizar o contato do efluente com a zona de raízes, ou seja, a profundidade do sistema deve corresponder à profundidade das raízes (EPA, 2000).

A rizofiltração apresenta algumas desvantagens e obstáculos. No tratamento de metais, o pH do efluente precisa ser controlado periodicamente para favorecer os mecanismos de absorção do

³ “Adsorção. Aderência de moléculas sobre uma superfície mineral ou de partículas sólidas por meios físicos, sem comportar interação química” (ACIESP, 1997).

Rizofiltração

Figura 13 - Mecanismo de rizofiltração e contaminantes envolvidos. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

contaminante pelas raízes. Além disso, o design do dispositivo precisa considerar o fluxo do efluente e as concentrações de poluentes em seu dimensionamento. Assim como, as especificações químicas e as interações com as espécies de plantas precisam ser identificadas e contabilizadas. A retirada dos poluentes do sistema acontece através de podas periódicas, e o resíduo precisa ser monitorado para sua destinação correta (EPA, 2000).

Com relação a vegetação, a rizofiltração não se restringe apenas às espécies de plantas macrófitas (ou plantas aquáticas). Alguns sistemas de alagados flutuantes com plantas terrestres apresentaram mais eficiência na remoção de certos contaminantes quando comparado aos sistemas que utilizam as plantas macrófitas. De acordo com Dushenkov et al. (1995) isso é possível, devido ao fato das plantas terrestres apresentar taxas mais elevadas de crescimento e produção de biomassa. As espécies de herbáceas *Brassica juncea* e *Japanese lawnglass* são exemplos de plantas de substrato terrestre usadas em sistemas de rizofiltração para a remoção de metais, principalmente o chumbo (EPA, 2000).

A respeito das espécies de macrófitas, estas vêm sendo bastante estudadas quanto ao seu potencial de fitorremediação. Uma gama de espécies de plantas aquáticas e os microrganismos associados a elas, têm sido utilizados nas últimas décadas para tratamento de resíduos urbanos e industriais em sistemas de alagados construídos. As características tais como fácil cultivo, alta produção de biomassa, rápido crescimento, capacidade para sobreviver em condições ambientais adversas, juntamente com maior potencial de bioacumulação, faz das macrófitas agentes potenciais para desempenhar mecanismos de fitorremediação (DHIR, 2013).

2.3. O papel das plantas macrófitas

Plantas macrófitas ou aquáticas, incluem diversos grupos taxonômicos, tendo como referência algas talóides, musgos e hepáticas, filicíneas, coníferas e plantas com flores. São plantas que ocorrem em zonas úmidas, lagos rasos, lagos, pântanos, córregos e lagoas, águas salobras, estuários e águas costeiras. Desempenham funções-chave nos ciclos bioquímicos, através da produção de carbono orgânico, fósforo, mobilização e transferência de traços de bioelementos e atuam como sumidouros de carbono (DHIR, 2013), têm papel extremamente importante para funcionamento dos ecossistemas que habitam, pois fazem o link entre o sistema aquático e o ambiente terrestre circundante (ESTEVES, 1998). As macrófitas fornecem a base biofísica para estabelecimento do nicho ecológico na zona de transição entre os dois ambientes, aquático e terrestre, servindo de tocaia para predadores, locais para repouso e reprodução da fauna aquática (desova e deposição de ovos fertilizados) (TUNDISI; TUNDISI, 2008 apud ROCHA et al., 2012) e também para aves e outros animais terrestres. São um recurso alimentar importante para os organismos aquáticos pois fornecem matéria orgânica viva (cadeia alimentar de pastagem) e morta (teias alimentares detritívoras) para os ecossistemas aquáticos (THOMAZ; CUNHA, 2010 apud ROCHA, et al., 2012).

No entanto, a proliferação excessiva de plantas macrófitas, tem impactos negativos sobre o ambiente aquático, como por exemplo, o impedimento às atividades antrópicas de navegação e captação da água, a invasão de culturas irrigadas, obstrução de canais e tubulações de hidrelétricas (ESTEVES, 1998). De acordo com Esteves (1998) o aumento excessivo de indivíduos se deve ou por falta de predadores e/ou a eutrofização do corpo hídrico.

Conforme Dhir (2013), Pilon-Smits (2005) e Esteves (1998) as plantas macrófitas podem ser classificadas de acordo com o seu hábito de vida em cinco tipos diferentes:

- a) Macrófitas livres-flutuantes: plantas que vivem flutuando na superfície da água com as raízes e folhas livres na coluna d'água. Alguns gêneros que vêm sendo estudados nesta categoria são *Lemna*, *Eichhornia*, *Pistia*, *Salvinia*, *Azolla* e *Spirodela* (PILLON-SMITS, 2005);
- b) Macrófitas com folhas flutuantes (flutuantes fixas): plantas que têm folhas flutuando na superfície, caules submerso e raízes ancoradas ao substrato;
- c) Macrófitas submersas enraizadas: plantas que vivem enraizadas ao sedimento com os tecidos aéreos submersos na coluna d'água. Neste grupo os gêneros *Patamogeton*, *Ceratophyllum* e *Myriophyllum* são exemplos de gêneros usados em tratamentos de efluentes por rizofiltração (op. cit.);
- d) Macrófitas submersas livres: vivem soltas na coluna d'água emersas. Podem se fixar a pecíolos e caules de outras macrófitas;
- e) Macrófitas emersas ou emergentes: plantas que ficam enraizadas no sedimento e com os tecidos aéreos acima da água. Sendo exemplos de gêneros explorados em sistemas de rizofiltração, *Typha*, *Elodea*, *Phragmites* e *Scirpus* (op. cit.).

Figura 14 - Tipos de plantas macrófitas. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

2.3.1. Remoção de contaminantes por plantas macrófitas

Qualquer tipo de macrófita tem potencial para sequestrar metais pesados. Estes contaminantes constituem uma das maiores categorias de contaminantes removidos eficientemente pelas plantas aquáticas. Os metais pesados são removidos da biomassa viva e morta das macrófitas de forma sustentável.

As espécies de plantas aquáticas flutuantes, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia herzogii*, *Salvinia minima*, *Pistia stratiotes*, *Nasturtium officinale*, *Spirodela intermedia*, *Lemna minor* e *Azolla pinnata*, possuem potencial para sequestro de metais pesados e tem sido utilizada no tratamento de efluentes contaminados por estes compostos (DHIR, 2013).

As espécies submersas, incluindo *Patamogeton crispus*, *Patamogeton pectinatus*, *Ceratophyllum demersum*, *Vallisneria spiralis*, *Mentha aquatic* e *Myriophyllum spicatum* destacam-se pelo potencial de extração de metais da água e de sedimentos contaminados.

E, entre as espécies de macrófitas emergentes com habilidade para remoção de metais, destacam-se a espécies *Typha latifolia*, *Phragmites* e *Scirpus* sp (DHIR et al., 2009; DHIR, 2010 apud DHIR, 2013).

Na degradação de explosivos destacam-se as espécies de plantas aquáticas submersas e emergentes *Elodea*, *Phalaris* sp, *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton nodosus* e *Sargitaria latifolia* que demonstraram a capacidade de remover explosivos como o 2,4,6-trinitrotolueno (TNT), hexahidro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazina (RDX) e octa-hidro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocina (HMX) de águas subterrâneas contaminadas (op. cit.).

No tratamento de radionuclídeos como ^{137}Cs , ^{60}Co e ^{54}Mn , é conhecido o potencial das espécies de macrófitas submergentes e emergentes *Potamogeton lucens*, *Potamogeton perfoliatus*, *Nuphar lutea*, *Nitellopsi obtusa*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum* e *Myriophyllum* (DHIR et al. 2009 apud DHIR, 2013).

No tratamento do excesso de nutrientes inorgânicos, fósforo e nitrogênio, destacam-se as espécies *Ceratophyllum demersum*, *Patamogeton crispus*, *Eichhornia crassipes*, *Elodea nuttallii* e *Elodea canadensis* (op. cit.).

O potencial das macrófitas para absorção e acumulação de compostos organofosforados e organoclorados, solventes clorados, hidrocarbonetos, explosivos e produtos farmacêuticos também têm sido registrado (op. cit.).

3. Tipologias paisagísticas de Infraestrutura Verde

A Infraestrutura Verde trabalha com diferentes tipologias paisagísticas de alto desempenho ou dispositivos de IV, que realizam o manejo das águas das chuvas na fonte ao mesmo tempo em que promovem outros serviços como filtragem e tratamento dos poluentes *in situ*. As tipologias da IV também podem ser reconhecidas como Melhores Práticas de Manejo (MPM) das águas, assim como, técnicas de design do conceito de Desenvolvimento de Baixo Impacto, LID como já observado no segundo capítulo desta dissertação.

Recentemente, pode ser encontrado na literatura especializada o termo Fitotecnologia, ou em inglês, *Phytotechnology*. Conforme os autores Kennen e Kirkwood (2015, p.3, tradução nossa):

Fitotecnologia é o uso da vegetação para remediar, conter ou prevenir contaminantes nos solos, sedimentos e águas subterrâneas, e/ou adicionar nutrientes, porosidade e matéria orgânica. É também um conjunto de ferramentas de engenharia e design e práticas culturais que podem ajudar os arquitetos paisagistas, designers da paisagem, engenheiros e gestores ambientais nos trabalhos atuais e futuros em sítios individuais no tecido urbano e paisagens regionais.

Os autores enfatizam a diferença entre os termos fitorremediação e fitotecnologia, apontando que a fitorremediação trata apenas dos mecanismos desempenhados pelas plantas no tratamento de contaminantes em comparação a as fitotecnologias que agem também na prevenção da poluição e na melhora das qualidades solos e consideram algumas tipologias paisagísticas da IV, biovaletas, telhados verdes e alagados construídos como fitotecnologias (op. cit.).

Entretanto, estão intrínsecos às tipologias de IV, os mecanismos de fitorremediação desempenhados pelas plantas. Assim também, certos processos naturais como infiltração da água no solo, evaporação, evapotranspiração, filtragem da água e do ar, ciclagem de nutrientes, entre outros (BONZI, 2015).

Este capítulo traz um estudo sobre as principais tipologias paisagísticas de alto desempenho da IV, apresentando suas características de design, os processos naturais e os mecanismos de

fitorremediação intrínsecos e busca identificar os critérios básicos para seleção de espécies de plantas para cada uma das tipologias.

3.1. Telhado verde

Telhados ou tetos verdes, consistem na implantação de jardins sobre a cobertura de edificações. Considerados como uma tecnologia que permite o crescimento efetivo da vegetação em espaços “perdidos” das edificações (WHITTINGHILL, 2011 apud OSCHMANN, 2016a). Seu design compreende basicamente quatro camadas. A camada de substrato onde a vegetação cresce (semelhante ao solo natural por exemplo, oferece espaço para retenção de água, fornecimento de nutrientes). A camada de filtro que previne a difusão de partículas de solo para a camada de drenagem abaixo. E por fim a camada de proteção/impermeabilização, que evita danos mecânicos e infiltração da água (OSCHMANN, 2016a).

Os telhados verdes não são uma tecnologia recente, sua origem data milhares de anos atrás, com os Jardins Suspensos da Babilônia, construídos há cerca de 2500 anos, em torno do ano 500 a.C. Considerados uma das Sete Maravilhas do Mundo Antigo os Jardins Suspensos da Babilônia foram construídos sobre vigas de pedras arqueadas e impermeabilizadas com camadas de juncos e alcatrão espesso, onde foram plantados diversos tipos de árvores e plantas. Atualmente, os telhados verdes são um mercado em crescimento, e em alguns países o uso destas tecnologias acrescenta vantagens econômicas, como no caso da Alemanha, que isenta o proprietário da taxa cobrada para a gestão das águas pluviais, além de financiar projetos de para implantação de telhados verdes (subsídios de 25 a 100% dos custos elegíveis) (op. cit.).

Os processos naturais incentivados pelos telhados verdes são a infiltração, evapotranspiração e filtragem do ar (BONZI, 2015). E suas funções básicas ou serviços ecossistêmicos envolvidos são:

- a)** Manejo das águas das chuvas: atuam no controle hidráulico retendo parte da precipitação na fonte, contribuindo para redução do escoamento sobre superfícies pavimentadas (rua e calçadas) e contribuem para taxa de evaporação local (regulação do pequeno ciclo hidrológico) (OSCHMANN, 2016a; KENNEN; KIRKWOOD, 2016; UACDC, 2010; BONZI, 2015). Com relação a retenção de poluentes, essa não é considerada uma função dos tetos verdes, embora parte de poluição possa ficar retida no substrato por ação da vegetação. Ademais, existem estudos recentes que relatam que certos materiais utilizados na construção de tetos verdes, contribuem para carga de poluição difusa do escoamento, principalmente nos primeiros anos após a sua construção (HARPER, 2013; HILL, 2014 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015);
- b)** Melhoramento climático: no verão, um telhado verde pode evaporar 0,5 litros de água por metro quadrado vegetado (OSCHMANN, 2016a; BONZI, 2015);
- c)** Redução das ilhas de calor urbano (OSCHMANN, 2016a);
- d)** Redução da poluição sonora (op. cit.);
- e)** Redução das frequências radioativas causadas pelos sistemas de radiocomunicação: os tetos verdes chegam a reduzir em até 100% (op. cit.);
- f)** Contribuem para a eficiência energética das edificações, estendem a vida da impermeabilização do telhado (UACDC, 2010; BONZI, 2015);
- g)** Oferecem habitat para a fauna (OSCHMANN, 2016a; UACDC, 2010; BONZI, 2015);
- h)** Aspectos estéticos: tetos verdes fazem parte da arquitetura (OSCHMANN, 2016a);
- i)** Podem ser espaços de lazer, recreação e contato com a natureza, e espaço para o desenvolvimento da agricultura urbana (op. cit.).

Telhado Verde

Figura 15 - Desenho esquemático das tipologias de telhados verdes, intensivo e extensivo. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

São considerados dois tipos de telhados verdes, intensivos e extensivos. Telhados verdes extensivos são aqueles que utilizam vegetação gramínea e herbácea com porte variando de 5 a 20 centímetros, num substrato que vai de 3 a 15 centímetros. Já os de tipo intensivo são caracterizados pelo uso de herbáceas, arbustos e pequenas árvores. Possuem sistema de irrigação e manutenção profissional. O substrato é de no mínimo 15 centímetros e o design é variado, assim como o potencial para a biodiversidade. Podem ser desde pequenos jardins ou hortas chegando até a ser grandes espaços verdes de recreação e lazer e pequenos parques públicos. Os tetos verdes intensivos podem ter alto custo de implantação e manutenção, ao contrário dos extensivos que tem baixo custo de implantação, são de fácil manutenção e eficientes na gestão das águas pluviais. Além disso, os tetos verdes extensivos podem ser combinados à sistemas de captação de energia solar. As plantas fotovoltaicas oferecem ambientes de sombra e meia-sombra, contribuindo para a biodiversidade de espécies de plantas (OSCHMANN, 2016a).

O uso da vegetação é variado, depende das condições ambientais locais, sendo a melhor opção as espécies que exigem pouca ou nenhuma manutenção, principalmente nas tipologias extensivas sendo a vegetação nativa recomendada, devido as suas relações intrínsecas com a fauna local (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

3.2. Biovaleta

Biovaletas são faixas lineares rebaixadas, compostas por vegetação, solo e outros elementos filtrantes que realizam a despoluição da água da chuva e retardam a velocidade do escoamento superficial (BONZI, 2015; CORMIER; PELLEGRINO, 2008). As biovaletas são dispositivos de biorretenção *in situ*, que tem como função tratar o escoamento à medida em que ele é transportado com o objetivo de reter os contaminantes na fonte, antes que estes alcancem as águas subterrâneas e outros corpos hídricos (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Nesta tipologia são mimetizados ou incentivados os processos naturais de escoamento das águas pluviais, infiltração no solo, filtração das águas, captura e sedimentação de material carregado pelo escoamento superficial e evapotranspiração. Os serviços ecossistêmicos reconhecidos para o uso deste dispositivo são o manejo do escoamento superficial, conservação da infraestrutura de drenagem existente, aumento da umidade do ar, remediação da poluição difusa, conexão de sistemas de áreas verdes, contribuição para o aumento da umidade do solo adjacente, criação de habitat (BONZI, 2015) e regulação do pequeno ciclo hidrológico.

Os mecanismos de fitorremediação que podem ocorrer no dispositivo são a rizofiltração, fitodegradação, rizodegradação, fitoestabilização e fitoextração (op. cit.). Nas biovaletas através da fitorremediação a poluição por contaminantes orgânicos e inorgânicos pode ser mitigada. (UACDC, 2010). Os contaminantes removidos/degradados neste dispositivo são o nitrogênio, petróleo, solventes clorados e pesticidas. Já os metais, P e os POPs capturados do escoamento ficam retidos no matriz solo/planta e através de manejo da biomassa podem ser removidos com o tempo. A contaminação da água por nitrogênio pode ser reduzida por ação de bactérias nitrificantes presentes no solo e na rizosfera que convertem o nutriente para gás devolvendo o nitrogênio para atmosfera (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Este dispositivo é tipicamente aplicado ao lado de rodovias, vias pavimentadas e junto a vagas de estacionamento de veículos (KENNEN; KIRKWOOD, 2015; UACDC, 2010), aproveitando os espaços estreitos da paisagem urbana (MOURA, 2013; CORMIER; PELLEGRINO, 2008). Na rede de IV as biovaletas podem conduzir o escoamento pluvial até jardins de chuva (CORMIER; PELLEGRINO, 2008; UACDC, 2010).

Biovaletas podem ser implantadas em terrenos íngremes, na forma de escadas hidráulicas, a partir de uma divisão das biovaletas em células escalonadas entre as cotas altimétricas do terreno. Nesta configuração, a água extravasa de uma célula para outra e a pressão da coluna d'água potencializa a infiltração da água no solo e a queda entre uma célula e outra dissipa a energia das águas, diminuindo a intensidade do escoamento superficial. As biovaletas não excluem as vias convencionais de drenagem na infraestrutura cinza que passa a atuar como backup da rede IV, recebendo o excedente do escoamento nos eventos de chuvas mais intensas e/ou prolongadas, reduzindo os alagamentos nas áreas à jusante (BONZI, 2015). Além disso, o uso de biovaletas no manejo dos escoamentos contribui para eficiência do tratamento das águas pluviais, nos casos em que a infraestrutura cinza possui sistema de tratamento para as águas pluviais (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Figura 16 - Desenho esquemático de uma biovaleta indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes.
 Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

A respeito da vegetação a literatura especializada indica o uso plantas:

- a) Plantas facultativas⁴ (UACDC, 2010) – plantas com probabilidade de ocorrência em áreas úmidas e não-úmidas estimada de 33% a 67% (ANDERSON; SAMARGO, 2007);
- b) Plantas com capacidade para suportar as condições locais, o volume de água previsto para atingir o sistema, os períodos de seca e pouca exigência de manutenção (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).
- c) Espécies de plantas suculentas, herbáceas e gramíneas (UACDC, 2010).

Outras considerações como maior diversidade de espécies no sistema, assim como, o uso de espécies com alta produção de biomassa, favorecem a degradação de poluentes orgânicos neste dispositivo (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

⁴ Nos Estados Unidos, as espécies de plantas possuem uma classificação de acordo com o seu status indicador de áreas pantanosas, o que reflete em suas frequências de ocorrência em áreas úmidas em condições naturais. Essa classificação inclui cinco categorias: a. *Obligate Wetland Plants* – *OBL* (Plantas Obrigatórias de Pântanos, tradução nossa), plantas que ocorrem quase sempre (probabilidade estimada >99%) em zonas úmidas em condições naturais, mas que também podem ocorrer raramente (probabilidade estimada <1%) em áreas não-úmidas; b. *Facultative Wetland Plants* – *FACW* (Plantas Facultativas de Pântanos, tradução nossa), plantas que ocorrem normalmente em áreas úmidas (probabilidade estimada >67% a 99%), mas também ocorrem em áreas não-úmidas (probabilidade estimada de 1% a 33%); c. *Facultative Plants* – *FAC* (Plantas Facultativas, tradução nossa), plantas com probabilidade similar (probabilidade estimada de 33% a 67%) de ocorrência em áreas úmidas e não-úmidas; d. *Facultative Upland Plants* – *FACU* (Plantas Facultativas de Zonas Não-Pantanosas, tradução nossa), plantas que ocorrem eventualmente (probabilidade estimada de 1% a <33%) em zonas úmidas, mas são mais frequentes (probabilidade estimada >67% a 99%) em zonas não-pantanosas, e; e. *Obligate Upland Plants* – *UPL* (Plantas Obrigatórias de Zonas Não-Pantanosas, tradução nossa), plantas que ocorrem raramente (probabilidade estimada <1%) em zonas úmidas, mas que ocorrem quase sempre (probabilidade estimada >99%) em zonas não-pantanosas em condições naturais (ANDERSON; SAMARGO, 2007).

3.3. Jardim de chuva

Os Jardins de chuva, também conhecidos como sistemas de biorretenção ou bacias de infiltração, são jardins caracterizados por depressões topográficas que tem função de receber a água do escoamento pluvial proveniente de áreas impermeabilizadas limítrofes afim de infiltra-la e tratar a poluição difusa (CORMIER; PELLEGRINO, 2008; BONZI, 2015) por processos de fitorremediação (UACDC, 2010).

O tratamento do solo com composto e demais insumos (matéria orgânica, areia e pedras) aumenta sua porosidade e permite que ele funcione como uma esponja a sugar a água, enquanto as plantas e os microrganismos associados à rizosfera e os nativos do solo removem os poluentes trazidos pelo escoamento. As plantas, também realizam evapotranspiração de parte da água. A taxa de infiltração da água no sistema é determinada pelas condições geotécnicas locais, podendo ser infiltrada em sua totalidade ou vertida em extravasadores que devem ser calculados para o pico do fluxo de concentração de chuvas maiores que as consideradas para o projeto (CORMIER; PELLEGRINO, 2008; BONZI, 2015).

São processos naturais promovidos pelos jardins de chuva a infiltração da água, recarga dos aquíferos, evapotranspiração, filtragem da água e filtragem do ar. E os serviços ecossistêmicos fornecidos com o uso desta tipologia são o manejo do escoamento superficial, o aumento da umidade do ar, criação de habitats, limpeza da poluição difusa, melhora na qualidade do ar, aumento da umidade do solo adjacente (BONZI, 2015).

Na bacia hidrográfica, sua aplicação é favorável nas áreas livres de inundação onde processos de infiltração predominam sobre o escoamento (op. cit.). São adequados à pequena escala de projeto, sendo sua aplicação mais indicada nas áreas baixas e pontos de coleta naturais de escoamento.

Podem estar ao longo de calçadas e nos espaços livres e rebaixados de propriedades (UACDC, 2010).

Os jardins de chuva são considerados excelentes dispositivos para a melhoria da qualidade das águas, pois retém o primeiro fluxo de chuva, que possui maiores cargas de poluentes. Para a sua eficácia o correto dimensionamento deve prever o esvaziamento completo do sistema após algumas horas depois do evento de chuva (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

De acordo com as orientações da Escola de Arquitetura da Universidade de Arkansas os jardins de chuva devem ser instalados com pelo menos 10 metros de distância dos edifícios para evitar a infiltração de água em fundações, o que pode causar problemas de mofo e bolor. Uma maior exposição ao sol permite uma secagem mais rápida da água no jardim, sendo esta consideração interessante para promover evaporação da água in situ (UACDC, 2010) e melhora do pequeno ciclo hidrológico em áreas urbanas (OSCHMANN, 2016b).

Nos jardins de chuva podem ocorrer os mecanismos fitorremediadores fitoextração, fitodegradação, fitovolatilização, rizodegradação, fitoestabilização e rizofiltração. A respeito da vegetação, as espécies de plantas indicadas devem estar adaptadas às condições ambientais locais e ter capacidade de suportar a contaminação e o volume de água esperado para o sistema. Além disso devem ter capacidade de suportar períodos de extrema umidade e seca

As plantas nativas são recomendadas com base em suas sinergias intrínsecas com o clima local, solo e condições de umidade sem o uso de fertilizantes e produtos químicos (UACDC, 2010). Espécies com raízes profundas e espessas com alta produção de biomassa aumentam a remoção de orgânicos no sistema. Para a remoção de inorgânicos como metais tóxicos as espécies hiperacumuladoras são indicadas, no entanto, um plano de manejo da biomassa deve ser elaborado (KENNEN; KIRKWOOD, 2015). Recomenda-se o uso de suculentas, gramíneas e herbáceas (UACDC, 2010).

Figura 17 - Desenho esquemático de um jardim de chuva indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes.
 Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

3.4. Canteiro pluvial

Os canteiros pluviais são uma versão compacta dos jardins de chuva adaptada aos pequenos espaços urbanos que desempenham as funções de infiltração, transbordamento, evapotranspiração e fitorremediação. No entanto, diferente dos jardins de chuva onde predomina a infiltração, os canteiros pluviais podem excluir a infiltração e realizar apenas os processos de evapotranspiração (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

Os processos naturais promovidos são a infiltração ou armazenamento temporário da água, a evapotranspiração, filtragem da água e do ar, a evaporação quando há armazenamento da água e a recarga dos aquíferos na versão com infiltração. Os serviços ecossistêmicos que podem ser fornecidos pelos canteiros pluviais são o manejo do escoamento superficial, o aumento da umidade do ar, a criação de habitats, tratamento da poluição difusa, melhora na qualidade do ar e aumento da umidade do solo adjacente (BONZI, 2015).

Na versão sem infiltração no sistema de IV, os canteiros pluviais podem ser aplicados em fundos de vale, compartimento ambiental onde o processo de armazenamento de água é predominante, e também nas áreas de nascente ou áreas com topografia acidentada, onde o escoamento superficial necessita de manejo para contenção de processos erosivos, deslizamentos e assoreamento das galerias de águas pluviais (op. cit.).

A respeito da vegetação, pode se considerar os mesmos critérios dos jardins de chuva. Neste dispositivo, especialmente quando não há infiltração, espécies que apresentam taxas elevadas de evapotranspiração podem ser as mais interessantes.

3.5. Alagado construído (*wetland*)

Os alagados construídos, comumente conhecidos pelo termo em inglês *wetlands* construídos, são ecossistemas artificiais projetados para reproduzirem as funções das áreas úmidas naturais através da utilização de plantas macrófitas (plantas aquáticas) e técnicas de design do substrato (SALATI, s/d; SALATI et al., 2009; 2009; EPA, 2004).

As áreas alagadas naturais ocorrem normalmente ao lado de vias fluviais e planícies de inundação e, algumas não possuem ligação aparente com as águas superficiais, mas possuem conexões críticas com as águas subterrâneas (EPA, 2014). E de acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (op. cit.), podem ser descritas como "*rins da terra*", pois filtram os poluentes presentes na água que flui através da vegetação e substrato, antes de ser descarregada nos corpos hídricos e oceanos. Assim com, também é reconhecidamente o papel das áreas úmidas naturais no controle das cheias, na proteção da biodiversidade (fornecem habitat para os animais selvagens e tem função na reprodução e alimentação da fauna terrestre e aquática), no controle da erosão (evitando o assoreamento dos rios) e atuam na regulação climática (SALATI, s/d; EPA, 2014; EPA, 1993).

Assim, alagados construídos, são tecnologias que mimetizam as propriedades naturais das áreas úmidas para o tratamento de diversos tipos de efluentes. Trata-se de uma tecnologia que vêm sendo estudada e aplicada pelo menos nos últimos 50 anos (SHUTES, 2001), particularmente por ser um tratamento relativamente passivo, de baixa manutenção e fácil operacionalidade ao mesmo tempo em que agrega valores estéticos e ambientais (HEADLEY; TANNER, 2008; GAN, 2004; VITORINO et al., s/d).

No tratamento da poluição, a eficiência está intimamente relacionada ao conhecimento dos contaminantes existentes, e da diversidade de plantas macrófitas que são os elementos estruturais

pois desempenham os mecanismos de fitorremediação, ou seja, que promovem a purificação da água (STOTTMEISTER et al. 2003 apud MONTEIRO, 2009).

Os alagados construídos podem ser usados isoladamente ou em conjunto com outros tipos de tratamento (SHUTES, 2001) e incluem diferentes designs: alagados de fluxo horizontal superficial e subsuperficial, de fluxo vertical e alagados flutuantes (SHUTES, 2001; SALATI, s/d). Sua aplicação é diversa, podendo ser citadas algumas das principais atividades:

- a)** Tratamento de efluentes industriais e urbanos, incluindo as águas do escoamento pluvial (SAKADEVAN; BAVOR, 1999 apud MONTEIRO, 2009; HEADLEY; TANNER, 2008, 2011; SALATI, 2009; GAN, 2004);
- b)** Tratamento de esgoto de comunidades rurais (COLEMAN et al, 2001 apud MONTEIRO, 2009), pequenas comunidades e como estágio final de sistemas municipais de tratamento das águas (COOPER et al., 1996 SHUTES, 2001; VITORINO et al., s/d);
- c)** Para pisciculturas/aquicultura (MICHEL, 2003 apud MONTEIRO, 2009; SHUTES, 2001);
- d)** Tratamento de águas para abastecimento público (ELIAS, 2003 apud MONTEIRO, 2009);
- e)** Melhoria da qualidade de água dos corpos hídricos (CUNHA, 2006 apud MONTEIRO, 2009).

Os processos naturais mimetizados ou favorecidos pelos alagados construídos são o armazenamento de água, a evaporação e evapotranspiração, filtração da água e do ar, ciclagem de nutrientes e em certos casos a recarga dos aquíferos. E são considerados serviços ecossistêmicos desempenhados por esta tipologia, o manejo do escoamento superficial, aumento da umidade do ar, tratamento da poluição, melhora na qualidade do ar, criação de habitats e fornecimento de água de reuso em determinados casos (BONZI, 2015).

Atualmente é possível encontrar muitos trabalhos publicados acerca do uso de alagados construídos no tratamento de nutrientes e esgoto urbano e industrial. No Brasil, as primeiras experiências do uso desta tecnologia para purificação de águas se deram na década de 1980, com a construção de um

lago artificial nas proximidades do Rio Piracicamirim, um córrego altamente poluído, localizado em Piracicaba, no Estado de São Paulo (SALATI & RODRIGUES, 1982 apud SALATI, 2009). De acordo com Salati *“as experiências iniciais foram satisfatórias”*. Desde então, iniciativas de utilização desta tecnologia no âmbito nacional nos últimos 25 anos vêm sendo tomadas em sua maioria por ONGs ambientais, agências de água e esgoto, algumas iniciativas governamentais, mais principalmente, iniciativas privadas dentro de domicílios e eco vilas (VITORINO et al., s/d).

No entanto, não se pretende aqui uma pesquisa aprofundada sobre a tecnologia dos alagados construídos. A seguir, apresenta-se, uma breve descrição das características dos principais tipos de alagados.

3.6. Alagado construído de fluxo superficial

Alagados construídos de fluxo superficial são semelhantes aos alagados e pântanos naturais, na medida em que são bacias plantadas com variedades de espécies de plantas macrófitas, emergentes, submersas e flutuantes. Os alagados construídos de fluxo superficial mimetizam o regime hidrológico das zonas húmidas naturais. Neste dispositivo a água é filtrada enquanto flui no sistema de meio plantado, pelo biofilme e pelas áreas aquáticas livres (KENNEN; KIRKWOOD, 2015; SHUTES et al., 2004). O biofilme é uma área de superfície biologicamente ativa para processos bioquímicos, bem como processos físicos, tais como filtração e sequestro de compostos. As plantas fornecem o nicho para o desenvolvimento das atividades microbianas responsáveis pela remoção de diversos poluentes (HEADLEY; TANNER, 2008).

Os sistemas de fluxo superficial apresentam métodos mais simplificados. A remoção dos poluentes da água acontece principalmente no biofilme e no meio plantado. As plantas fornecem suporte à microbiota associada à rizosfera e ao meio (solo e substrato plantado), ofertam matéria orgânica,

oxigênio, nutrientes, açúcares e outros exudados liberados pelas raízes. A microbiota, por sua vez, tem papel essencial na degradação de uma gama poluentes (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Os principais tratamentos fornecidos pelos alagados construídos de fluxo superficial são (op. cit.):

- a)** Degradação de quase todos os poluentes orgânicos por rizodegradação, fitodegradação e ação de bactérias nativas do meio plantado (biorremediação);
- b)** Remoção de parte do nitrogênio através da ação de bactérias desnitrificantes que convertem o nutriente em gás devolvendo o nitrogênio para atmosfera;
- c)** Filtragem de contaminantes orgânicos da água pelo biofilme e meio plantado. Os contaminantes filtrados são retidos no meio ou incorporados nos tecidos vegetais, através da rizofiltração;
- d)** Mecanismos de fitoextração de inorgânicos e nutrientes podem ocorrer, no entanto, para a remoção dos poluentes retidos nos tecidos das plantas é necessário o manejo da biomassa, ou seja, poda da vegetação. Dependendo do caso, estudos para a adequada destinação do resíduo e possíveis transferências da contaminação para a biota são necessários. No entanto, nestes sistemas, as taxas de fitoextração são pequenas se comparadas à porção de poluentes retidos no meio;
- e)** A remoção de nutrientes, nitrogênio e fósforo da biomassa das plantas também se dá por meio da poda, que para este propósito pode ser realizada uma vez ao ano.

De acordo com Shutes (et al., 2004), no Reino Unido o tratamento do escoamento pluvial urbano acontece, em sua maior porção, em sistemas de alagados construídos de fluxo superficial por se assemelharem às áreas pantanosas naturais, uma vez que podem proporcionar habitat natural e benefícios estéticos, bem como tratamento de água;

Esta tipologia de alagado inclui maior diversidade de plantas e em maior quantidade, sendo possível nessa configuração um manejo mais adequado das espécies. Esse tipo de fluxo também proporciona maior incorporação de oxigênio no efluente (MONTEIRO, 2009).

Alagado construído de fluxo superficial

Figura 18 - Desenho esquemático de um alagado construído de fluxo superficial indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

As plantas macrófitas mais utilizadas são as espécies emergentes e flutuantes. Alguns critérios são importantes para otimizar a remoção de poluentes nutrientes (N, P) pelas macrófitas, como fácil propagação e rápido crescimento, alta capacidade de absorção dos poluentes, tolerância a ambientes eutrofizados, fácil colheita e manejo de valor econômica. Macrófitas flutuantes são mais fáceis de serem removidas dos sistemas, o que permitiu um manejo de biomassa conforme o crescimento da planta e assim maior remoção de nutrientes. Já as macrófitas emergentes, estas podem permanecer por ciclos longos nos alagados, sem necessidade de poda ou manutenção da zona de raízes (VITORINO et al., s/d). Macrófitas emergentes são conhecidas pelo seu elevado potencial na remoção de metais (DUNBABIN; BOWMER, 1992; JACOB; OTTE, 2003; KOSOLAPOV et al., 2004; WILLIAMS, 2002 apud HEADLEY; TANNER, 2006).

Deve ser levado em conta o risco de ocorrer proliferação de insetos indesejados quando não há manejo adequado, porém, a maior incidência de raios ultravioleta na água ajuda a controlar a ocorrência de patógenos na água (MONTEIRO, 2009).

As macrófitas mais utilizadas em alagados construídos de países de climas tropical e subtropical são os papiros, juncos, lírios, taboas e palmas (VITORINO et al., s/d). As espécies *Salvinia curiculada* (orelha de onça), *Pistia stratiotes* (alface d'água), *Cyperus gigantus* (papirão), *Cyperus comosus* (papirinho) e *Cyperus alternifolius* (sombriinha chinesa) foram estudadas quanto ao potencial de fitorremediação de nutrientes, nitrogênio e fósforo no sistema terciário de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em Araruama, apresentando resultados satisfatórios (VITORINO et al., s/d). Na Holanda se registra o uso *Phragmites australis*, *Typha latifolia* e *Scirpus lacustres* (GREINER; JONG, 1984 apud SALATI et al., 2009).

3.7. Alagado construído de fluxo subsuperficial horizontal

Figura 19 - Desenho esquemático de um alagado construído de fluxo subsuperficial horizontal indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

Nos sistemas subsuperficiais a área disponível para o crescimento de bactérias e outros microrganismos associados é maior, permitindo outras vias de degradação dos poluentes. A oxigenação da água ocorre pela ação das macrófitas, e é insuficiente para criar um sistema aeróbio (MONTEIRO, 2009). São tecnologias utilizadas no tratamento de poluentes orgânicos como petróleo, solventes clorados, pesticidas, POPs e outros contaminantes orgânicos, na remoção de nutrientes (N e P) e poluentes inorgânicos, incluindo a maioria dos metais. No entanto a remoção de metais, fósforo e parte do nitrogênio só é removida do sistema com a poda das plantas, sendo necessários estudos acerca da biomassa retirada para a destinação mais adequada do resíduo. Os mecanismos de fitorremediação primário identificado nestas tipologias é a rizofiltração (KENNEN, KIRKWOOD, 2015), no entanto pode ocorrer a fitodegradação, fitoextração, fitovolatilização.

A seleção das espécies de plantas depende dos contaminantes presentes, do meio selecionado, da hidrologia e clima, e todos os tipos de macrófitas podem ser empregadas (op. cit.), assim como, espécies terrestres. Em alagados de fluxo horizontal subsuperficial a espécie *Phragmites australis* é utilizada na Alemanha desde 1970 (BRIX, 1987; KICKUTH, 1977 apud SALATI et al., 2009).

3.8. Alagado construído de fluxo vertical

Figura 20 - Desenho esquemático de um alagado construído de fluxo subsuperficial vertical. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

Nos sistemas verticais, o fluxo da água pode ser ascendente ou descendente. Os sistemas descendentes apresentam maior capacidade de incorporação de oxigênio ao biofilme, criando maior oxigenação no sistema radicular (BRIX & SCHIERUP, 1990 apud SALATI et al., 2009; MONTEIRO, 2009). A maior incorporação do oxigênio ao biofilme se dá devido ao fluxo intermitente do efluente. Já os sistemas de fluxo ascendente, não apresentam a mesma capacidade de oxigenação proporcionada quando se tem o fluxo descendente intermitente (MONTEIRO, 2009).

A utilização de alagados de fluxo vertical é eficiente na remoção de sólidos suspensos, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Amônia e Fósforo (HILL; SAWHNEY, 1981 apud SALATI et al., 2009). Os mecanismos de fitorremediação envolvidos são a rizofiltração, a fitoestabilização (KENNEN; KIRKWOOD, 2015), podendo ser desempenhados os mecanismos de fitodegradação, fitoextração e fitovolatilização.

A seleção das espécies de plantas depende dos contaminantes presentes, do meio selecionado, da hidrologia e clima, e todos os tipos de macrófitas podem ser empregadas (op. cit.), assim como, espécies terrestres.

3.9. Alagado flutuante

Os alagados flutuantes são estruturas flutuantes onde são fixadas plantas macrófitas (ou terrestres a partir de cultivo hidropônico) para o tratamento *in situ* de corpos d'água (rios, lagos, lagoas, córregos e outras bacias hídricas) (KENNEN; KIRKWOOD, 2015; DWA, 2014) e águas pluviais (HEADLEY; TANNER, 2008).

Os alagados flutuantes podem ser aplicados centralmente localizados como ilhas ou arquipélagos (BIOMATRIX WATER, 2012) ou fixados às margens dos corpos hídricos (DWA, 2014). Neste dispositivo, os tecidos aéreos das plantas permanecem acima do nível da água, enquanto suas raízes crescem para baixo preenchendo a coluna d'água. As plantas, portanto, crescem em meio hidropônico, e devido ausência de solo/substrato, a nutrição vegetal se dá pela absorção dos compostos dissolvidos na água. Sob a estrutura flutuante, uma rede suspensa de raízes e rizomas⁵ fornece habitat para os microrganismos formando assim o biofilme (HEADLEY; TANNER, 2006). A rizofiltração é o principal mecanismo de fitorremediação atuante nos alagados flutuantes (KENNEN, KIRKWOOD, 2015), no entanto podem ocorrer mecanismos de fitodegradação, fitoextração, fitovolatilização.

Os alagados flutuantes têm sido utilizados com sucesso para várias aplicações até à data, tais como melhoria da qualidade da água, criação de habitat (BURGESS; HIRONS, 1992 apud HEADLEY; TANNER, 2006) e para fins estéticos em lagos ornamentais e piscinas naturais. Em termos de

⁵ Rizoma é um caule cilíndrico, que tem crescimento horizontal e se desenvolve paralelamente ao solo, emitindo ao longo de sua extensão folhas para cima, que emergem do solo e raízes adventícias para baixo. (LIMA, s/d p. 192).

melhoria da qualidade da água, as principais aplicações reportadas até à data por Headley e Tanner (2006) incluem:

- a) O tratamento de águas pluviais;
- b) Tratamento combinado de águas pluviais e esgotos;
- c) O tratamento de esgoto doméstico e industrial (HEADLEY; TANNER, 2008; KENNEN; KIRKWOOD, 2015);
- d) Uso em sistemas de drenagem de mina ácida;
- e) O tratamento de efluente de criação de suínos;
- f) Tratamento de águas residuais de processamento de aves de capoeira;
- g) Podem ser usados em reservatórios de abastecimento de água;
- h) No tratamento de rios urbanos poluídos (op. cit.);
- i) Na mitigação da poluição de canais, lagos e rios conectados a campos de agricultura e em cursos hídricos localizados em campos de golfe frequentemente contaminados por altas cargas de nutrientes e pesticidas (op. cit.).

Com relação a seleção de espécies de plantas, esta é feita de acordo com os contaminantes que se pretende tratar, suas características de sobrevivência, pH e exigência de pouca manutenção. Inclui toda diversidade de macrófitas e também terrestres que possam crescer em hidroponia.

Entre as macrófitas, destaca-se o uso de espécies emergentes nos sistemas de *wetlands* flutuantes e uma diversidade de espécies vêm sendo avaliadas. Na Nova Zelândia, de acordo com Headley e Tanner (2006), é considerado perigoso o uso de espécies não nativas (exóticas) em sistemas de alagados flutuantes usados no tratamento de águas pluviais. Além disso, a utilização de espécies nativas locais é indicada para ofertar serviços ecossistêmicos como refrigeração da água e fornecimento de habitat ao mesmo tempo em que promove o tratamento da poluição (KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Alagado construído flutuante

Figura 21 - Desenho esquemático de um alagado flutuante indicando os mecanismos de fitorremediação atuantes. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

4. Infraestrutura verde: experiências internacionais e perspectivas para a cidade de São Paulo

A utilização de soluções ecológicas no manejo das águas urbanas pôde ser observada em exemplos bem-sucedidos em grandes cidades como Paris, Manila e Berlim, assim como, em exemplos menos

pontuais em outras áreas urbanas do Brasil e do mundo. A incorporação da tecnologia de fitorremediação à projetos paisagísticos na recuperação dos recursos hídricos urbanos se torna evidente no início deste século, com o exemplo da recuperação do Rio Sena em Paris a partir da criação de um parque público com um sistema de jardins filtrantes para o tratamento das águas.

Exemplos de dispositivos de IV incorporados à pequena escala de projeto, já começam a aparecer no final dos anos 1980 na cidade de Berlim na Alemanha, onde sistemas de tratamento das águas cinzas e pluviais por fitorremediação foram implantados em edifícios. Além disso, Berlim tem experiência antiga na utilização de tecnologia de tetos verdes e jardins verticais. E mais recente, são as preocupações com os benefícios do manejo na fonte das águas pluviais em áreas urbanas a partir do uso de melhores práticas de manejo.

No Brasil, projetos esporádicos podem ser observados, como o caso da indústria de cosméticos Natura que utiliza tecnologia estrangeira da empresa francesa *Phytorestore*, instalada na cidade de Campinas, no estado de São Paulo, para o tratamento de seus efluentes industriais por sistemas de jardins filtrantes (PHYTORESTORE BRASIL, 2016). Na cidade de São Paulo, pontualmente, são poucas as iniciativas observadas, no entanto, alguns exemplos de recuperação de áreas públicas que abrigam recursos hídricos como nascentes e córregos pela própria população a partir da implantação de práticas ecológicas se tornam cada vez mais frequentes.

Este capítulo tem como propósito apresentar um panorama global da utilização de tecnologias e técnicas de design amigas do meio ambiente em projetos urbanos paisagísticos de manejo das águas pluviais, superficiais e residuais, partir de exemplos internacionais e da experiência da cidade de Berlim, assim como, discutir as perspectivas para a cidade de São Paulo na utilização de soluções embasadas nos princípios da IV.

4.1. Infraestrutura Verde uma ferramenta para cidades sustentáveis

A partir do momento em que foram percebidos os benefícios do manejo *in situ* das águas pluviais nas áreas urbanas e evidenciados os impactos ambientais negativos dos sistemas convencionais de gestão das águas da chuva, técnicas de design que mimetizam os processos naturais ocorridos na bacia hidrográfica, como infiltração, retenção e evaporação da água no local onde ela precipita, passaram a ser consideradas prioritárias para o desenvolvimento e dinâmica das cidades (BERLIN, 2010). Em diversos municípios dos Estados Unidos, por exemplo, o manejo das águas urbanas a partir de uma abordagem ecológica fundamentada no LID ou na IV já vem sendo empregado pelo menos nas últimas três décadas (EPA, 2002). Na região do Noroeste Pacífico, onde estão os estados de Washington e Oregon, e também na Província da Colúmbia Britânica, no Canadá, tais práticas podem ser evidenciadas (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

Na Costa Oeste dos Estados Unidos, nas cidades de Portland e Seattle, a infraestrutura urbana de drenagem convencional foi combinada a técnicas de LID para o manejo das águas pluviais (op. cit.). Em Portland, a legislação exige que a água da chuva, antes de alcançar a rede de tubulações subterrâneas ou os sistemas de drenagem superficiais, seja infiltrada o máximo possível no local. Tal exigência se faz por meio da limitação da área impermeável da propriedade, direcionando os escoamentos superficiais para áreas vegetadas. Assim a responsabilidade pelo volume do escoamento passa a ser compartilhada com os particulares que passam a arcar com o problema das águas pluviais em sua propriedade (MOURA, 2013).

A cidade também conta com um programa que busca a padronização de soluções localizadas para instalações de manejo das águas pluviais, em prática desde 1999. O programa engloba: as práticas de LID; mecanismos de controle infraestruturais; o aperfeiçoamento das MPM no tratamento da água; a regulação das descargas no subsolo para garantir a potabilidade das águas subterrâneas através

de sistemas de controle de injeção de água no solo; e responde as medidas regulatórias norte-americanas (GREEN INFRASTRUCTURE DIGEST, 2010).

Nos Estados Unidos a utilização de tipologias paisagísticas de alto desempenho está amparada por leis, programas, informações e podem ser encontrados uma série de manuais técnicos e publicações, como por exemplo o a publicação da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos a *U. S. Environmental Protection Agency* (EPA, 2013b) de técnicas de engenharia de arborização urbana e manejo das águas das chuvas, *“Stormwater to Street Trees: Engineering Urban Forests for Stormwater Management”*, o manual de técnicas de design de LID para áreas urbanas da Universidade de Arkansas *“LID. Low Impact Development: a design manual for urban áreas”* (UACDC, 2010) e o manual do programa de manejo das águas urbanas para a região da Baía de São Francisco na Califórnia *“Start at the Source: Design Guidance Manual for Stormwater Quality Protection”* (BASMA, 1999). Além de publicações que trazem estudos de caso que incluem análises ambientais, sociais e econômicas dos programas já implantados *“Case Studies Analyzing the Economic Benefits of Low Impact Development and Green Infrastructure Programs”* (EPA, 2013).

Foto 1 - Jardim de chuva em uma escola da cidade de Portland, Estados Unidos - Mt. Tabor Middle School, Portland Fonte: Green Infrastructure Digest (2010).

Foto 2 - Jardins de chuva na cidade de Portland, Estados Unidos: Fonte: Green Infrastructure Digest (2010).

A utilização dos princípios e elementos da IV também pode ser observada em exemplos de projetos paisagísticos de revitalização de córregos, rios e canais urbanos, como o caso da revitalização ambiental e urbanística do Rio Pasig, em Manila, capital da Filipinas (DENIS; TED, 2014).

O rio Pasig atravessa o coração da cidade de Manila e tem 26 quilômetros de comprimento, 50 metros de largura, e uma média de 4 a 6 metros de profundidade. É um canal estratégico para a cidade e sua bacia inclui oito cidades e três municípios, o rio percorre áreas densamente povoadas e liga Manila de leste a oeste. Antes da Segunda Guerra Mundial, o Pasig era o principal meio de transporte de Manila e tinha papel significativo na cultura e economia local. No entanto, após a guerra o crescimento populacional se acentuou, assim como, a construção de estradas e vias, ocorreu a mudança do centro empresarial de Manila para outra área da cidade afastada das beiras do Pasig. O rio ficou abandonado, assim como, muitas das atividades culturais locais, e como consequência, o rio

passou a ser um local de descarte de resíduos diversos, inclusive do esgoto da população que passou a ocupar as suas margens irregularmente, em geral a população de baixa renda da cidade. Com o tempo o Pasig se tornou um vetor de doenças, sendo considerado biologicamente inativo ou morto, no início da década de 1990, além de ser palco de frequentes eventos de inundações e enchentes (DENIS; TED, 2014).

Foto 3 - Rio Pasig antes de sua revitalização, Manila, Filipinas. Fonte: Antidote (2014).

O projeto de revitalização ambiental e urbanística do rio começou em 1991 a partir de um plano composto por diferentes estratégias para melhorar a gestão ambiental da bacia hidrográfica do Pasig, particularmente a gestão de águas residuais, e também promover a revitalização paisagística e urbanística. Este projeto envolveu uma série de agentes do governo, instituições privadas, políticas e

financeiras, universidades, organizações não governamentais e intensa participação populacional, além de parcerias internacionais (op. cit.).

O projeto de tratamento das águas do Pasig a partir de soluções ecológicas foi desenvolvido pela empresa escocesa, *Biomatrix Water* e faz parte da segunda fase do plano de revitalização do rio Pasig. O projeto utiliza tecnologias de alagado construídos flutuantes, patenteadas pela *Biomatrix Water* e denominadas *active islands reactors*. Esta tecnologia, foi desenvolvida em uma ecovila, em Findhorn na Escócia, o primeiro lugar na Europa a instalar o sistema de tratamento de água ecológico denominado *Living Machine*, máquina viva, português – (ANTIDOTE, 2014).

Conforme descrito no site da empresa *Biomatrix Water* (2012) *active islands reactors* é um sistema de tratamento de água flutuante que combina os mais recentes tratamentos de águas residuais com biofilmes desenvolvidos pela engenharia ecológica. Um sistema de aeração circular incorporado ao sistema flutuante melhora os processos naturais de remoção dos contaminantes. O aerador mistura a água com o ar e faz com que ela circule pela zona das raízes e do biofilme. Esse sistema proporciona condições para o reestabelecimento da fauna e flora além de agregar valor paisagístico.

O projeto de despoluição do Rio Pasig é equivalente a uma estação de tratamento de esgoto com capacidade para tratar o efluente de 2.000 pessoas, e até certo ponto, também lida com os efluentes industriais (ANTIDOTE, 2014). O objetivo específico de recuperação ambiental é restaurar e manter o padrão de qualidade da água do rio Pasig na classe C – águas para pesca, recreação / navegação e abastecimento para processos de produção após o tratamento (EMB NATIONAL WATER QUALITY STATUS REPORT, 2006 *apud* GREENPEACE, 2007). Um componente importante é o estabelecimento de uma borda de preservação ambiental de 10 metros de largura ao longo de aproximadamente 23 quilômetros do curso em ambas as margens. Para isso, está sendo necessário, dentre outras ações, a realocação da população residente nas margens do rio, uma parcela da qual encontra-se em situação de risco. Tal fato tem gerado uma série de conflitos entre os diferentes segmentos sociais que habitam a área e o governo, que carece de verba para ressarcir os

proprietários dos terrenos de alto valor. O estabelecimento destas áreas livres lindeiras ao canal é essencial para (DENIS; TED, 2014):

- a)** Garantir a segurança da população, pois fornece uma zona tampão entre o rio e o entorno como proteção a inundações;
- b)** Permitir a gestão ambiental, e reduzir a descarga direta de resíduos líquidos e sólidos não tratados para o rio;
- c)** Proporcionar o acesso ao rio para emergências, manutenção, transporte fluvial, e as comodidades;
- d)** Oferecer áreas de lazer, como parques ribeirinhos, cinturões verdes e passeios.

O projeto também inclui iniciativas de Organizações Não Governamentais (ONGs) e outras instituições que visam a qualidade de vida da população local com base em atividades culturais e esportivas, como maratonas. O antigo mercado *Paco Market*, localizado às margens do rio a décadas se tornou um centro de educação sustentável dedicado a fornecer informações sobre os esforços da revitalização do Pasig e um espaço para venda de produtos artesanais feitos pela população ribeirinha local. A estrutura do mercado não possui ar condicionado e conta apenas com iluminação natural. Além disso vendedores ocupam espaços alugados por valores simbólicos capazes de garantir a manutenção e funcionamento do centro (ANTIDOTE, 2014).

Foto 4 - Transformação do Rio Pasig, Manila, Filipinas. Fonte: Hype Science (2014).

Outro projeto que merece ser destacado é o projeto de recuperação das águas do Rio Sena em Paris, capital da França. O Rio Sena é um dos cartões postais da cidade de Paris e possui 777 quilômetros. Atravessa as cidades de Paris, Rouen e Le Havre. É a artéria central da capital francesa e por séculos foi usado como via de circulação, fosso, bica, esgoto e banheira. O rio de traçado sinuoso centraliza e divide a cidade de Paris em margem esquerda e direita. Foi inspiração de grandes pintores como o impressionista Claude Monet, que tinha um estúdio flutuante sobre as

margens do Sena. Hoje existem 199 casas flutuantes ancoradas no rio e no verão, três praias completas, com palmeiras de 7,5 metros de altura são montadas nas margens do Sena, a famosa *Paris Plages* (NEWMAN, 2014).

As praias de verão a beira do rio Sena foram uma iniciativa do prefeito Bertrand Pompidou a 14 anos atrás. E todo ano durante o verão, o rio se transforma em uma “*Riviera urbana*” onde a população pode desfrutar de áreas de lazer, prática de esportes e recreação (op. cit.). E como se deu então a recuperação do Rio Sena que já esteve poluído e abandonado, distante da vida dos parisienses?

Foto 5 - Rio Sena, Paris, França. Fonte: Google Imagens (2017n)

Foto 6 - Paris Plages. Fonte: Google Imagens (2017o).

Em uma entrevista concedida ao programa Cidades e Soluções (SARAIVA, 2011) o arquiteto paisagista Thierry Jacquet, diretor da empresa *Phytorestore*, a empresa responsável pelo projeto de recuperação do Rio Sena, relata sobre os detalhes do projeto que nasceu a partir de preocupações com os acidentes ocorridos entre os anos de 1998 e 2000 quando após eventos de chuvas intensas, milhares de peixes morreram nas águas do Sena asfixiados pelas altas cargas de poluição difusa e falta de oxigênio.

A recuperação da qualidade das águas do Sena é feita a partir de um sistema de jardins filtrantes ou alagados construídos sem o uso de químicos, apenas por fitorremediação. O sistema de tratamento por jardins filtrantes tem 14,5 hectares é um parque público, o parque *Parc du Chemil de l'Ile*, localizado em Nanterre no subúrbio de Paris, inaugurado no ano de 2006. O parque foi construído na área de onde operava um antigo lixão e para sua construção foram usados materiais reciclados do próprio local, como vidro e resíduos de construção. O projeto integra soluções sustentáveis, com a recuperação dos recursos hídricos e recursos de matérias ao mesmo tempo em que oferece a população áreas de lazer e espaços para a biodiversidade (SARAIVA, 2011).

O sistema de tratamento por jardins filtrantes é composto por quatro etapas, 30 mil metros cúbicos de água do rio Sena são descarregados nos jardins filtrantes a partir de um sistema de parafuso mecânico, Parafuso de Arquimedes, que bombeia a água para o sistema com pouco gasto de energia. A água que chega ao sistema é bastante poluída por hidrocarbonetos, gorduras e matéria orgânica. No primeiro jardim filtrante é feito o tratamento desses compostos orgânicos, que ao passar pelo jardim são sedimentados no fundo e degradados na rizosfera. Após a passagem pelo primeiro jardim a água já se encontra bastante transparente e sem partículas suspensas. O segundo tratamento é para a retirada dos patogênicos, vírus e bactérias nocivos às populações humanas. O terceiro tratamento é específico para a oxigenação das águas e é inspirado nos jardins de Giverny do pintor Claude Monet. Espécies de plantas do gênero *Nymphaea* são utilizadas para elevar o nível de oxigênio da água, que de 3 miligramas por litro passa para 9 miligramas por litro após o tratamento. As ninfeias, são como bombinhas de aeração da água e podem introduzir de 8 a 10 litros de ar na água por hora na região onde se encontram (op. cit.).

A água filtrada é então levada ao local de armazenagem, um rio com cerca de um hectare que reserva a água de boa qualidade e manda para o Sena quando há eventos de crises, como por exemplo uma chuva intensa. As águas do Sena, são monitoradas para serem mantidas com até 3 miligramas de oxigênio por litro, taxa limite para a sobrevivência da vida aquática. Quando eventos de chuvas intensas ocorrem, são mandados para o Sena 30 mil metros cúbicos de água de boa

qualidade, com 9 miligramas de oxigênio por litro, protegendo assim a vida aquática (JACQUET apud SARAIVA, 2011).

Segundo Jacquet (apud SARAIVA, 2011) as espécies de plantas usadas pela *Phytorestore*, são plantas macrófitas não bioacumuladoras de poluentes e os mecanismos de fitorremediação desempenhados acontecem no biofilme não oferecendo riscos de transferência da contaminação para os tecidos aéreos das plantas.

Foto 7 - Jardins filtrantes no Parc du Chemil de l'Île, Paris – França. Fonte: As Boas Novas (2014).

Foto 8 - Jardins filtrantes no Parc du Chemil de l'Île, Paris – França. Fonte: Hauts-de-Seine Le Département (2017).

O arquiteto paisagista afirma que o sistema de tratamento por jardins filtrantes é 30% mais barato que um sistema de tratamento de efluentes convencional e agrega valor paisagístico às áreas onde são implantados. O maior custo benefício está no funcionamento do sistema que não usa quase energia e tem fácil manutenção, representado apenas 10% a 20% dos custos de funcionamento dos sistemas convencionais.

A *Phytoresource* possui mais de 25 anos de experiência no tratamento de efluentes com plantas, através dos sistemas de jardins filtrantes e possui mais de 200 projetos pelo mundo. Na França

muitas indústrias utilizam os serviços da *Phytorestore* para o tratamento de seus efluentes. A empresa possui uma bio fazenda que abriga 24 bacias de jardins filtrantes que realizam o tratamento dos mais variados efluentes: resíduos industriais, efluentes de lavagem de automóveis, esgoto doméstico e óleo de fritura de restaurantes. Diariamente a bio fazenda recebe caminhões que descarregam os efluentes no sistema de jardins filtrantes. A água tratada na bio fazenda, é utilizada para irrigação de terras cultivadas na região e para irrigação da própria bio fazenda que abriga um viveiro das plantas fitorremediadoras usadas no sistema de tratamento (PHYTORESTORE BRASIL, 2016).

As plantas cultivadas na bio fazenda são preparadas antes de serem utilizadas nos jardins filtrantes. As mudas são submetidas a situações de estresse induzidas para estarem aptas a ingressarem nos jardins. As plantas de maior interesse de acordo Jacquet (In: SARAIVA, 2011), são aquelas que não transferem os poluentes para os seus tecidos aéreos, toda atividade fitorremediadora ocorre na zona de raízes. Entre elas ele destaca as espécies rizomatosas. A *Phytorestore* também possui projetos no Brasil, como por exemplo o Eco Parque projetado para o tratamento dos resíduos da empresa de cosméticos Natura, em Benevides no Pará, e atualmente tem uma bio fazenda instalada na cidade de Campinas, em São Paulo para o tratamento de efluentes com jardins filtrantes (op. cit.).

4.2. A experiência da cidade de Berlim: tecnologias amigas do meio ambiente para o tratamento das águas urbanas

No decorrer desta jornada de pesquisa, surgiu a oportunidade de desenvolvimento de um projeto de pesquisa para realização de um estágio na Universidade Humboldt de Berlim, realizado durante o primeiro semestre do ano de 2016, com supervisão da Professora Doutora em Agronomia, Cornelia Oschmann⁶. Durante o estágio, investigou-se a experiência berlinense na utilização de soluções embasadas nos princípios da Infraestrutura Verde, mais especificamente, no uso de tecnologias amigas do meio ambiente no tratamento das águas urbanas⁷.

Berlim é a maior cidade da Alemanha, assim como, a segunda área urbana mais populosa da União Europeia. A cidade abrange uma área de 891,92 quilômetros quadrados e sua população é de 3,5 milhões de habitantes (BERLIN, 2016).

Atualmente, Berlim possui 400 mil árvores, 2.592 parques públicos que cobrem uma área de 5.033 hectares (OSCHMANN, 2016b). Com relação as áreas verdes, Berlim tem longa tradição no planejamento da paisagem urbana e os primeiros planos realizados datam mais de 130 anos. Na década de 1970, de um total de 290 quilômetros, 150 quilômetros de áreas verdes já estavam implantados nas vias ao longo dos corpos hídricos (BERLIN, 2016).

⁶ Profa. Dra. Cornelia Oschmann, Universidade Humboldt de Berlim Universität zu Berlin, Division Urban Eco-Physiology of Plants.

⁷ O Projeto de Pesquisa “The role of plants in green infrastructure in situ management of urban water and the experience of the city of Berlin, Germany” foi aceito no Programa de Bolsas de Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE) da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo Fapesp n. 2016/01431-3).

A estratégia atual do Departamento de Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente do Senado de Berlim (Berlin's Senate Department for Urban Development and the Environment) inclui três pilares para o uso da vegetação: Natureza Urbana, Embelezamento da Cidade e Agricultura Urbana. Esta estratégia se baseia no princípio de que o desenvolvimento das áreas verdes na cidade deve acontecer em conjunto com as mudanças e tendências da sociedade ao mesmo tempo em que possa contribuir para a qualidade da vida urbana e a preservação das diversas paisagens (BERLIN, 2016).

Foto 9 – Club der Visionaere sobre um afluente do Rio Spree, Alt-Treptown, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.

Mapa 1- Mapa da cidade de Berlim, Alemanha. Dados do mapa©2017 GeoBasis.DE (©2009) Google. Fonte: Google Maps (2017).

Foto 10 - Natur-Park, Schöneberger Südgelände, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.

Berlim também conta com o Programa de Paisagem incluindo a Conservação da Natureza, em alemão, *Landschaftsprogramm* (LaPro) que se trata de um instrumento de planejamento urbano estratégico para a adoção de medidas integradas às preocupações de proteção ambiental. O seu objetivo é assegurar que essas preocupações estejam incorporadas ao desenvolvimento urbano, ou seja, o desenvolvimento urbano deve preservar as condições naturais e obedecer às exigências ambientais, garantido assim um desenvolvimento voltado para o futuro da cidade e não voltado a questões imediatistas. Isto significa que as bases naturais da paisagem, solo, água e ar, devem ser levados em conta em qualquer nível de planejamento ou projeto, assim como, garantir a provisão de

áreas de recreação para a população e os requisitos exigidos para a preservação da flora e da fauna selvagens, incluindo uma rede de biótopos⁸ interligados.

O Fator Biótopo de Área (BAF) (*Biotope Area Factor*) é uma ferramenta que designa a proporção de áreas dentro de um espaço determinado que, tem efeito positivo sobre o ecossistema ou sobre o desenvolvimento do biótopo deste perímetro, em relação ao todo. A designação do BFA inclui a função do habitat das plantas e dos animais e outros aspectos relevantes para a proteção dos serviços ecossistêmicos. No centro de Berlim, o uso do BAF tem uma abordagem particular para assegurar as oportunidades do uso da vegetação, denominadas “*qualidades verdes possíveis*”. Esta forma organizada de planejamento da paisagem em Berlim, tem provado o valor ecológico do planejamento que especifica a proporção de áreas que podem afetar os ecossistemas, positiva e negativamente, em relação ao todo (BERLIN, 2010).

O LaPro acontece em conjunto com o Plano de Uso da Terra, *Flächennutzungsplan* (FNP) e é subdividido em cinco planos de programas temáticos:

- a) Ecossistema e proteção ambiental;
- b) Proteção dos Biótopos e Espécies;
- c) Cenário da Paisagem;
- d) Recreação e Uso do Espaço Aberto;
- e) Plano Urbano Geral de Mitigação.

O LaPro é fundamentado nos objetivos gerais da Lei Federal de Conservação da Natureza (*Federal Nature Conservation Act*) que tem como um de seus objetivos a preservação da diversidade,

⁸ “*Biótopo. Área ocupada por uma biocenose*” (ACIESP, 1997 p. 28). “*Biocenose. Conjunto inter-relacionado de fauna e flora, vivendo num determinado biótopo, num determinado tempo*” (ACIESP, 1997 p. 23)

características e beleza das paisagens, e considera as paisagens naturais importantes espaços de relaxamento e contato com a natureza para população. Assegurando que as áreas cuja localização e conformação as torna espaços adequados para a recreação, sejam espaços a serem preservados e acessíveis à população.

Para isso o Plano de Recreação e Uso do Espaço Aberto tem foco nos seguintes aspectos:

- a)** Aumentar a quantidade e melhorar a qualidade dos espaços abertos em áreas residenciais da cidade;
- b)** Alargar o anel de parques interiores e exteriores, desenvolver e dar uma nova forma para áreas verdes e parques;
- c)** Desenvolver a paisagem do setor do distrito Barnim como um novo quarto componente de recreação local histórico da paisagem; criar novos corredores verdes e reforçar os já existentes para melhorar a interconexão dos espaços abertos, tanto na cidade interna e externa, e;
- d)** Melhorar a acessibilidade dos rios e lagos e os respectivos bancos.

Para a contemplação dos objetivos do Plano de Recreação e Uso do Espaço Aberto tem sido realizada análises das áreas verdes nos bairros residenciais de Berlim, as quais, incorporam dados sócio espaciais e demográficos. Essas análises tornaram possível o estabelecimento de quatro prioridades para a prestação de áreas de lazer na malha urbana e, a definição espacial e funcional dos objetivos e ações necessárias para cada bairro residencial. Por conseguinte, o plano visa desenvolver uma rede de áreas verdes atraente e utilizável para ligar o interior da cidade fortemente construído com os subúrbios e para conectar as áreas verdes umas às outras (BERLIN, 2016).

Mapa 2 - Plano para rede de áreas verdes da cidade de Berlim, Alemanha. Fonte: Berlin (2016).

Legenda: Grünverbindungen: Ligações verdes (os espaços verdes que se ligam entre si); übergeordnete Grün- und Freiflächen: Espaços verdes livres de maior importância; Märkische kultur-und Feldlandschaft: Terras de valor histórico, que antigamente eram da posse de um Marquês, paisagens planas e campos de plantação; Erholungswald: Parques de recreação.

Foto 11 - Praia do lago Grunewaldsee, em Grunewald (südlicher Teil), Berlim. Na primavera e verão os lagos de Berlim são bastante frequentados pela população e turistas que podem se banhar nas águas balneáveis. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.

O uso de vegetação em edificações também é antigo, entre os anos de 1870 e 1925 diversos telhados verdes com gramíneas foram construídos em Berlim. Anos mais tarde, na década de 1970 emergiu no país uma consciência social a respeito dos impactos da urbanização sobre a qualidade ambiental das cidades, ao mesmo tempo em que foram percebidos os benefícios do manejo na fonte das águas pluviais e residuais. A partir deste momento passaram a ser estudadas e implementadas na Alemanha, práticas ecológicas de manejo das águas pluviais com o objetivo de mitigar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos naturais (BERLIN, 2007). A partir dos anos 1970 também se intensificou o uso da vegetação em telhados (OSCHMANN, 2016a).

Foto 12 - Telhado verde extensivo combinado com placas fotovoltaicas, em uma das edificações da Ufa-Fabrik, Berlim construído em 1986. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.

Já nos anos 1990, Berlim contava com edificações ecológicas modelos, integradas a fitotecnologias para o tratamento das águas pluviais e cinzas para reuso não potável em descargas de bacias sanitárias e rega de jardins. Assim como, para o controle do escoamento pluvial e promoção da infiltração da água no local. Um exemplo de edificação ecológica modelo é o *Block 6* localizado em Kreuzberg, Berlim.

O *Block 6* é um projeto de habitação social desenvolvido para uma exibição internacional de construções, a *International Building Exhibition*, em 1987 e para o programa de pesquisa, *Experimental Housing and Urban Development* (EXWOST). O projeto inicial, “*Integrated Water Concept. Ecological Integrated Concept*” foi financiado até 1993 pelo Ministério Federal Alemão do

Planejamento Regional, Construções e Desenvolvimento Urbano (*German Federal Ministry of Regional Planning, Building and Urban Development*) e pelo Estado Federal de Berlim (*Federal State of Berlin*) (BERLIN, 2010; BLOCK 6, 2016).

A fase inicial do projeto aplicou um conceito integrado de manejo da água, do abastecimento ao descarte, e foi uma cooperação entre o proprietário do terreno e o Estado Federal de Berlim. O projeto previu o desenvolvimento de instalações para facilitar a economia de água por apartamento (reuso das águas cinzas para uso não potável, na descarga das bacias sanitária), assim como, um medidor de água fria em cada apartamento. Também foi construído um alagado no pátio interno para reciclagem das águas cinzas para reuso não potável e uma lagoa pluvial ao redor do alagado construído, para o tratamento do escoamento. Após a conclusão da segunda fase do projeto, em dezembro de 1993, o alagado construído deixou de ser utilizado para a reciclagem das águas cinzas, por razões técnicas e financeiras (BLOCK 6, 2016).

Foto 13 - Vista aérea do pátio do Block 6, Kreuzberg, Berlim. Fonte: Reichann et al. (BLOCK 6, 2016).

No entanto, o *Block 6* seguiu sendo um site de testes e demonstração do uso de tecnologias sustentáveis para o tratamento de efluentes domésticos e manejo das águas pluviais em edifícios. E desde então, diversas tecnologias têm sido testadas para reciclagem de águas, assim como a utilização de conceitos integrados de manejo das águas, coleta seletiva de resíduos, e integração e

fornecimento de conhecimento aos moradores e frequentadores dos edifícios do Block 6 (BLOCK 6, 2016).

Atualmente o *Block 6* é parte do programa de implementação de modelos ecológicos de construções em áreas urbanas, o *Berlin Program for Urban Ecology Model Projects*. O alagado águas cinzas dos apartamentos é usado para receber o escoamento pluvial dos 2.350 metros quadrados da área dos telhados e dos 650 metros quadrados da área de pátio. O alagado é avaliado quanto ao seu potencial de evaporação da água retida e seu impacto no microclima local. *Block 6* também é o local do projeto *Roof Water Farm*, um projeto que avalia o desenvolvimento de tecnologias de cultivo hidropônico de vegetais em conjunto com o cultivo de peixes (aquicultura) combinado com medidas descentralizada de manejo do sistema de cultivo. O projeto investiga as condições de segurança sanitária do cultivo, que inclui estudos sobre macro poluentes visando a atender os requerimentos europeus de segurança alimentar (RWF, 2016).

Foto 14 - Site de teste do Projeto Roof Water Farm no Block 6, Kreuzberg, Berlim. Festival de colheita de morangos em 2014. Fonte: RWF (2017).

Outro exemplo de modelo ecológico implantado em Berlim é o projeto da praça *Potsdamer Platz*. Potsdamer Platz ocupa uma área de 68.000 metros quadrados, localizada no centro de Berlim ao lado da estação de trem e metrô Potsdam. Esta região de Berlim, foi considerada o centro urbano mais importante da Europa na segunda metade do século 20 devido a estação de Potsdam. Depois da Segunda Guerra Mundial a área foi destruída e com a construção do Muro de Berlim a área permaneceu ociosa por estar na divisa entre a Alemanha Oriental e Ocidental. Após a queda do Muro de Berlim em 1989, a área recebeu um projeto de revitalização que incluiu requerimentos específicos para o manejo das águas pluviais. Foi exigido pelo governo que o projeto contemplasse o manejo de 99% da água da chuva (FERREIRA et al., 2012; SCHMIDT, 2001).

Foto 15 - Vista da área de Potsdamer Platz em 1965, mostrando o Muro de Berlim. Fonte: Potsdamer Platz, 1965. German Architecture.org (2014).

Foto 16 - Potsdamer Platz após a revitalização. Fonte: Atelier Dreiseitl (2015).

O conceito ecológico desenvolvido para o projeto inclui redução da poluição e consumo de energia nas edificações e o manejo integrado das águas pluviais. Os 19 edifícios construídos em *Potsdamer Platz* salvam 50% da energia em relação aos projetos convencionais. Os telhados dos edifícios compreendem uma área de 40.000 metros quadrados de telhados verdes intensivos e extensivos (FERREIRA et al., 2012). O manejo das águas pluviais compreende o tratamento do escoamento e dos picos de vazão em eventos de intensas precipitações atuando como *feedback* da infraestrutura de drenagem. O escoamento dos telhados é coletado e armazenado em uma cisterna subterrânea de 3.500 metros quadrados. Na cisterna a água recebe um tratamento biológico por bactérias e reutilizada para a descargas das bacias sanitárias, rega das áreas ajardinadas, incluindo os telhados verdes e para alimentar um lago artificial de 12.000 metros quadrados (SCHMIDT, 2001).

Foto 17 - Espelho d'água em Potsdamer Platz, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.

Foto 18 - Espelho d'água em Potsdamer Platz, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.

O projeto inclui um alagado construído de 1.900 metros quadrados circundando os edifícios integrado ao lago, para o tratamento das águas pluviais da área externa. Neste alagado, primeiramente foram utilizadas espécies do gênero *Typha*, no entanto, esta espécie não teve sucesso e foi substituída por espécies do gênero *Phragmites*. O gênero *Phragmites* se adaptou as condições locais e ao longo dos anos outras espécies se estabeleceram espontaneamente no local e foram mantidas lá. A água do lago circula pelo alagado e a oxigenação da água também é aumentada por fontes no centro do lago. O sistema tem capacidade para receber 3.000 metros cúbicos de precipitação, o que representa 30 centímetros a mais no nível do lago ao todo 15.000 metros cúbicos. O lago e o alagado contribuem para a melhora do microclima local e do entorno, devido ao aumento da evaporação da água. Além disso, fornece habitat para pássaros e peixes (FERREIRA et al., 2012; SCHMIDT, 2001). A manutenção e monitoramento do sistema de manejo das águas é realizada pelo grupo de trabalho *Watergy* do Instituto de Arquitetura da Universidade Técnica de Berlim (*Technical University Berlin*) (SCHMIDT, 2001).

Foto 19 - Alagado construído em Potsdamer Platz, Alemanha. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.

Foto 20- Alagado construído em Potsdamer Platz, Alemanha. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.

Na Alemanha, no início as medidas de manejo *in situ* das águas pluviais apenas consideravam apenas a importância da infiltração da água no local (BERLIN, 2010). A partir dos resultados obtidos nos modelos ecológicos implantados, no início do século 21 as medidas passaram a priorizar os componentes precipitação, infiltração e evaporação do ciclo hidrológico (BERLIN, 2007). Atualmente em Berlim, é cobrada uma taxa para cada metro quadrado de superfície impermeável do terreno, a taxa da água pluvial (*Niederschlagswasserentgelt*, em Alemão). São cobrados aproximadamente 1,84 euros por metro quadrado por ano (taxa do ano de 2010), o que representa o valor do volume de água que vai para o sistema público de tratamento combinado de efluentes. Sendo todo pavimento concretado, asfaltado e superfícies cobertas com material impermeável classificados como superfície impermeável (BERLIN, 2010).

Além disso, para enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas e para alcançar os requerimentos da Diretiva 2000/60/EC do Parlamento Europeu (*European Parliament and Council*), que estabelece uma estrutura para ações locais no campo política da água através de um quadro de ações para a proteção do futuro das águas na União Europeia o *EC Water Framework Directive* (EC WFD), incluindo um quadro legal de proteção de todos os corpos hídricos (águas superficiais e subterrâneas), Berlim vêm aprimorando seu quadro legal e técnico de manejo das águas. Desde 2010, a cidade conta com um manual técnico para manejo das águas pluviais a partir de medidas descentralizadas de telhados verdes e fachadas verdes que inclui planejamento, construção, operação e manutenção desses sistemas (*Rainwater Management Concepts. Greening buildings, cooling buildings. Planning, Construction, Operation and Maintenance Guidelines*). O manual foi realizado em parceria com a Universidade Técnica de Berlim e a Universidade de Ciências Aplicadas Neubrandenburg (*University of Applied Sciences Neubrandenburg*), e baseado nos resultados obtidos nos projetos modelos do programa *Urban Ecology Model Project* entre eles os projetos *Block 6, Potsdamer Platz Project* e o edifício do Instituto de Física da Universidade Humboldt de Berlim no campus Adleshorf, Dahlem (op. cit.).

Para o uso das medidas de manejo descentralizado das águas pluviais o manual traz uma lista de prioridades para projetos apresentadas no quadro a seguir:

Prioridade	Medidas de manejo descentralizado
1	Criação de superfícies permeáveis (parques, jardins, pátios vegetados) e arborização de vias
2	Fachadas e telhados verdes
3	Corpos hídricos artificiais (lagos, espelhos d'água) e espaços abertos para a água
4	Uso da água da chuva para resfriamento dos edifícios
5	Valas de infiltração em conexão com estruturas vegetadas e pavimentos gramados
6	Reuso da água pluvial para descarga das bacias sanitárias e outros usos não potável
7	Valas de infiltração para reforço de superfícies permeáveis
8	Fosso de infiltração

Quadro 2 - Prioridade de aplicação e medidas de manejo descentralizado das águas das chuvas na cidade de Berlim, Alemanha. Fonte: Berlin (2010).

O manual destaca que para o manejo descentralizado das águas pluviais, as dimensões das medidas de gestão precisam ser especificadas no planejamento a partir de uma simulação de longo prazo com base no folheto consultivo ATV DVWK 138. A combinação destas medidas pode ser medida e avaliada nos softwares disponíveis. Os dados de precipitação podem ser obtidos para cada região específica a partir do Serviço Meteorológico Nacional Alemão (*Deutscher Wetterdienst -DWD*, em alemão). A simulação a longo prazo ajuda na gestão das medidas inclusive em termos de quantidade de armazenamento de água de chuva para reuso nas cisternas, criando uma combinação de ações para uma gestão mais sustentável (BERLIN, 2010).

No entanto, a combinação de medidas como telhados verdes, reuso de águas residuais e / ou infiltração, ainda não foram implementadas de forma satisfatória nos programas existentes. O manual aponta que há uma deficiência nos dados de entrada quando incorporadas medidas práticas de evaporação em paralelo a dados abrangentes de precipitação. Um telhado verde influencia significativamente a proporção útil de precipitação, assim como a retenção temporária de chuva

torrencial, e estes dados dependem muito do nível de saturação dos meios de cultivo. Na média anual a proporção de evaporação em telhados verde é de cerca de 70% e vem sendo, portanto, geralmente subestimada (op. cit.)

A respeito da vegetação o manual traz uma lista de espécies de plantas indicadas para uso nas faixas verdes, incluindo uma relação das espécies mais apropriadas e usadas de plantas, plantas de habitats montanhosos adaptadas as condições locais: *Hedera helix*, *Wisteria sinensis*, *Campsis radican*, *Parthenocissus*, *Tricuspidata*, *Vitis* var. *varieties*, *Lonicera* div., *Hydrangea petiolaris*, *Hydrangea anomala*, *Petiolaris*, *Clematis* e *Aristolochia macrophylla* (op. cit.).

Foto 21 - Telhado verde extensivo em um prédio da Universidade Humboldt de Berlim, Campus Nord, Mitte Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.

Além disso, em Berlim o cultivo de hortaliças e outras questões que concernem ao cultivo da vegetação no ambiente urbano, vêm sendo aprofundadas. O recente conceito denominado Agricultura Urbana, *Urban Horticulture* em inglês, aborda o uso funcional da horticultura associado a melhoria da qualidade ambiental da área urbana circundante. O conceito é um resultado do contexto em que a cidade está inserida e compreende um largo e complexo campo de estudo. Aborda a horticultura produtiva em que frutas e outras plantas são cultivadas para fins alimentícios, estéticos, arquitetônicos, recreativos e psicológicos (OSCHMANN, 2016c).

O conceito Horticultura Urbana oferece diferentes oportunidades para o uso da vegetação nas cidades. É um conceito que pode ser aplicado em parques, praças, telhados verdes, muros verdes, jardins privados, jardins em ambientes internos florestas, cemitérios e ao longo de rodovias. E inclui preocupações como seleção de plantas que podem sobreviver as condições do ambiente urbano ao mesmo tempo em que podem fornecer serviços ecossistêmicos aos habitantes; o desenvolvimento de técnicas de gestão econômicas que possam assegurar a sobrevivência das plantas a longo prazo; e a expansão do uso criativo da vegetação dentro e ao redor das cidades para fornecer florestas urbanas e outros serviços e produtos como frutas e legumes adequados para consumo humano (op. cit).

Foto 22 - Horta comunitária no Mauerpark, Berlim. Crédito: Maitê Pinheiro, 2017.

Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.

*Foto 23 - Horta comunitária no Mauerpark, Berlim.
Crédito: Maitê Pinheiro, 2016.*

*Foto 24 - Horta no telhado de uma
fábrica de painéis de alumínio
para paredes verdes, Dahlem-
Dorf, Berlim. Crédito: Maitê
Pinheiro, 2016.*

4.3. Perspectivas para a cidade de São Paulo

Não muito diferente dos anos anteriores, só que agora com uma novidade, temperaturas alcançando a casa dos 35,4°C, a cidade de São Paulo iniciou o ano de 2015 com notícias como esta publicada no noticiário online G1 no dia 12 de janeiro de 2015:

Um temporal atingiu São Paulo nesta segunda-feira (12) após o calor bater o recorde do ano na cidade com 35,4°C. Houve ao menos 30 pontos de alagamento, a maioria intransitáveis. Os ventos chegaram a 85 km/h e derrubaram 58 árvores, sendo 10 na Avenida Politécnica, na Zona Oeste da capital. Uma pessoa ficou ferida e um carro acabou atingido (...) O recorde de calor, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), foi registrado às 15h no Mirante de Santana. Uma hora depois, áreas de instabilidade formadas pelas altas temperaturas levaram às pancadas com trovões e raios, ventos fortes e queda de granizo (...) A região da Subprefeitura de Santo Amaro foi uma das mais castigadas, com alagamentos bloqueando trechos de vias como a Marginal Pinheiros, a Avenida Vitor Manzini e a Avenida Roque Petroni Júnior.

As enchentes são um fenômeno hidrológico natural, mas as ocupações irregulares em áreas suscetíveis a cheias tornam as enchentes um fenômeno de alto risco. Na Região Metropolitana de São Paulo, esses problemas têm assumido uma dimensão cada vez maior e são observados como um dos principais sintomas dos *“desequilíbrios infraestruturais urbanos”* (MOURA, 2013 p. 15). Acarretam em enormes prejuízos sociais econômicos por terem consequências diretamente relacionadas às demais funções urbanas, especialmente a mobilidade, além dos riscos à segurança pública, sendo a questão das vazões e picos de enchentes prioritárias para a drenagem (op. cit.).

O noticiário segue relatando o restante dos impactos do temporal sobre a megalópole que abriga 11 milhões de habitantes. São Paulo é a maior cidade do Hemisfério Sul e tem uma área de 1.530 quilômetros quadrados, com cerca de 870 quilômetros quadrados de áreas urbanas. Hoje, a cidade de São Paulo é caracterizada por extrema desigualdade social, a taxa de crescimento da população

está se estabilizando, mas o déficit para a habitação é da ordem de centenas de milhares e gera pressão sob a forma de extensa urbanização em áreas ambientalmente sensíveis (PMSP, 2014).

Durante o século passado a cidade de São Paulo sofreu um rápido processo de expansão da urbanização iniciada nas últimas décadas do século XIX que seguiu indiferente à limitação e ao potencial do seu sítio natural (SMDU, 2012). Quanto à vegetação, a urbanização exerceu fortes pressões sobre a paisagem natural. São Paulo está em uma área originalmente coberta principalmente por vegetação de várzeas, campos e florestas. E atualmente, a vegetação da cidade é constituída principalmente por fragmentos de vegetação natural secundária (PMSP, 2002).

Hoje existem cerca de 1,5 milhão de árvores espalhadas por reservas, praças, calçadas, parques e jardins privados. A cidade tem 105 parques públicos e um total de 35.000 hectares de vegetação. No entanto, a maior parte é representada pelas áreas protegidas no extremo norte, a Serra da Cantareira, e a leste da cidade com pontos isolados, como as Áreas de Preservação Ambiental (APAs) do Carmo e Iguatemi. A vegetação é distribuída de forma desigual. Considerando apenas os parques e praças, a área verde média cai de 14,07 para 2,88 metros quadrados por habitante (RODRIGUES, 2014) e a maioria das áreas verdes está em locais isolados ou em bairros de alto poder econômico.

Mapa 3 - Mapa dos parques públicos e as áreas de proteção localizados na cidade de São Paulo. Fonte: PMSP (2017).

Os principais rios de São Paulo, os rios Tietê e Pinheiros sofreram pressão suficiente pela urbanização e atualmente encontram-se descaracterizados e extremamente poluídos. Além disso na cidade, existem cerca de 1855 favelas que estão ocupando espaços públicos abertos, sendo em áreas designadas para implantação de áreas verdes (PMSP, 2002) principalmente nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) de corpos hídricos. Além disso, a maioria das ocupações irregulares não possui infraestrutura de esgoto e os efluentes são dispostos diretamente nos corpos de água.

Transformações no Rio Pinheiros, São Paulo

Figura 22 - Transformações no rio Pinheiros em São Paulo. A primeira foto acima a esquerda mostra um trecho do Pinheiros em dezembro do ano de 1930. Hoje, os meandros do curso d'água não existem mais e o que restou corre para o lado oposto. Fonte: Domínio Público. A segunda foto acima a direita mostra pessoas nadando no trecho do rio no Clube de Pinheiros no início do século 20. Fonte: G1 (2016). Terceira foto abaixo a esquerda, mostra uma enchente típica da época de verão no ano de 2009 em um trecho da Marginal do Rio Pinheiros. Fonte: Google Imagens (2015). E a última foto mostra uma das esculturas feitas pelo artista plástico Eduardo Srur, trabalho em parceria com a ONG Associação Águas Claras do Rio Pinheiros, no ano de 2014. Fonte: G1 (2016).

Com relação as águas, São Paulo, não só enfrenta desafios relativos a poluição e enchentes e recentemente enfrentou uma grave crise hídrica “a crise mais impactante dos últimos 80 anos” segundo Mario Menciondo, professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (BBC BRASIL, 2014 apud SALLES, 2014).

A crise teve início em fevereiro de 2014 após o verão mais quente e seco em sete décadas, quando o nível do principal conjunto de reservatórios da região metropolitana, o Sistema Cantareira, chegou a 14,6% de sua capacidade (BBC Brasil, 2014 apud SALLES, 2014). De acordo com comitê anti-crise, que foi formado pela Agência Nacional de Águas (ANA), o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), estimava-se que o Cantareira se esgotaria pela primeira vez em junho daquele ano se nada fosse feito (SALLES, 2014).

As causas precisas da crise ainda não foram desvendadas pelos especialistas, e o governo de São Paulo atribui o evento aos efeitos das mudanças climáticas globais (op. cit.). Ao passo que alguns especialistas afirmaram não se tratar apenas disso, e que os impactos de uma urbanização acelerada e desorganizada também contribuem para que o sistema apresente falhas e problemas (MEDIONDO in BBC Brasil apud SALLES, 2014), além das causas naturais já conhecidas. Segundo Maria Assunção Silva Dias, pesquisadora de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (USP), a cidade já vivenciou períodos graves de escassez, não se tratando de um caso excepcional (BBC Brasil apud SALLES, 2014).

A crise hídrica de 2014 que afetou não só a cidade de São Paulo, mas toda a região sudeste do país, despertou interesse na sociedade civil que em outubro do mesmo ano se mobilizou e criou a Aliança Pela Água que hoje conta com apoio de mais de 60 organizações para a “*construção de uma nova cultura de cuidado com a água no Brasil*”. A Aliança pela Água é uma articulação criada pela sociedade civil que reitera a responsabilidade dos prefeitos e vereadores em assegurar o acesso dos munícipes à água de boa qualidade, assim como, na promoção de atividades de interesse local como

a captação e reuso das águas pluviais, a conservação, proteção e revitalização dos seus corpos hídricos (ALIANÇA PELA ÁGUA, 2017).

Ademais, espera-se que os desafios hidrológicos enfrentados na megalópole sejam intensificados com efeitos das mudanças climáticas. A expectativa é de que o clima de São Paulo experimente um aumento nos eventos de chuvas extremas no verão (NOBRE et al., 2009 apud MOURA, 2013) agravando as graves inundações. Estudos preliminares sobre os efeitos das mudanças climáticas em São Paulo sugerem que entre 2070 e 2100 haverá uma elevação média da temperatura de 2 a 3°C, o que pode dobrar o número de dias com chuvas extremas (mais de 10 milímetros). O estudo da Região Metropolitana de São Paulo para o período de 1933 a 2009 evidenciou um aumento no número de precipitações extremas acima de 30 milímetros por dia, representando o potencial de causar inundações graves (NOBLE et al., 2009 apud MOURA, 2013).

Diante do cenário atual se torna evidente que a cidade de São Paulo precisa mudar a forma de gestão de seus recursos hídricos. Nesse contexto, surge um instrumento fundamental para a redução dos riscos de inundação e a melhoria da qualidade das águas no município, o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de São Paulo – PMAPSP. O PMAPSP tem como objetivo *“constituir uma forma moderna e ambientalmente correta de manejar as águas pluviais e reduzir drasticamente a vulnerabilidade de São Paulo às chuvas intensas”* (SMDU, 2012 p.7).

O projeto é liderado pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU) e conta com a colaboração das várias secretarias municipais, em especial, da Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB), Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras – SMSP, Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB) e Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente (SVMA), e para seu desenvolvimento foi contratada a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH).

O PMAPSP possui três pilares de ação:

- a) Regulamentação do uso e da ocupação do solo;
- b) O desenvolvimento dos programas de drenagem das bacias do município;
- c) A elaboração do manual de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

O Manual de Drenagem e Manejo de Aguas Pluviais foi publicado em 2012 e disponibilizado para a sociedade em três volumes. Sua função é orientar e subsidiar os profissionais da Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP), os prestadores de serviço e os empreendedores que atuam nas áreas de planejamento e projetos de drenagem urbana, planejamento e controle do uso do solo, projeto, análise e aprovação de novos empreendimentos. O manual trata os recursos hídricos numa visão holística, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos de uma maneira mais equilibrada. Essa postura consiste na estratégia primordial para a longo prazo conformar cidades mais sustentáveis quanto à drenagem urbana (SMDU, 2012).

O PMAPSP inclui soluções práticas, baseadas nos conceitos de LID e IV para a revitalização das bacias hidrográficas urbanas visando à melhoria das condições ambientais, a partir dos benefícios que a revitalização destas áreas pode promover. Objetiva a formação de um sistema integrado de parques e corredores, a recuperação e preservação dos córregos e rios, devolvendo estes elementos à paisagem urbana que ou estão ocultos, ou querem ser esquecidos, devido às péssimas condições ambientais atuais (SMDU, 2012).

A elaboração do PMAPSP contou com um diagnóstico institucional que apontou a necessidade de uma articulação entre os órgãos existentes, relacionados às atividades de drenagem. Na estrutura atual da PMSP, 79 órgãos são responsáveis por desenvolver as atividades de gestão das águas pluviais, o que vem a exigir do Poder Público de acordo com a Prefeitura do Município de São Paulo (2012):

Uma mudança de paradigma no que se refere ao planejamento e no gerenciamento das ações voltadas ao manejo das águas pluviais urbanas, o que justifica a criação de um modelo jurídico-institucional específico para a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas na cidade de São Paulo. Esse modelo deve ser ancorado no planejamento das ações relacionadas com esses serviços e na efetiva implantação das respectivas ações e atividades planejadas - medidas estruturais e não estruturais, de maneira sistemática.

O PMAPSP sugere a criação de uma entidade gestora dos serviços de águas pluviais, tendo em vista gerenciar a prestação de serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, segundo o que determina a Lei de Saneamento (Lei do Saneamento, Lei nº 11.445/07 Art. 19, § 3º) a qual estabelece que os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas em que estão inseridos e também para atingir as próprias diretrizes do PMAPSP. Esta estrutura deve ser institucionalizada utilizando, na medida do possível, a estrutura funcional e os recursos hoje disponíveis na prefeitura do município (PMSP, 2012). O Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de São Paulo é uma esperança para a mudança de paradigma da gestão e manejo das águas urbanas, no entanto, são muitos os desafios que terão de ser enfrentados para a contemplação de suas metas.

Na prática, podem ser citadas iniciativas dos próprios munícipes na implantação de melhores práticas de manejo dos recursos hídricos paulistanos. Um exemplo de projeto que abarca elementos da IV para a drenagem das águas das chuvas é o projeto de revitalização da Praça Dolores Ibarruri, mais conhecida como Praça das Corujas, área de 24.000 m² localizada no bairro Alto de Pinheiros em São Paulo onde corre à céu aberto o Córrego das Corujas (OLIVEIRA et al., 2012).

A revitalização da Praça foi iniciativa da Associação de Moradores do Bairro que inclui a área da praça, no ano de 2006. O projeto foi implantado em 2009, no entanto, sua implantação encontrou diversos obstáculos já na fase de aprovação. O projeto feito em consentimento com os moradores previa a existência de bacias de retenção para águas proveniente de biovaletas que, através de

gárgulas que desempenhariam o papel de vertedores de água, e liberariam a água da chuva lentamente para o Córrego das Corujas. Além disso, previa-se para essas bacias de retenção a criação de um alagado artificial, que além de conectar as biovaletas agiria como um filtro da poluição difusa antes de entregar a água da chuva para o córrego das Corujas (PELLEGRINO, 2012).

De acordo com Pellegrino (2012), o projeto desenvolvido pretendia aplicar um modelo não convencional de tratamento das águas pluviais que evidenciasse o potencial do paisagismo, não apenas como um plantio convencional, mas como parte da estratégia de controle de enchentes. No entanto, durante todo o processo, a falta de cultura dos órgãos públicos do que vem a ser um projeto de paisagem se tornou evidente, uma vez que o projeto aprovado pela Subprefeitura se tratava do anteprojeto e a empresa vencedora da licitação quando iniciou as obras não tinha conhecimento do projeto original desenvolvido com consentimento dos moradores. No final, foi contemplado aproximadamente 50% do projeto o que demonstra ser grande o desafio a ser ultrapassado para implantação de projetos fundamentados nos conceitos da IV (PELLEGRINO, 2012).

O córrego das Corujas é um dos 300 córregos inclusos no Programa Córrego Limpo, uma parceria entre a Prefeitura do Município de São Paulo e a Sabesp, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, empresa responsável pela água, coleta e tratamento de esgotos de 366 municípios do Estado de São Paulo. O córrego, que tem dois quilômetros de extensão, nasce nas proximidades da Av. Heitor Penteado no bairro da Pompéia e desagua no rio Pinheiros, foi um dos 40 córregos da primeira fase do programa em 2007 (CÂMERA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, PREFEITURA DE SÃO PAULO apud NAGIB, 2016). No entanto, são poucas as informações recentes sobre o andamento deste programa no município.

No geral, apesar das intervenções no projeto original, de acordo com Oliveira (et al., 2012), o conjunto de ações tomadas, a revitalização da praça, as ações do Programa Córrego Limpo e a implantação do parque linear, o Parque das Corujas, resultaram em impactos socioambientais

positivos na região. A implantação do projeto resultou na mitigação das enchentes e a utilização de espécies da flora nativa valoriza o paisagismo contribuindo para a proteção da biodiversidade.

Outro exemplo de melhoras práticas de manejo das águas é caso da Praça Doutor José Ória, no bairro da Vila Sônia região sudoeste da cidade de São Paulo, área que abriga as nascentes do Rio Pirajuçura. Os moradores do entorno da praça em conjunto com um grupo de especialista que atua coletiva e voluntariamente com os munícipes na recuperação de nascente com utilização de método reconhecido pela Embrapa, iniciaram em janeiro de 2015 um mutirão para abertura de pequenos lagos na praça revelando as suas nascentes. Nos lagos foram plantadas espécies de plantas macrófitas e peixes como o lebiste que é um predador de lavras do mosquito transmissor do vírus da dengue, *Aedes aegypti*. Nos lagos é possível encontrar plantas com potencial reconhecido cientificamente para fitorremediação de poluentes orgânicos e inorgânicos, como a alface d'água (*Pistia stratiotes*), pinheirinho d'água (*Myriophyllum aquaticum*), wedelia (*Wedelia paludosa*) e espécies do gênero *Cyperus* como o papiro-anão e o papiroão.

Foto 25- Praça Dr. José Ória, Vila Sônia, São Paulo. Placa informativa sobre uma área de brejo feita pelos alunos da escola em frente à praça. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017

Foto 26

Foto 27 Praça Dr. José Ória, Vila Sônia, São Paulo. Lago aberto pelos moradores das proximidades da praça onde estão nascentes do Rio Pirajuçara. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.

Dentro do contexto experimental, Moura (2013), comprovou o desempenho dos jardins de chuva como sistemas de biorretenção das cargas poluidoras acumuladas no primeiro fluxo de escoamento pela ação das plantas, além da redução do volume de escoamento superficial e vazão a partir de um modelo implantado em escala real na Cidade Universitária, Campus Armando Salles de Oliveira em São Paulo. Moura avaliou a eficiência de dois protótipos de jardins de chuva em escala 1:1, instalados nas imediações do Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH), na cidade Universitária. As espécies de plantas foram diferentes para cada protótipo, sendo um composto de uma única espécie, *Zoysia japonica* (grama esmeralda) em tapera, seguindo a conformação do substrato de plantio, com taludes laterais e depressões centrais. Já no segundo jardim foram plantas diversas espécies de

forração, arbustos e herbáceas: *Allamanda cathartica* (alemanda-amarela); *Alocasia* sp. (taioba); *Alternanthera brasiliana* (periquito-gigante); *Codiaeum variegatum* (cróton); *Cordyline terminalis* (dracena-vermelha); *Costus spiralis* (cana-de-macaco); *Ctenanthe setosa* (maranta-cinza); *Curculigo capitulata* (curculigo); *Dianella ensifolia* (dianela); *Dietes bicolor* (moréia); *Heliconia psittacorum* (pacavira); *Hemerocalis* sp (hemerocalis); *Mahonia aquifolium* (mahonia-ilex); *Monstera deliciosa* (costela-de-adão); *Neomarica caerulea* (falso-íris); *Sansevieria trefasciata laurentii* (espada-de-São-Jorge); *Schefflera arboricola* (chefflera-pequena); *Asparagus densiflorus* (aspargo ornamental); *Dichondra microcalyx* (dicondra); *Galinsoga parviflora* (picão-branco).

O tratamento da poluição difusa pelas plantas, nos dois protótipos avaliados, demonstrou bastante eficiência, com reduções médias das cargas poluidoras acumuladas de 89,94% para o jardim com a espécie de gramínea *Zoysia japonica* e 95,49% para o jardim com biodiversidade de espécies.

Foto 28 - Jardins de chuva no Campus da Cidade Universitária Campus Armando Salles de Oliveira em São Paulo. Fonte: Moura (2013).

No contexto da recuperação de rios e córregos urbanos, cabe destacar a iniciativa da Associação Águas Claras do Rio Pinheiros (ACCRP) que vem discutindo alternativas tecnológicas, de processos e de gestão que permitam a revitalização das águas do Rio Pinheiros. A associação vem realizando

diversas atividades de pesquisa, workshops, palestras e divulgação de tecnologias ecológicas de alagados construídos para a recuperação de rios e córregos urbanos, em especial o rio Pinheiros. A associação promoveu a avaliação de alternativas, por diferentes métodos e empresas, para a despoluição das águas do Pinheiros, atividade que contou com a supervisão da Secretaria do Estado do Meio Ambiente (SEMA) e que comprovou que além dos esforços necessários para contemplação das redes de coleta e tratamento de esgoto, serão precisas soluções inovadoras para lidar com a poluição difusa trazida pelo escoamento pluvial na área da bacia (ACCRP, 2017).

Outro desafio apontado pela associação na recuperação dos rios paulistanos é a necessidade de amadurecimento dos modelos institucionais, financeiros e judiciais existente. Atualmente a Associação Águas Claras do Rio Pinheiros coordena o Projeto Jaguaré, um dos principais afluentes do Pinheiros, que visa a criação de um projeto modelo para a recuperação da bacia do Jaguaré a partir da utilização de medidas estruturais e não estruturais que permitam o reestabelecimento das funções ambientais das águas desta bacia, entregando ao rio, água de boa qualidade. O projeto acontece em parceria com a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) a Sabesp e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e teve a sua proposta aprovada pelo Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) (op. cit.).

Uma contribuição muito importante do Projeto Jaguaré são os estudos sobre as cargas difusas urbanas na área da bacia nas diferentes tipologias de uso e ocupação do solo, já que estes são dados ainda escassos. O projeto realizará ao todo 315 amostras para análise laboratorial que avaliaram as cargas no tempo seco e após as chuvas, assim como, a carga difusa antes de ser recebida pelo córrego (op. cit.). Dados importantes para a determinação das medidas de projeto.

Ademais, as experiências internacionais mostram que é fundamental a criação de projetos-modelos que incorporam as melhores práticas de manejo das águas para que estas possam ser avaliadas nas circunstâncias presentes. E assim, serem aperfeiçoadas e reguladas através do amadurecimento do aparato técnico e legal.

5. Indicação de plantas para projetos de Infraestrutura Verde em São Paulo

Foto 29 - *Pistia stratiotes* L. Crédito: *Silvia Gonsales* (2017).

Os capítulos anteriores demonstraram como a rede de Infraestrutura Verde oferece diferentes oportunidades para o uso da vegetação na cidade nas diversas escalas de projeto. As plantas podem ser usadas para a remediação, mitigação e contenção dos contaminantes no ambiente urbano, seja a poluição das águas pluviais e superficiais, dos solos ou do ar. Além disso, as plantas podem ser usadas no tratamento de efluentes a partir da tecnologia de fitorremediação, na criação de áreas de recreação e lazer, na arborização das ruas, no controle de erosões, na criação de áreas permeáveis, regulação do clima, recuperação de áreas degradadas, para a proteção da biodiversidade, entre outros usos. As plantas são, portanto, as protagonistas da rede de IV, as responsáveis pelo fornecimento dos serviços ecossistêmicos.

No entanto, na prática, ainda restam dúvidas no que diz respeito às espécies de plantas com potencial de serem utilizadas em jardins de chuva, biovaletas, alagados construídos e assim por diante. A utilização destes dispositivos em projetos de âmbito nacional ainda é pequena e são poucas as orientações técnicas disponíveis. Na cidade de São Paulo, apesar do Manual de Manejo de Águas Pluviais do Município citar a utilização de MPM, não há nenhuma orientação técnica a respeito de seu projeto e implantação. Já cidades como Berlim e Portland, por exemplo, possuem manuais para utilização destas práticas incluindo informações a respeito das espécies de plantas mais adequadas.

Neste contexto, a presente pesquisa teve como premissa o objetivo de confeccionar um inventário prático de espécies de plantas fitorremediadoras para uso em projetos de IV visando ao tratamento das águas urbanas de São Paulo. No entanto, o amadurecimento do conhecimento acerca dos dois campos de estudo, Infraestrutura Verde e fitorremediação, demonstraram que tal objetivo não podia ser atingindo sem a realização de estudo de caso e desenvolvimento de um projeto de IV para um sítio específico localizado no município. Assim como ficou evidente que para o tratamento das águas urbanas, a vegetação pode incorporar soluções que extrapolam o campo da fitorremediação.

Portanto, com o propósito de iniciar os estudos para a confecção de um inventário prático de espécies de plantas para uso em tipologias de IV aplicadas na cidade de São Paulo, a presente

pesquisa utilizou o estudo de caso desenvolvido no córrego Água Podre e sua bacia hidrográfica urbana, realizado em equipe⁹ durante o curso na disciplina Estúdio de Infraestrutura Verde (AUP 5859) do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), do Prof. Dr. Paulo Renato Mesquita Pellegrino, durante o primeiro semestre do ano de 2015.

O córrego Água Podre está localizado na zona oeste do município de São Paulo e é um dos afluentes do córrego Jaguaré, que é uma das principais sub bacias do rio Pinheiros, um dos rios mais importantes de São Paulo. A bacia do Água Podre por sua vez, apresenta um cenário bastante característico dos bairros da periferia do município, com áreas densamente urbanizadas, com ocupações irregulares e infraestrutura escassa, ao mesmo tempo em que dispõe de áreas verdes protegidas e trechos do córrego ainda a céu aberto.

O objetivo da atividade em equipe foi o desenvolvimento de um projeto de IV para a área de estudo escolhida pela equipe, a bacia do córrego Água Podre. Para o estudo de caso a equipe utilizou principalmente imagens de satélites disponíveis no aplicativo *GoogleEarth*, o Mapa Digital da Cidade, pesquisas bibliográficas e contou com uma visita de campo e uma visita à Secretaria do Verde do Meio Ambiente da Prefeitura do Município de São Paulo.

O projeto foi denominado *Análises e propostas para o retrofit* do canal do córrego *Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana* e teve três eixos principais (CASTÄNER et al., 2015):

- a) Mobilidade: criação de caminhos para pedestres e ciclistas;

⁹ A equipe foi composta por Carme Machi Castäner, arquiteta doutoranda do Programa de Pós-Graduação da FAUUSP e Marcelo Kussonoki, Arquiteto, ambos alunos da disciplina AUP 5859 – Estúdio de Infraestrutura Verde, do Prof. Dr. Paulo Renato Mesquita Pellegrino, do Programa de Pós-Graduação da FAUUSP, 2015.

- b)** Sistema de áreas verdes: criação de um sistema de espaços vegetados e espaços de recreação e lazer;
- c)** Sistema de drenagem natural e tratamento das águas: proposta de uma rede de dispositivos de IV para o manejo *in situ* das águas das chuvas em toda a sub bacia do Água Podre e diretamente no córrego para o tratamento *in situ* das águas por fitorremediação.

Para facilitar as análises a equipe de trabalho dividiu a área da sub bacia hidrográfica do córrego Água Podre em quatro trechos conforme o mapa ilustrativo a seguir (Mapa 4), e para cada trecho determinado foram diagnosticados problemas e elencados os objetivos e as medidas de projeto. Os quadros 3, 4, 5 e 6 a seguir do mapa, sintetizam as análises feitas pela equipe, os objetivos e medidas de projeto determinadas e o Mapa 5 apresenta a proposta de projeto para o trecho 2.

Mapa de Localização da Bacia do Córrego Água Podre

Divisão dos Trechos para Estudo de Caso

Mapa 4 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Água Podre, e indicação da divisão dos trechos para estudo de caso. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017 . Crédito: Oscar Bueno, 2017.

Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana - **Trecho 0**

Problemas	Objetivos	Medidas de infraestrutura verde
Baixa diversidade de espécies nativas, acúmulo de resíduos sólidos. Além disso a área encontra-se isolada da paisagem e da população por um muro alto de concreto	Recuperação ambiental da APP das nascentes. Preservação da qualidade ambiental da APP	Para a recuperação da APP das nascentes realizar a recomposição da mata ciliar e retirada dos resíduos sólidos. Promover atividades e informativos de educação ambiental com a comunidade local sobre a importância de preservação da APP das nascentes

Quadro 3 - Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana - Trecho 0

Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana: sistema de áreas verdes e sistema de drenagem natural e tratamento das águas pluviais na bacia e superficiais do córrego – **Trecho 1**

Problemas	Objetivos	Medidas de infraestrutura verde
Toda APP deste trecho do córrego está degradada e praticamente com quase a toda a sua superfície impermeabilizada. O córrego corre à céu aberto e a água apresenta-se turva e com odor característico do esgoto doméstico. A rede de drenagem não inclui tratamento das águas que são coletadas por valetas e bocas de lobo conectadas ao córrego. Há depósito de resíduos no leito e margens e sinais de assoreamento e erosão. Na APP há poucos exemplares arbóreos e arbustivos, sendo a maioria de espécies exóticas.	Manejo das águas pluviais na fonte para o tratamento da velocidade, quantidade e qualidade do escoamento. Detenção e tratamento <i>in situ</i> do escoamento e das águas superficiais.	Instalação de jardins de chuva nas ruas perimetrais do córrego e pavimento drenante onde desembocam as ruas com escoamento atuante e ao longo das ruas perimetrais onde houver estacionamentos. Aplicação de alagados flutuantes no córrego e um alagado vertical na parede do canal do Água Podre. Para a área de APP do córrego (margens), utilização de amortecedores ripários. Criação de áreas de lazer e contato com a natureza.

Quadro 4 - Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana - Trecho 1.

Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana: sistema de áreas verdes e sistema de drenagem natural e

tratamento das águas pluviais na bacia e superficiais do córrego – Trecho 2

Problemas	Objetivos	Medidas de infraestrutura verde
<p>APP possui boa parte de sua área ainda sem ocupação, no entanto, observa-se degradação. Neste trecho as margens possuem tratamento com muro gabião e do lado direito a bacia tem topografia bastante acidentada, demonstrando que neste trecho o escoamento é mais veloz. A rede de drenagem é igual ao trecho anterior assim como o aspecto da água. Há presença de vegetação de áreas alagadas no leito do córrego, onde observa-se grande quantidade de sedimentos acumulados na calha concretada. A vegetação da APP é em sua maioria composta por espécies exóticas.</p>	<p>Manejo das águas pluviais na fonte para o tratamento da velocidade, quantidade e qualidade do escoamento. Detenção e tratamento <i>in situ</i> do escoamento e das águas superficiais. Recuperação da APP. E criação de áreas de esporte e lazer, áreas de contemplação e a aproximação da população com a natureza.</p>	<p>Jardins de chuva e biovaletas nas ruas marginais do córrego para o manejo do escoamento das áreas a montante e pavimento drenante onde desembocam as ruas com escoamento atuante e ao longo das ruas perimetrais onde houver estacionamentos. Alagados flutuantes junto à passarela projetada para o córrego e criação de dois alagados construídos de fluxo superficial no trecho do córrego que se propõe um alargamento. Arborização viária nas ruas perpendiculares ao córrego onde a inclinação é mais acentuada. Para a área de APP do córrego (margens), utilização de amortecedores ripários, aplicação de medidas de engenharia ambiental para estabilização das margens, instalação de caminhos de saibro para pedestres acompanhando às cotas de nível ao longo das margens conectados à espaços criados com decks instalados a nível da rua e passarelas sobre o córrego. Instalação de ciclovia ao longo da rua perimetral ao córrego.</p>

Quadro 5 - Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana - Trecho 2.

Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana – **Trecho 3**

Problemas

Trecho de APP com intensa degradação ambiental e ocupado por moradias irregulares sem infraestrutura de coleta e tratamento de esgoto (os efluentes são descartados por tubos diretamente no córrego). A água apresenta péssima qualidade, com forte odor de esgoto, cor escura e com espumas. As margens do canal são concretadas e a vegetação é quase inexistente. Há acúmulo de resíduos e sedimentos no leito do canal.

Objetivos

Manejo das águas pluviais na fonte para o tratamento da velocidade, quantidade e qualidade do escoamento. Tratamento *in situ* das águas do córrego. Recuperação da APP e Criação de áreas de lazer e contato com a natureza.

Medidas de infraestrutura verde

Instalação de Jardins de chuva e biovaletas nas ruas perimetrais do córrego para o manejo do escoamento das áreas a montante e pavimento drenante onde desembocam as ruas com escoamento atuante e ao longo das ruas perimetrais onde houver estacionamentos. Instalação de um alagado construído vertical nas paredes do canal para tratamento *in situ* da poluição das águas por fitorremediação. Nas áreas de APP do córrego, implantar amortecedores ripários.

Quadro 6 - Objetivos de projeto e medidas de infraestrutura verde propostas para retrofit do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana - Trecho 3.

Mapa 5- Mapa ilustrativo das medidas propostas para o trecho 2 do canal do córrego Água Podre, São Paulo. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017, crédito Oscar Bueno, 2017.

Cabe destacar que o presente estudo se concentra na identificação de critérios para a seleção da vegetação para as medidas propostas no projeto desenvolvido pela equipe e não contempla o trabalho na integra. Este estudo sobre a vegetação, por sua vez, continuou sendo aprimorado após a conclusão da disciplina e se tornou parte desta dissertação com o presente capítulo.

Assim, o objetivo específico deste estudo foi a identificação de critérios para a seleção de espécies de plantas, contemplando as seguintes propostas de medidas e tipologias paisagísticas para *retrofit* do canal do córrego Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana:

- a) Jardim de chuva;
- b) Biovaleta;
- c) Alagado construídos: alagado de fluxo superficial, alagado flutuante e vertical;
- d) Amortecedor ripário;
- e) Recomposição da mata ciliar nativa (recuperação a APP das nascentes).

Para a identificação dos critérios a metodologia de trabalho desenvolvida teve parte de sua fundamentação teórica no conceito de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). O AIA é um conceito que pode ser sinteticamente definido como *“processo de identificar as consequências futuras de uma ação presente ou proposta”* (IAIA, 1999 apud SANCHÉZ, 2006, p. 39). Portanto, partiu-se da premissa de que o objetivo da IV é fornecer serviços ecossistêmicos às cidades através da criação de uma rede de paisagens vegetadas multifuncionais que realizam o manejo das águas pluviais. E considerando a definição de Sánchez (1998a apud SÁNCHEZ 2006, p. 32) para o termo impacto ambiental: *“alteração da qualidade ambiental que resulta de processos naturais ou sociais provocada por ação humana”*. Pode-se concluir que as medidas de IV geram impactos ambientais benéficos, ou seja, são ações humanas (processo sociais) que alteram a qualidade ambiental positivamente de uma dada área a partir dos processos naturais.

O estudo de caso do córrego Água Podre demonstrou que para a seleção de espécies de plantas para uso nas medidas de IV propostas, seriam necessários estudos ambientais da área e conhecimento das causas que geram os efeitos que o projeto pretende produzir. Mais especificamente, estudos que busquem o entendimento acerca das condições ambientais em que a vegetação será inserida e como ela irá atuar nos diferentes dispositivos da IV neste dado local para gerar os efeitos esperados. A respeito disso, Bonzi (2015 p. 74) aponta que:

“Ainda que seja crescente a percepção de que os projetos de paisagem e de urbanismo devem estar atentos aos processos naturais e aos problemas ambientais urbanos, observa-se que, na prática, muitas das intervenções tidas como ‘ecológicas’ carecem de embasamento teórico e, principalmente, de conhecimento e experiência técnica, desde o método de projeto até a sua implantação”.

Nesse sentido, os estudos de impacto ambiental que compreendem a AIA apresentam respostas importantes para identificação de critérios de seleção da vegetação, tratam-se de estudos que avaliam a paisagem no presente momento e os impactos que serão produzidos a partir das transformações futuras de forma holística considerando também as condições passadas e o ambiente como um todo, o ambiente natural, construído e social (SÁNCHEZ, 2006).

Nesta pesquisa os estudos ambientais determinaram a primeira fase da metodologia, que foi denominada como: *Estudo de aplicação da vegetação em infraestrutura verde*.

A segunda etapa da metodologia compreendeu a organização e convergência a partir dos dados obtidos no estudo de aplicação da vegetação em IV e nas pesquisas bibliográficas acerca das tipologias de IV e da fitorremediação e a determinação de critérios para a seleção de espécies de plantas para os dispositivos de infraestrutura verde e foi denominada como: *Critérios de seleção da vegetação em dispositivos de infraestrutura verde*.

A partir da determinação dos critérios realizou-se uma pesquisa acerca das espécies de plantas identificadas na literatura e da viabilidade de utilização desta vegetação na área de estudo e nas respectivas tipologias paisagísticas de IV. Para esta etapa foram utilizadas as ferramentas disponíveis na internet, tipologias paisagísticas a partir da utilização dos critérios de seleção da vegetação em dispositivos de IV determinados.

Esta pesquisa utilizou principalmente a base de dados online, Flora do Brasil 2020 em Construção, do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, o livro “Plantas para jardim no Brasil. Herbáceas, arbustivas e trepadeiras”, de Harri Lorenzi (2013), a publicação “Revitalização de rios. Orientação técnica” (SEMADS, 2001) e outras base de dados online, como a Árvores do Brasil e Compêndio Online Gerson Luiz Lopes. E também se realizou uma pesquisa em torno da disponibilidade das espécies plantas no mercado e viveiros da região que contou com uma visita ao Viveiro Manequinho Lopes, Secretaria do Verde e do Meio Ambiente do Município de São Paulo.

5.1. Metodologia

5.1.1. Estudo de aplicação da vegetação em Infraestrutura Verde

O estudo de aplicação da vegetação em IV consiste na realização de um diagnóstico da área de interesse de projeto onde será inserida a vegetação. O diagnóstico ambiental por sua vez, é a descrição das condições do ambiente no presente momento incluindo preocupações com condições passadas. No conceito de AIA, o diagnóstico ambiental é utilizado para a projeção do cenário ambiental futuro em dois

casos, com o projeto e sem ele (SANCHÉZ, 2006). De acordo com Sánchez (2006) o diagnóstico ambiental é determinado pelos objetivos e escopo dos estudos. Nesta pesquisa o objetivo principal é a seleção da vegetação para as medidas propostas para *retrofit* do canal do Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana.

Nesta pesquisa, o diagnóstico ambiental foi feito através de estudos considerados na literatura especializada como exames ambientais iniciais, que são “*avaliações ambientais de baixo custo que usam informações já disponíveis*” (UNEP, 1996 p. 237 apud SANCHÉZ, 2006). O exame ambiental inicial pode incluir reconhecimento de campo, principalmente nos casos em que as informações disponíveis são de âmbito regional (SANCHÉZ, 2006). A partir das informações coletadas no diagnóstico ambiental, foram elencadas considerações gerais para a indicação da vegetação conforme as características da área estudo.

Figura 23 - Etapas do Estudo de Aplicação da Vegetação em Infraestrutura Verde. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

Descrição das etapas do estudo de aplicação da vegetação em IV

Diagnóstico Ambiental: O diagnóstico ambiental tem o objetivo de levantar informações sobre o ambiente no presente a partir de um exame ambiental inicial.

Exame Ambiental Inicial: Utiliza informações disponíveis sobre a área de estudo. Considera as condições passadas para avaliação das condições ambientais atuais. Pode incluir estudo de campo para descrição das condições presentes. O exame ambiental inicial inclui informações básicas como: **(a)** localização da área; **(b)** tamanho; **(c)** tipo de vegetação existente; **(d)** topografia; **(e)** hidrografia **(f)** investigação acerca das condições ambientais atuais: qualidade das águas (pluviais, superficiais, subterrâneas), dos solos, do ar, existência de áreas ambientalmente sensíveis ou protegidas (ecossistemas sensíveis como áreas úmidas e nascentes), existência de fontes poluidoras (se sim, qualidade da poluição); **(g)** investigação acerca das condições ambientais passadas: existência de passivo ambiental, flora e fauna originária, ocorrência de desastres naturais, histórico das modificações na paisagem.

Cenário Atual: A descrição do cenário atual é obtida através do diagnóstico ambiental e permite caracterizar o tipo de ambiente da área de estudo.

Considerações gerais sobre a vegetação: Aspectos que a vegetação deve incluir para gerar os efeitos/impactos ambientais pretendidos no projeto (em cada um de seus elementos e dispositivos).

5.1.2. Critérios de seleção da vegetação para dispositivos de Infraestrutura Verde

Os critérios de seleção da vegetação para dispositivos de IV foram divididos em duas categorias:

- a)** Critérios gerais: aspectos gerais da vegetação para a área do projeto, obtidos através do estudo de aplicação da vegetação em IV;
- b)** Critérios específicos: correspondem aos critérios específicos da vegetação para uso em cada uma das tipologia paisagística e medidas propostas no projeto de IV, por exemplo, aspectos específicos para uso da vegetação em biovaletas, jardins de chuva, etc.

5.2. Estudo de aplicação da vegetação em Infraestrutura Verde no córrego Água Podre e sua bacia hidrográfica

O Córrego Água Podre, também conhecido como Riacho Água Podre, está localizado na cidade de São Paulo, zona oeste do município de São Paulo, no Bairro do Rio Pequeno. O riacho Água Podre pertence a bacia hidrográfica do córrego Jaguaré, e o Jaguaré por sua vez é um dos principais afluentes do Rio Pinheiros um dos mais importantes rios da cidade de São Paulo e que há décadas vem enfrentando severos problemas de poluição, enchentes e degradação ambiental. A bacia do córrego Jaguaré representa 10% do território da bacia do Pinheiros e é formada por 16 córregos, incluindo o Água Podre. Assim como o Água Podre, a maioria dos córregos da bacia do Jaguaré ainda dispõem de trechos à céu aberto, o que representa grandes oportunidades para a proposição de intervenções na paisagem. Além disso, a região dispõe de áreas protegidas de nascentes com alguma vegetação, áreas de intensa ocupação urbana e com

infraestrutura consolidada e áreas com infraestrutura precária, ocupações irregulares e ainda desprovidas de saneamento básico (ACCRP, 2017).

Exame Ambiental Inicial da bacia do córrego Água Podre

Localização da área

A bacia do córrego Água Podre está localizada na parte mediana da bacia do córrego Jaguaré no Rio Pequeno, zona oeste da cidade de São Paulo. O Bairro do Rio Pequeno é uma área ocupada por dezoito favelas formadas por ocupações irregulares cortadas por córregos que funcionam como esgotos a céu aberto. Esta forma de ocupação das bacias urbanas acarreta problemas comuns aos moradores da região como a veiculação de doenças associadas a falta de infraestrutura básica de gestão de resíduos e tratamento do esgoto e riscos de desastres associados eventos de enchentes e enxurradas (PMSP, 2012). Conforme medições feitas no aplicativo GoogleEarth (2016) o Água Podre tem aproximadamente 1,8 Km de extensão e aproximadamente 2 Km se incluir a área da APP das nascentes¹⁰ que tem área de

¹⁰ Conforme encontra-se na Lei Federal 12.651 (2012, Cap. II, Art.4º Inciso IV) considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas: *“as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros”, e “as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura”* (Lei Federal 12.651 (2012, Cap. II, Art.4º, Inciso I). De acordo com medições feitas no aplicativo GoogleEarth e observações realizadas na vistoria de campo, o córrego Água Podre tem largura variando aproximadamente entre dois e oito metros.

aproximadamente 28.000 m². O córrego atravessa pelos pequenos bairros que formam o Rio Pequeno (Cidade dos Bandeirantes, Jardim Pinheiros, Vila São Domingos, Vila Tiradentes, Vila Alba, Jardim Santos Dumont e Jardim Maria Luiza) correndo à céu aberto em quase toda sua extensão que vai da Rodovia Raposo Tavares (onde estão suas nascentes), até a Av. Politécnica, onde deságua no Córrego Jaguaré.

Tipo de vegetação – originária

Bioma Mata Atlântica, Floresta Ombrófila Densa (Fundação SOS Mata Atlântica, 2014).

Tipo de vegetação existente

Devido falta de dados sobre a vegetação existente foi realizada um estudo de campo em 15 de março de 2015, que contou com a participação do arquiteto Marcelo Kussonoki. No estudo de campo foi feito o levantamento da vegetação existente nas margens do córrego e nas duas vias que o margeiam. Das 25 espécies identificadas apenas 6 são nativas.

Na visita de campo não foi possível visitar a área das nascentes pois ela se encontra cercada por um muro, no entanto foi possível realizar uma observação por cima do muro onde notou-se sinais de degradação como existência de acúmulo de resíduos. No entanto a água que vertia através de uma abertura no muro apresentava características de boa qualidade, incolor e inodora e foram vistos girinos.

Tabela 1 - Lista de espécies de árvores e arbustos identificadas nas margens e vias ao longo do córrego Água Podre, São Paulo.

Lista de espécies de árvores e arbustos, identificadas nas margens e vias ao longo do córrego Água Podre, São Paulo.			
Família	Nome científico	Nome popular	Origem
Agavaceae	Yucca elephantipes	Luca	Exótica
Anacardiaceae	Mangifera indica	Mangueira	Exótica
Araliaceae	Schefflera actinophylla	Cheflera	Exótica
Arecaceae	Archontophoenix cunninghamii	Palmeira-seafórtia	Exótica
Arecaceae	Syagrus romanzoffiana	Jerivá	Nativa
Bignoniaceae	Handroanthus heptaphyllus	Ipê-rosa	Nativa
Bignoniaceae	Tecoma stans	Ipezinho-de-jardim	Exótica
Caricaceae	Carica papaya	Mamoeiro	Exótica
Fabaceae	Caesalpinia pluviosa	Sibipiruna	Nativa
Fabaceae	Delonix regia	Flamboyant	Exótica
Fabaceae	Erythrina speciosa	Eritrina candelabro	Nativa
Fabaceae	Leucaena leucocephala	Leucena	Exótica
Fabaceae	Tipuana tipu	Tipuana	Exótica
Leguminosae	Bauhinia blakeana	Pata-de-elefante	Exótica
Magnoliaceae	Michelia champaca L.	Magnólia amarela	Exótica
Meliaceae	Melia azedarach	Santa Bárbara	Exótica
Moraceae	Ficus benjamina	Ficus	Exótica
Moraceae	Ficus elastica	Falsa-seringueira	Exótica
Moraceae	Morus sp	Amoreira	Exótica
Myrtaceae	Eucalyptus sp	Eucalipto	Exótica
Myrtaceae	Eugenia uniflora	Pitangueira	Nativa
Myrtaceae	Psidium guajava	Goiabeira	Nativa
Oleaceae	Ligustrum lucidum	Ligustro	Exótica
Rosaceae	Eriobotrya japonica	Ameixa-amarela	Exótica
Rubiaceae	Coffea arabica	Café	Exótica

Posterior a esse estudo de campo, foi publicado o Mapeamento dos Remanescentes do Bioma Mata Atlântica no Município de São Paulo – PMMA SÃO PAULO (2016) e de acordo com o mapeamento a APP é uma área de remanescente da do Bioma Mata Atlântica, incluída na categoria de vegetação (SVMA, 2016):

Mata Ombrófila Densa (MOD): Inclui “Floresta ombrófila densa primária”, “Floresta ombrófila densa secundária em estágio avançado”, “Floresta ombrófila densa secundária em estágio média”, “Floresta ombrófila densa secundária em estágio inicial” e “Floresta ombrófila densa alto-montana (mata nebulosa)”. Predomínio de espécies arbóreas nativas, com mais de uma espécie, cujas copas se encontram. Sub-bosque com árvores, arvoretas, arbustos, ervas, bambu, epífitas e trepadeiras. Antropização em graus variáveis, com presença esporádica de espécies exóticas.

Condições ambientais atuais - qualidade das águas pluviais, superficiais e subterrâneas

Para investigação da qualidade das águas consultou-se a literatura específica “Relatório do Índice de Qualidade da Água dos Rios do Bioma Mata Atlântica dos anos de 2010 e 2014 da Fundação SOS Mata Atlântica (2014). O IQA inclui 16 parâmetros dividido em três categorias:

Observação - Resíduos sólidos, odor, espuma, material sedimentado; 2. Bioindicadores: Peixes, larvas brancas, larvas vermelhas, toxicidade da água; 3. Físicos químicos e biológicos: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), pH (Potencial Hidrogeniônico); PO₄ (Fosfato); Coliformes; NH₄⁺ (Nitrito); temperatura e Turbidez. Segundo o relatório o IQA do córrego Água Podre é classificado como péssimo.

Fontes de poluição

Foram identificadas como potenciais fontes poluidoras do córrego água podre: o escoamento das águas pluviais que carece de tratamento antes de atingir o córrego e o lançamento de esgoto doméstico de algumas moradias ainda irregulares que ocupam um trecho da margem do córrego.

Condições ambientais atuais - dos solos

Foi observada a condição do solo e das margens ao longo de todo o segmento do córrego durante a visita de campo. Foram observados existência de sinais de erosão, presença de pavimentação, condição das margens e presença de resíduos sólidos. Não foi possível uma análise das qualidades químicas do solo, no entanto foi realizada uma pesquisa acerca da existência de áreas contaminadas na bacia do Água Podre através do site da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, no entanto, não foram encontradas (CETESB, 2015).

Condições ambientais atuais - existência de áreas ambientalmente sensíveis ou protegidas

O estudo considerou a Área de Preservação Permanente (APP) das nascentes uma área ambientalmente sensível;

Condições ambientais atuais – clima

O clima é tropical de altitude, caracterizado por chuvas de verão e temperatura média anual entre 19º C e 27º C;

Investigação acerca das condições ambientais passadas – modificações na paisagem natural do córrego

O córrego foi canalizado em quase toda a sua extensão pavimentado o fundo e as margens. Não foram encontrados registros e relatos de enchentes na área.

Cenário Atual

O ambiente pode ser caracterizado como área urbanizada - ambiente de uso antrópico intenso, “*ambientes onde os impactos mais importantes são referentes ao meio antrópico*” (MMA/IBAMA, 2001 apud SÁNCHEZ, 2006 p. 118). No entanto inclui áreas sensíveis ambientalmente, a área das nascentes e o próprio córrego, caracterizado por ser um ambiente aquático, “*ambientes sensíveis a impactos*” (MMA/IBAMA, 2001 apud SÁNCHEZ, 2006 p. 118). A área está inserida no Bioma Mata Atlântica, Floresta Ombrófila Densa (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2014), clima tropical de altitude, caracterizado por chuvas de verão e temperatura média anual entre 19º C e 27º C.

A qualidade da água do córrego apresenta IQA péssimo, e está sendo comprometida pelo lançamento de esgoto doméstico no trecho mediano da bacia e pela poluição difusa do escoamento das águas pluviais que atinge o córrego sem tratamento dos poluentes. A rede de drenagem existente coleta as águas do escoamento das ruas e lança diretamente no córrego através de dutos concretados, intensificando a carga de poluição no córrego e os riscos de enchentes. O córrego foi descaracterizado e os trechos onde há vegetação nas margens, abriga em sua maioria espécies exóticas. A APP das nascentes apesar de abrigar um remanescente do Bioma Mata Atlântica apresenta sinais de degradação observados em campo e está isolada do córrego, da população e da paisagem.

Considerações gerais sobre a vegetação

A partir do diagnóstico ambiental observou-se que além das condições naturais da área como clima, domínio fitogeográfico e tipo de ambiente, e as fontes poluidoras são os fatores determinantes para a indicação da vegetação a ser usada nas medidas propostas para manejo das águas pluviais – biovaletas, jardins de chuva e amortecedores ripários – e para o tratamento *in situ* das águas do córrego – os alagados construídos. Considera-se, portanto, de interesse as espécies que atendam os critérios específicos de cada tipologia paisagística e os critérios gerais que correspondem as particularidades da área de projeto, ou seja, capacidade de sobreviver às condições ambientais locais e climáticas, de preferência a vegetação pertencente ao Bioma Mata Atlântica, Floresta Ombrófila Densa, conforme as características do sítio natural. Também são de interesse as espécies com potencial para fitorremediação dos poluentes das águas pluviais e do córrego.

Para a recuperação da APP das nascentes, conclui-se neste estudo que a vegetação indicada é a vegetação nativa da mata ciliar, de preferência a vegetação pertencente ao Bioma Mata Atlântica, Floresta Ombrófila Densa. De acordo com a literatura investigada *“não existe composição ideal, e sim aquela mais adequada para cada situação específica. Assim, é importante conhecer as espécies para entender sua contribuição hidrogeológica e delas fazer-se melhor uso”* (SMA, 2009 p. 15).

5.3. Critérios de seleção da vegetação em dispositivos de Infraestrutura Verde na Sub bacia do córrego Água Podre, São Paulo

Critérios gerais

Tipo de ambiente: Área urbanizada – ambiente de uso antrópico intenso

Clima: Tropical de altitude, caracterizado por chuvas de verão e temperatura média anual entre 19°C e 27°C

Bioma: Mata Atlântica, Floresta Ombrófila Densa

Fonte de poluição: Escoamento das águas pluviais e esgoto. No entanto, apesar de identificadas as fontes de poluição, cabe destacar que não foram feitas análises para identificação dos contaminantes presentes tanto para as águas do escoamento pluvial, quanto para as águas do córrego.

Qualidade da poluição: O córrego Água Podre é classificado com Índice de Qualidade das Águas (IQA) péssimo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2014).

5.4. Critérios específicos para a recuperação de APP de nascente urbana e recomposição da mata ciliar

De acordo com Rodrigues e Shepherd (apud SMA, 2009 p. 15):

Diversos trabalhos apontam que o mosaico vegetacional é resultado da alteração diferenciada da umidade ou encharcamento do solo na seletividade das espécies na faixa ciliar e que tais encharcamentos ocorrem tanto em função do extravasamento do leito do rio, como do afloramento permanente do lençol freático, caso das nascentes.

Então, para recuperação da cobertura vegetal das APPs de nascentes é preciso identificar o tipo de afloramento de água pois certos fatores precisam ser considerados na seleção das espécies: *“encharcamento do solo ou a submersão temporária do sistema radicular das plantas, a profundidade do perfil e a fertilidade do solo”* (RODRIGUES; SHEPHERD apud SMA, 2009 p. 15). Deve se considerar também as taxas e evapotranspiração das espécies evitando, assim, o ressecamento dos afloramentos d’água (SMA, 2009).

Para a recomposição da mata ciliar alguns critérios são importantes, recomenda-se o uso das espécies nativa, normalmente espécies adaptadas a excesso periódico de água. Além disso, é recomendado uma composição mista com espécies agressivas e colonizadoras de solos sem coberturas, espécies consideradas pioneiras e espécies de plantas de áreas sombreadas, espécies consideradas secundárias ou clímax, para proporcionar a dinâmica de desenvolvimento natural.

Como no estudo de caso do córrego Água Podre não foram feitas análises específicas quanto às condições do solo da APP das nascentes nem quanto ao tipo de afloramento d’água os critérios para esta medida de projeto se basearam em considerações gerais. No entanto, de acordo com a literatura especializada a cobertura vegetal que mais exerce efeito sobre as nascentes é a cobertura florestal. Os critérios

determinados para a seleção da vegetação para recuperação a APP das nascentes do córrego Água Podre, São Paulo, foram: espécies nativas, pioneiras e secundárias, do Bioma Mata Atlântica, floresta Ombrófila Densa, recomendadas para recomposição da mata ciliar e com ocorrência confirmada no estado de São Paulo.

5.5. Critérios específicos de seleção de espécies para biovaletas

Foram identificados como critérios específicos para a seleção de espécies de plantas para uso nas tipologias de biovaletas:

- a)** Capacidade de suportar o volume de água esperado para o sistema;
- b)** Exigência de pouca manutenção;
- c)** Capacidade de suportar períodos de seca
- d)** Plantas facultativas, suculentas, herbáceas e gramíneas;
- e)** Espécies com altas taxas de evapotranspiração podem ser consideradas para retirada de maiores volumes de água do sistema num curto espaço de tempo;
- f)** Espécies com raízes profundas e espessas com alta produção de biomassa na remoção de orgânicos;
- g)** Espécies com capacidade para os mecanismos de fitorremediação: rizofiltração, rizodegradação, fitodegradação, fitoestabilização e fitoextração.

5.6. Critérios específicos de seleção de espécies para jardins de chuva

Para uso da vegetação em jardins de chuva são considerados os seguintes critérios:

- a)** Capacidade de suportar o volume de água esperado para o sistema;
- b)** Exigência de pouca manutenção;
- c)** Capacidade de suportar períodos de extrema umidade e seca;
- d)** Plantas suculentas, herbáceas gramíneas e plantas facultativas (UACDC, 2010);
- e)** As plantas nativas são recomendadas com base em suas sinergias intrínsecas com o clima local, solo e condições de umidade sem o uso de fertilizantes e produtos químicos (op. cit.);
- f)** Espécies com altas taxas de evapotranspiração podem ser consideradas para retirada de maiores volumes de água do sistema num curto espaço de tempo;
- g)** Considerações a respeito da exposição do jardim de chuva ao sol pode maximizar a secagem do sistema (op. cit.);
- h)** Espécies com capacidade de desempenhar os mecanismos de fitorremediação: rizofiltração, rizodegradação, fitodegradação, fitoestabilização e fitoextração.

5.7. Critérios específicos de seleção de espécies para alagados construídos de fluxos superficial e vertical e flutuante

Os estudos realizados sobre as diferentes tecnologias de alagados construídos demonstram que os critérios para seleção da vegetação diferem em poucos aspectos entre as tecnologias e, portanto, foram agrupados em uma única categoria nesta pesquisa, sendo eles:

- a)** Espécies adaptadas as condições locais;
- b)** Exigência de pouca manutenção;
- c)** Espécies com capacidade de sobreviver as cargas de poluição do sistema;
- d)** Macrófitas nativas;
- e)** Espécies com potencial para o mecanismo de rizofiltração, fitodegradação e rizodegradação;
- f)** Para os alagados flutuantes o uso de plantas terrestres com sistemas densos de raízes ou rizomatosas cultivadas por hidroponia é indicado;
- g)** As plantas macrófitas mais utilizadas são as espécies emergentes e flutuantes;
- h)** Alguns critérios são importantes para otimizar a remoção de poluentes nutrientes (N, P) pelas macrófitas: fácil propagação e rápido crescimento, alta capacidade de absorção dos poluentes, tolerância a ambientes eutrofizados, fácil colheita e manejo de valor econômica.
- i)** Nos sistemas de fluxo superficial as macrófitas flutuantes são mais fáceis de serem removidas permitindo um manejo constante da biomassa conforme o crescimento da planta e assim maior remoção de nutrientes;
- j)** Macrófitas emergentes, podem permanecer por ciclos longos nos alagados, sem necessidade de poda ou manutenção da zona de raízes;

Pode ser feito o uso de plantas terrestres cultivadas em sistemas hidropônicos.

5.8. Critérios específicos de seleção de espécies para amortecedores ripários

Para os amortecedores ripários, foram elencados os seguintes critérios:

- a)** Vegetação ripária nativa (ou mata ciliar) do local (ou vegetação da mata ciliar);
- b)** Plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas;
- c)** Espécies adaptadas à solos permanentemente úmidos;
- d)** Espécies adaptadas à solos temporários, ou permanentemente úmidos sujeitos a inundações periódicas;
- e)** Espécies de boas condições hídricas, mas sem excesso de água

5.9. Resultados

A partir dos estudos realizados foram identificadas 74 espécies de plantas indicadas para uso nas tipologias paisagísticas e medidas de projeto propostas para o *retrofit* do canal Água Podre e sua sub bacia hidrográfica urbana. Do total, 60 espécies são nativas e 14 exóticas. Dentre as nativas 57 espécies pertencem ao domínio fitogeográfico do Bioma Mata Atlântica e 58 tem ocorrência confirmada no Estado de São Paulo.

Foram identificadas na literatura 13 espécies de plantas macrófitas nativas da flora brasileira com potencial para fitorremediação de poluentes orgânicos e inorgânicos, com ocorrência confirmada no Estado de São Paulo *Azolla* sp, *Azolla filiculoides*, *Ceratophyllum demersum*, *Eichhornia crassipes*, *Myriophyllum*

aquaticum, *Pistia stratiotes*, *Patamogeton* sp, *Typha* sp, *Typha latifolia*, *Typha domingensis*, *Typha angustifolia* e *Scirpus maritimus*. Deste total 10 pertencem ao domínio fitogeográfico Mata Atlântica. Neste estudo, concluiu-se que esta vegetação é adequada para uso nas tipologias de alagados construídos de fluxo superficial, vertical e alagados flutuantes.

Ao todo foram identificadas 25 espécies de plantas herbáceas, sendo 14 exóticas e 11 nativas, com potencial de mitigação da poluição difusa do escoamento pluvial sobre as áreas impermeabilizadas da bacia hidrográfica, indicadas para uso nas tipologias de jardins de chuva e biovaletas. Dentre as espécies de plantas exóticas cinco tem ocorrência confirmada no Estado de São Paulo *Galinsoga parviflora*, *Helianthus annuus*, *Vertivera zizanioides*, *Zea mays* e *Brassica juncea*, sendo todas pertencentes ao domínio fitogeográfico Mata Atlântica com exceção da espécie *Helianthus annuus*. E sete são consideradas plantas herbáceas rizomatosas *Alocasia* sp, *Asparagus densiflorus*, *Sansevieria trifasciata*, *Dichondra microcalyx*, *Curculigo capitulata*, *Dietes bicolor*, *Dianella ensifolia*. Que segundo Jacquet (In: SARAIVA, 2011),) são plantas com maior potencial de tratamento dos poluentes em sua zona de raízes, sem que ocorra transferência para os tecidos vegetais.

Dentre as herbáceas nativas indicadas, todas pertencem ao domínio fitogeográfico Mata Atlântica *Syngonium angustatum*, *Neomarica caerulea*, *Wedelia paludosa*, *Solidago* sp, *Costus spiralis*, *Heliconia psittacorum*, *Ctenanthe setosa*, *Alternanthera brasiliana*, *Festuca* sp, *Stenotaphrum secundatum* e *Axonopus compressus*. E a maioria destas têm ocorrência confirmada no Estado de São Paulo com exceção das espécies *Syngonium angustatum* e *Heliconia psittacorum*. Sendo sete herbáceas rizomatosas *Syngonium angustatum*, *Neomarica caerulea*, *Costus spiralis*, *Heliconia psittacorum*, *Ctenanthe setosa*, *Stenotaphrum secundatum* e *Axonopus compressus*.

Este estudo também identificou duas espécies nativas de arbustos com potencial de mitigação da poluição difusa do escoamento pluvial sobre as áreas impermeabilizadas da bacia hidrográfica pertencentes ao

domínio fitogeográfico do Bioma Mata e de ocorrência confirmada no Estado de São Paulo, *Allamnda athartica* e *Senna obtusifolia*. Indicadas para o uso em biovaletas e jardins de chuva.

Foram reconhecidas 22 espécies nativas pertencentes ao domínio fitogeográfico do Bioma Mata Atlântica, com ocorrência confirmada no Estado de São Paulo recomendadas para a recomposição da mata ciliar, indicadas para o reflorestamento da APP das nascentes no presente estudo (ver p.). Entre as espécies cinco transitam entre as formas de vida arbustiva arbórea, *Senna alata*, *Trichilia elegans*, *Eugenia hiemalis*, *Genipa americana*, *Siparuna guianensis*. E dezessete são consideradas espécies arbóreas *Myracrodunon urundeuva*, *Tapirira guianensis*, *Duguetia lanceolata*, *Handroanthus impetiginosus*, *Handroanthus ochraceus*, *Zeyheria tuberculosa*, *Cassia ferrugínea*, *Pterogyne nitens*, *Dahlstedtia muehlbergiana*, *Cryptocarya moschta*, *Nectandra megapotamica*, *Ocotea elegans*, *Ceiba speciosa*, *Ficus guaranítica*, *Campomanesia guazumifolia* e *Gallesia integrifolia*.

Foram identificadas 12 espécies arbóreas e arbustivas nativas, pertencentes ao domínio fitogeográfico Mata Atlântica, de ocorrência confirmada no Estado de São Paulo para o uso na tipologia amortecedor ripário. Estas espécies são espécies recomendadas para recomposição da mata ciliar e estão divididas em três grupos, conforme a literatura consultada (SEMADS, 2001 p. 66):

- a) Espécies de solos permanentemente úmidos;
- b) Espécies de solos temporária ou permanentemente úmidos, sujeitos a inundações periódicas;
- c) Espécies de boas condições hídricas, mas sem excesso de água.

Entre as espécies, foram reconhecidas cinco espécies caracterizadas como espécies de boas condições hídricas, mas sem excesso de água, *Bauhinia forficata*, *Parapiptadenia rígida*, *Lecythis pisonis*, *Cedrela fissili*, *Cabralea canjerana* sendo estas espécies indicadas para o uso na zona 3 da tipologia de amortecedor ripário. Seis espécies para solos temporária, ou permanentemente úmidos sujeitos a

inundações, *Cecropia* sp, *Salix humboldtiana*, *Schizolobium parahyba*, *Bixa orellana*, *Euterpe edulis* e *Erythrina* L, indicadas para uso nas zonas 2 e 1. E a espécie *Inga* sp, caracterizada como espécies de solos permanentemente úmidos indicada para uso na tipologia de amortecedor ripário, zona 1.

O gráfico a seguir, apresenta de forma resumida, os resultados obtidos nesta pesquisa que investigou a vegetação adequada para o uso nas medidas de Infraestrutura Verde, biovaletas, jardins de chuva, amortecedores ripários e alagados construídos, estudadas para o *retrofit* do canal do córrego Água Podre e sua bacia hidrográfica urbana, assim como, a vegetação para recomposição da mata ciliar da Área de Preservação das nascentes do Água Podre.

Gráfico 1 - Apresenta um resumo sobre as espécies de plantas indicadas para as medidas de Infraestrutura Verde recomendadas para o retrofit do canal do córrego do Água Podre e sua bacia hidrográfica urbana.

A respeito da acessibilidade às espécies de plantas indicadas, foi realizada uma visita ao Viveiro Manequinho Lopes, Divisão Técnica de Produção e Arborização da Secretária do Verde e do Meio Ambiente da Prefeitura do Município de São Paulo, localizado junto ao Parque do Ibirapuera, em São Paulo. Durante a visita foi realizada uma conversa com o Agrônomo do Viveiro, José Ricardo, a respeito das espécies de plantas identificadas nesta pesquisa. Segundo as informações obtidas, a grande maioria das espécies são produzidas por viveiros em diversas regiões do Estado de São Paulo, assim como, por produtores de outros estados. O Viveiro Manequinho Lopes, recebe mudas de processo de compensação ambiental e estas mudas são utilizadas para os plantios em áreas públicas da cidade e também para doação aos municípios.

Também foram realizadas consultas na internet e foi possível encontrar produtores e sites de vendas das espécies de plantas indicadas.

A seguir é apresentado o Mapa 6, Mapa ilustrativo das medidas propostas para o trecho 0 e 2 do córrego Água Podre contendo uma lista da vegetação indicada para o projeto. E após o mapa, serão apresentadas cada uma das espécies de plantas indicadas, suas principais características, informações quanto ao potencial de tratamento de poluentes (fitorremediação e biorretenção), bem como, as referências utilizadas.

Mapa ilustrativo das medidas propostas para o trecho 0 e 2 do Córrego Água Podre contendo a indicação da vegetação

Mapa 6 - Mapa Ilustrativo das medidas propostas para o trecho 0 e 2 do Córrego Água Podre contendo a indicação da vegetação. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017. Crédito: Oscar Bueno, 2017.

5.9.1. Plantas macrófitas indicadas para alagados construídos de fluxo superficial, vertical e alagados flutuantes.

Família Salviniaceae Martinov

- ***Azolla* Lam.**

Mapa 7 - Azolla Lam. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016a).

Nome comum: Musgo d'água, samambaia d'água

Origem: Nativa

Substrato: Aquático

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal

Tipo de vegetação: Campo de Várzea, Cerrado (latu sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Vegetação aquática

Forma de vida: Herbácea

Pequena samambaia aquática livre flutuante livre, cerca de 2 centímetros, comumente encontrada em ecossistemas de água doce tropicais e temperados. Gênero amplamente distribuído em rios, lagos e lagoas (DHIR, 2013). É uma rica fonte de nitrogênio, pois vive em simbiose com a alga cianofícea *Anabaena azollae* que habita o interior das cavidades de suas folhas. Multiplica-se por esporos ou fragmentação. O caule é ramificado densamente coberto por folhas pequenas e alternadas. Sua biomassa é utilizada como adubo (por causa do nitrogênio), e constitui alimento rico em proteínas para bovinos, suínos, aves, peixes e organismos aquáticos.

Fitorremediação: Planta com potencial para tratamento de metais: Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, As (BENNICELLI et al. 2004; ZHANG et al. 2008a. b; RAI; TRIPATHI 2009; RAHMAN; HASEGAWA, 2011; TAGHI GANJI et al. 2012 apud DHIR, 2013); condutividade elétrica da água, Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), dureza, sódio e potássio. Metais Cs e Sr (SÁNCHEZ-VIVEROS et al. 2010; GONZALZ-MENDOZA et al 2011 apud DHIR, 2013); Hidrocarbonetos do diesel (AL-BALDAWI et al. 2002); capacidade para remover fenóis e DQO (ENA et al. 2007 apud DHIR, 2013); sulfadimetoxina (S) (FORNIA et al. 2002 apud DHIR, 2013).

- ***Azolla filiculoides* Lam.**

Figura 24 - *Azolla filiculoides* Lam. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016b) ao lado foto *A. filiculoides* (NATIONAL PARK SERVICES, 2017).

Nome comum: Musgo d'água, samambaia d'água

Origem: Nativa

Substrato: Aquático

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal

Tipo de vegetação: Floresta Ciliar ou Galeria, Vegetação Aquática

Forma de vida: Herbácea, macrófita flutuante livre

Fitorremediação: Planta com potencial para tratamento de Pb (ZAYED et al. 1998 apud DHIR, 2013); Hg (BENNICELLI et al. 2004 apud DHIR, 2013) Cr e As (RAHMAN; HASEGAWA, 2011 apud DHIR, 2013).

- **Salvinia minima Baker**

Figura 25 - *Salvinia minima* Baker Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016c), ao lado foto de exemplares de *S. minima* (FERNS OF MISSISSIPPI, 2016).

Origem: Nativa

Substrato: Aquático

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal

Tipo de vegetação: Floresta Ciliar ou Galeria, Vegetação Aquática

Forma de vida: Pequena samambaia aquática livre flutuante.

O gênero *Salvinia* é composto de 1 gênero e 12 espécies. *Salvinia minima* é a menor samambaia flutuante de água doce encontrada em regiões tropicais e temperadas (DeBUSK; REDDY, 1987 apud DHIR, 2013). Sua ampla distribuição, elevada taxa de crescimento e fácil manuseio faz desta espécie uma potencial candidata para fitorremediação (DHIR, 2013).

Fitorremediação: Planta com potencial para tratamento de Pb (ESTRELLA-GÓMEZA et al. 2012 apud DHIR, 2013); e N e P de ambiente eutrofizado (AL-HAMDANI, 2008 apud DHIR, 2013).

Família Ceratophyllaceae Gray

- **Ceratophyllum demersum L.**

Figura 26 - *Ceratophyllum demersum* L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016d) ao lado foto de um exemplar de *C. demersum* (PLANT FINDER, 2016).

Origem: Nativa

Substrato: Aquático

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal

Tipo de vegetação: Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu), Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial), Restinga, Vegetação Aquática

Forma de vida: Erva macrófita submersa livre

Planta sem raízes, pequena com tamanho de 3 a 5 centímetros, perene de distribuição cosmopolita. É comumente encontrada em águas estagnadas ou de fluxo lento. Possui alta capacidade de propagação vegetativa e produção de biomassa mesmo em condições de baixa nutrição (ARVIND; PRASAD, 2005 apud DHIR, 2013). Se ancorada no substrato essa planta desenvolve rizoides. Seu crescimento é mais rápido em água de dureza média com temperaturas de até 30°C. É pouco exigente quanto aos níveis de luz. Não necessita de suplementação de CO₂, no entanto, maior concentração de CO₂ acelera o seu já rápido crescimento. Devido seu rápido crescimento *C. demersum* pode absorver nutrientes rapidamente. É uma planta concorrente de algas e tem sido reconhecida no combate as algas (PLANT FINDER, 2017).

Fitorremediação: Planta com potencial para o tratamento de metais Cd, As e Ni; (KUMAR; PRASAD 2004; KARA 2010; MATAMOROS et al., 2012; XUE et al., 2012 apud DHIR, 2013); Fe, Zn, Mn, Ni, Pb e Cd, (DBO), amônia, nitrato e P (WANG, et al., 2005; FOROUGH 2011a, b; FOROUGH et al., 2010 apud DHIR, 2013); N e P (TOETZ, 1971 apud DHIR, 2013); farmacêuticos (MATAMOROS et al. 2012 apud DHIR, 2013); explosivos (BEST et al 1997, 1996b; BHADRA et al. 1998 apud DHIR, 2013); ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co, ³²P, ¹³⁴Cs, ⁸⁹Sr (EL-SHINAWY; ABDEL-MALIK, 1980; ABDEL-MALIK et al., 1980; SHOKOD'KO et al., 1992; BOLSUNOVSKI et al., 2002 apud Dhir, 2013); Compostos organofosforados e organoclorados, clorobenzenos (GOBAS et al. 1991; WOLF et al., 1991; RICE et al., 1997; GAO et al. 2000^{a, b} apud DHIR, 2013); Ni (KARA, 2010 apud DHIR, 2013); RDX (KIKER; LARSON, 2001 apud KENNE; KIRKWOOD, 2015); Metacloro (ITRC PHYTO 3; RICE et al. 1996b apud KENNE; KIRKWOOD, 2015).

Família Pontederiaceae Kunth

- **Eichhornia crassipes (Mart.) Solms**

Figura 27 - *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: Amaral et al. (2015) ao lado foto mostrando as raízes de um exemplar de *E. crassipes* (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017) e a direita mostrando a inflorescência (GOOGLE IMAGES, 2017a).

Nome científico: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

Nome comum: Aguapé, baronesa, camalote, jacinto-d'água, murumuru, mururé, pareci, pavoá, rainha-dos-lagos

Origem: Nativa

Substrato: Aquático

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal

Tipo de vegetação: Vegetação aquática

Forma de vida: Erva macrófita livre flutuante.

Planta perene, acaule, rizomatosa e estolonífera, de 30 a 50 centímetros de altura, raízes densas e plumosas de folhagem e florescimento ornamentais (LORENZI, 2013 p. 945). Nativa da América do Sul tropical e subtropical e atualmente cosmopolita, ocorrência em todos os climas tropicais. Possui alta taxa de acumulação de metais sem oferecer riscos, é uma planta classificada como hiperacumuladoras de metais. Forma densos tapetes na água e lama. Floresce e se reproduz flutuando livremente na superfície da água, mas pode se aparecer ancorada ao sedimento. Cresce em ambientes aquáticos de água doce, lagoas, canais e lagos e em pântanos costeiros. Multiplica-se por reprodução vegetativa, o que permite à planta colonizar rapidamente grandes áreas em períodos relativamente curtos de tempo (WOLVERTON; McDONALD, 1979 apud DHIR, 2013). Considerada uma planta invasora em tanques, lagos, represas e rios poluídos em regiões tropicais. Podem chegar a cobrir toda a superfície do corpo d'água, o que pode ser positivo para a reprodução de algumas espécies de peixes e negativo para o fitoplâncton que depende da luminosidade solar para a fotossíntese (LORENZI, 2013 p. 945). E sua população pode dobrar em apenas 6 dias. O gênero *Eichhornia* é composto por sete espécies, dentre as quais a *E. crassipes* é a mais comum (DHIR, 2013).

Fitorremediação: nutrientes N e P (DHIR et al., 2009 apud DHIR, 2013); metais Pb, As, Hg, Zn, Se, Cr, Cd, Ni, Cu (WIN et al., 2002, 2003 DIXIT; TIWARI 2007; HUSSAIN et al., 2010; MAHAMADI 2011; MANE et al., 2011; MOKHTAR et al. 2011; RAHMAN; HASEGAWA 2011; MURITHI et al., 2012 apud DHIR, 2013); metais pesados, compostos orgânicos e inorgânicos (amônia, nitrato e fosforo), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), turbidez e resíduos da indústria farmacêutica (KUTTY et al., 2009; MUTHUNARAYANAN et al., 2011; YADAV et al., 2011; AJAVI; OGUNBAYO, 2012; KUMAR et al., 2012 apud DHIR, 2013); Hidrocarbonetos (NESTERENKO-MALKOVSKAYA et al., 2012 apud DHIR, 2013); Cr, Cu, Cd, Ni, Zn, Hg (HU et al., 2007; MOLINASI et al., 2006; ZHU et al., 1999; DELGADO et al., 1993; LOW et al., 1994 apud DHIR, 2013).

Família Haloragaceae R.Br.

- **Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdec**

Figura 28 - Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdec. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016e) ao lado foto M. aquaticum (MAGAZINE ONLINE, 2017).

Nome comum: Pinheirinho d'água

Origem: Nativa

Substrato: Aquático, Terrestre

Domínio fitogeográfico: Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal

Tipo de vegetação: Vegetação Aquática

Forma de vida: Erva macrófita submersa enraizada

Planta comumente encontrada em lagos de água doce, lagoas, riachos e canais. Planta adaptada a ambientes com alta concentração de nutrientes. Tem suas folhas submersas e emergentes, sendo a forma submersa facilmente confundida com a espécie *Myriophyllum spicatum*. As folhas são arrançadas em torno do tronco de quatro a seis. As folhas submersas têm 1,5 a 3,5 centímetros de comprimento e as folhas emergentes têm 2 a 5 centímetros de comprimento (DHIR, 2013).

Fitorremediação: Planta com potencial para tratar compostos orgânicos (KNUTESON et al., 2002, NZENGUNG et al., 1999; GAO et al., 2000a apud DHIR, 2013), explosivos (HEGHES et al., 1997; BEST et al., 1997, 1999a, b; HUGHES et al., 1997; RIVERA et al., 1998; PAVLOSTATHIS et al., 1998; BHADRA et al. 1999, 2001; JUST; SCHNNOR, 2000, 2004; THOMPSON et al., 1999; WANG et al., 2003 apud DHIR, 2013); radionuclídeos ^{137}Cs , ^{60}Co e ^{54}Mn (DHIR et al., 2009 apud DHIR, 2013).

Familia Araceae Juss

- ***Pistia stratiotes* L.**

Figura 29 - *Pistia stratiotes* L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016f) ao lado foto mostrando as raízes de um exemplar de *P. stratiotes* e a direita em um tanque com outras plantas macrófitas (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Alface d'água

Origem: Nativa

Substrato: Aquático

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal

Tipo de vegetação: Vegetação aquática

Forma de vida: Erva macrófita livre flutuante,

Única espécie do gênero *Pistia* nativa da América tropical. Com altura entre 15 e 20 centímetros, ciclo de vida perene, com folhagem verde-amarela muito decorativa. Suas folhas são aveludadas, esponjosas, sulcadas pela nervação na face superior, formando rosetas com raízes pendentes. Flores diminutas, escondidas e sem valor ornamental. Usada com frequência no paisagismo compondo lagos, tanques e espelhos d'água (LORENZI, 2013 p. 247). Planta de rápido crescimento e fácil propagação, considerada uma planta daninha quando sua proliferação bloqueia a interface ar-água, podendo cobrir toda a superfície da água, reduzindo os níveis de oxigênio, o que ameaça a vida aquática. No entanto é uma espécie com potencial de fitorremediação de compostos orgânicos e inorgânicos (DHIR, 2013; LORENZI, 2013 p. 247).

Fitorremediação: Planta com potencial para o tratamento de metais As, Cd, Cu, Ni, Zn, Pb, Cr, Mn, (MAINE et al., 2001; MIRETZKY et al., 2011; ESPINOZA-QUIÑONES et al., 2009; VENKATRAYULU et al., 2009; HUA et al., 2011; LU et al., 2011; RAWAT et al., 2012; PRAJAPATI et al., 2012 apud DHIR, 2013); Compostos orgânicos aromáticos e nitrato (PRASERTSUP; ARIYAKANON, 2011 apud DHIR, 2013); antibióticos (FORNI et al., 2006 apud DHIR, 2013).

- ***Patamogeton* L.**

Figura 30 - *Patamogeton* L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas onte: JBRJ (2016g) ao lado foto mostrando exemplares de *Patamogeton* (GOOGLE IMAGENS, 2017b).

Origem: Nativa

Substrato: Aquático

Domínio fitogeográfico: Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu), Floresta Estacional Semidecidual, Restinga, Vegetação Aquática

Tipo de vegetação: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal

Forma de vida: Erva macrófita submersa enraizada

Planta comumente encontrada em córregos de vazão lenta, lagoas e lagos. Possui folhas estreitas, agudas, com bordas planas ou encaracoladas. A taxa de produção de biomassa pode ser tão alta quanto 100 Kg há-1 dia-1 (SCHNEIDER et al., 1999 apud DHIR, 2013).

Fitorremediação: organoclorados e explosivos (DHIR, 2013); pesticidas (LEE et al., 1995; LOVETT-DOUST et al. 1997 apud DHIR, 2013).

Família Typhaceae Juss

- ***Typha* L.**

Mapa 8 - Typha L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016h)

Nome comum: Taboa

Origem: Nativa

Substrato: Aquático, terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Cerrado (lato sensu), Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial), Restinga, Vegetação Aquática

Forma de vida: Erva macrófita emergente

Planta cosmopolita encontrada em uma variedade de áreas alagadas (úmidas). O gênero inclui 11 espécies de plantas monocotilêneas com plantas. As folhas são e a polinização é feita pelo vento.

Fitorremediação: Gênero bastante estudado quanto ao potencial de fitorremediação de óleos, gasolina, fenol, Sólidos Suspensos Totais (SST), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) (ITRC PHYTO 3; KADLEC; KNIGHT, 1996; KADLEC; KNIGHT, 1998 apud KENNE; KIRKWOOD 2015).

- ***Typha latifolia* L**

Figura 31 - *Typha latifolia* L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016i) ao lado foto mostrando detalhe da inflorescência e a direita exemplares de *T. latifolia* na beira em uma área alagada (BIOREDE, 2017).

Nome comum: Taboa

Origem: Nativa

Substrato: Aquático

Domínio fito geográfico: Amazônia, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Cerrado (lato sensu)

Forma de vida: Erva macrófita emergente

Planta palustre, com rizomas rastejantes subaquáticos. Planta com caules simples, aéreos, eretos e elevados (BIOREDE, 2017) com altura de até 2 metros (FLORAMIDIA, 2017). Folhas lineares e planas, com 1 a 2 cm de largura. Flores unissexuais, reunidas em duas espigas cilíndricas sobrepostas, contíguas, sendo a inferior do sexo feminino com coloração negro-castanha e a superior do sexo masculino e de coloração amarela e espessura mais fina. A época de floração é entre os meses de junho e agosto. O fruto é seco e monospermico (BIOREDE, 2017).

Fitorremediação: Espécie bastante estudada quanto ao potencial de fitorremediação no tratamento de metais Zn, Pb, As e Cd (YE et al., 2001; ABDEL-GHANI et al., 2009; ALONSO-CASTRO et al., 2009; ADHIKARI et al., 2010; HADAD et al., 2010; HEGAZY et al., 2011 apud DHIR, 2013); As, Zn, Cu e Ni (YE et al. 1997; QIAN et al., 1999; NGUYEN et al., 2009; MANIOS et al., 2003; AFROUS et al., 2011 apud DHIR, 2013); na remoção de compostos orgânico, DBO e DQO; tratamento de efluentes da indústria têxtil (NILRATNISAKORN et al., 2009 apud DHIR, 2013); explosivos (BEST et al., 1999a. b; NEPOVIM et al., 2005; VANEK et al., 2006 apud DHIR, 2013); e possui capacidade de remover pesticidas, explosivos e farmacêuticos (WILSON et al., 2000; BANKSTONA et al., 2002; AMAYA-CHÁVEZ et al., 2006; DORDIO et al., 2007, 2009, 2011 apud DHIR, 2013).

- ***Typha domingensis* Pres.**

Mapa 9 - *Typha domingensis* Pres. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016j).

Nome comum: Taboa, taboa-estreita

Origem: Nativa

Substrato: Aquático, Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Ombrófila (=Florestal Pluvial), Restinga, Vegetação Aquática

Forma de vida: Erva macrófita emergente

Planta perene, de caule robusto e folhas verde-azuladas. Flores em forma de espigas femininas e masculinas de cor castanha. Altura até 3 metros. Espécie de rios, lagoas de água doce ou salobra e em águas ricas em nutrientes (BIODIVERSIDADE-SOMINCOR, 2017).

Fitorremediação: Espécie conhecida pelo tratamento de metais Cr, Ni, Zn e P (ASLAM et al., 2010 apud KENNE; KIRKWOOD, 2015); metais pesados, Sólidos Suspensos Totais (SST), DBO; Nitrogênio Kjeldahl, Al, Fe, Zn e Pb (CALHEIROS et al., 2009; BORKAR; MAHATME, 2011; MOJIRI, 2012 apud DHIR, 2013).

- ***Typha angustifolia* L.**

Mapa 10 - *Typha angustifolia* L. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016k).

Nome comum: Taboa

Origem: Nativa

Substrato: Aquático, Terrestre

Domínio fitogeográfico: Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Restinga, Vegetação Aquática

Forma de vida: Erva macrófita emergente

Planta perene com até 3 metros de altura. Se desenvolve em ambiente de água doce, e são encontradas em zonas úmidas como, por exemplo, nas margens de córregos, rios e lagos. Esta espécie tem estrutura interna espessa, apresentando um formato similar a uma esponja, devido à presença de canais de ar (DEMIREZEN; AKSOY, 2004). Possui alta capacidade de absorção de nutrientes (ALMEIDA et al., 2007).

Fitoremediação: Potencial para tratamento da DBO, SDT e metais Pb, Mn, Zn e Cu (CALHEIROS et al., 2009; BORKAR; MAHATME 2011; MOJIRI, 2012 apud DHIR, 2013); e tratamento de esgoto (ALMEIDA et al., 2007).

Família Cyperaceae Juss

- ***Bolboschoenus robustus***
- **Heterotípico *Scirpus maritimus***

Mapa 11 - *Bolboschoenus robustus* (Pursh) Soják. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016)

Origem: Nativa

Substrato: Aquático, Terrestre

Domínio fitogeográfico: Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Manguezal, Restinga, Vegetação Aquática

Forma de vida: Herbácea

Gramínea perene, rizomatosa. Espécie de importância ecológica em ambientes aquáticos. Suas sementes servem de alimento para aves aquáticas, além de abrigo para caranguejos e para reprodução de patos

Fitorremediação: Potencial para tratamento de Hidrocarbonetos Totais do Petróleo (TPH) (COUTO et al., 2012 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

5.9.2. Espécies de plantas herbáceas: vegetação indicada para uso nas tipologias paisagísticas, jardim de chuva e biovaleta

Família Araceae

- ***Alocasia macrorrhizos* (L.) G. Don**

Foto 30 - Foto *Alocasia macrorrhizos*. Fonte: Gardens Online (2017).

Nome comum: Orelha-de-elefante-gigante, taiá-rio-branco, taioba

Origem: Exótica, originária da Malásia e Sri-Lanka

Substrato: Terrestre

Tipo de vegetação: Ornamental

Forma de vida: Herbácea

Erva rizomatosa, perene, ereta, robusta e vigorosa de caule espesso e folhagem ornamental, com 1 a 2 metros de altura. Suas folhas são grandes com até 1 metro de comprimento, carnosas e com as nervuras marcantes. Seu cultivo é indicado à sol pleno e/ou a meia sombra. Pode ser plantada isolada ou em grupos formando amplos espaços, ou também em linha ou em renques. Planta indicada para regiões tropicais e com tolerância a terrenos alagadiços. Multiplica-se por separação de mudas formadas lateralmente da planta matriz (LORENZI, 2013 p 211).

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

- **Syngonium angustatum Schott**

Figura 32 - *Syngonium angustatum* Schott. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016m). Ao lado exemplares de *S. angustatum* como forração (GOOGLE IMAGENS, 2017c)

Nome comum: Singônio

Origem: Nativa

Substrato: Hemiepífita

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Floresta de Igapó, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)

Forma de vida: Semi-herbácea, ascendente rizomatosa, de ramos finos, muito vigorosa de folhagem decorativa. Cultivada em vasos ou em ambientes externos sob a sombra das árvores, como forração quando desprovida de apoio, mas normalmente como trepadeira quando plantada próxima a estruturas de apoio como cercas e muros. Não tolera baixas temperaturas (LORENZI, 2013 p. 255).

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

Família Asparagaceae

- ***Asparagus densiflorus* (Kunth) Jessop 'Sprengeri'**

Nome comum: Aspargo-pendente, aspargo-ornamental, aspargo

Origem: Exótica, originária da África do Sul.

Substrato: Terrestre

Tipo de vegetação: Ornamental

Forma de vida: Herbácea

Erva rizomatosa, formando densas colônias de folhagem decorativa, com numerosas hastes pendentes, fibrosas e ramificadas, de 40 a 60 centímetros de comprimento, com ramagem secundária curta, provida de folhas aparentes em forma de agulha e folhas verdadeiras com espinhos. Suas flores são pequenas de cor branca formadas durante quase todo o ano e os frutos são globosos, vermelhos e vistosos. Recomenda-se o cultivo em regiões subtropicais, a meia sombra, principalmente como planta pendente, ou ao longo de caminhos. O solo deve ser rico em matéria orgânica e permanentemente úmido, espécie não tolerante a baixas temperaturas (LORENZI, 2013 p. 311).

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

- ***Sansevieria trifasciata* var. *laurentii* (De Wild.) N.E. Br**

Nome comum: Espada-de-são-Jorge, língua-de-sogra, sanseviéria, rabo-de-lagarto

Origem: Exótica, originária da África

Substrato: Terrestre

Tipo de vegetação: Ornamental

Forma de vida: Herbácea

Erva rizomatosa, perene, acaule, ereta, de folhas espessas que formam densas colônias de efeito decorativo. Inflorescências longas, em espigas ralas, dispostas entre as folhas, com flores pequenas e esverdeadas. As folhas variam de coloração com margens creme-amarelas, com manchas verde-clara transversais. Geralmente cultivada a pleno sol, isolada ou formando maciços devendo efetuar o manejo anual para que não se tornem invasoras. É uma espécie tolerante a geadas (LORENZI, 2013 p. 345)

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

Família Commelinaceae

- ***Zebrina purpusii* G. Brückn.**
- **Sinônimo *Tradescantia zebrina* Heynh. Ex. Bosse 'Purpusii'**

Foto 31 - Cultivo da planta Zebrina purpusii no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo. Autor (2017).

Nome comum: Lambari-roxo, lambari, trapoeraba, judeu-errante

Origem: Exótica, originária do México

Substrato: Terrestre

Tipo de vegetação: Ornamental

Forma de vida: Herbácea

Planta reptante, suculenta, perene, de 15 a 25 centímetros de altura de folhagem colorida. As suas folhas são carnosas, persistentes, verde-arroxeadas com estrias verde-claras na face superior e roxo-manchadas na face inferior ou roxo-escuras quando cultivadas a sol pleno muito ramificada. Sua inflorescência é pequena e arroxeadada. Cultivada isolada ou em grupos, como planta pendente e apropriada para cobertura de solos como forração, a meia sombra ou a pleno sol, com solo permanentemente úmido. Planta que não exige poda, no entanto não é resistente ao pisoteio ou geadas, sendo o seu cultivo indicado apenas para regiões tropicais e subtropicais (LORENZI, 2013 p. 548.)

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

Família Convolvulaceae Juss.

- ***Dichondra microcalyx* (Hallier f.) Fabris**

Figura 33 - *Dichondra microcalyx* (Hallier f.) Fabris. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JUNIOR (2016). Ao lado foto mostrando detalha da folhagem (GOOGLE IMAGES, 2017d).

Nome comum: Dicondra, dinheiro-em-penca

Origem: Sobre sua origem foram encontradas controversas, segundo Lorenzi (2013 p. 551) planta nativa do Brasil e conforme Junior (2016) a espécie é considerada cultivada

Substrato: Terrestre

Tipo de vegetação: Área Antrópica

Forma de vida: Herbácea

Erva prostrada, perene, rizomatosa, ramificada com ramos arroxeados, de folhagem ornamental. Seu cultivo é indicado a pleno sol ou a meia sombra, normalmente para cobertura do solo. Planta rústica que não requer manutenção e poda. Multiplica-se facilmente por rizomas ou pedaços de ramos (LORENZI, 2013 p. 551).

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

Família Hypoxidaceae

- ***Curculigo capitulata*** (Lour.) Kuntze

Foto 32 - Foto do cultivo de *Curculigo capitulata* no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.

Nome científico: *Curculigo capitulata* (Lour.) Kuntze

Nome comum: Capim-palmeira, curculigo

Origem: Exótica, originária da Ásia tropical

Substrato: Terrestre

Tipo de vegetação: Ornamental

Forma de vida: Herbácea

Erva rizomatosa, acaule, ereta de folhagem ornamental de 40 a 80 centímetros de altura. Suas folhas são laminares lanceoladas, largas, de superfície plissada. Inflorescências curtas e escondidas na folhagem originadas diretamente do rizoma. Planta que pode ser cultivada em grupo formando maciços a meia sobra ou na forma de renques acompanhado muros, muretas e paredes. Não tolera geadas e multiplica-se pela divisão das touceiras (LORENZI, 2013, p. 702).

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

Família Iridaceae Juss.

- ***Dietes bicolor* Sweet ex Klatt**

Foto 33 - *Dietes bicolor*. Fonte: Google Imagens (2017e).

Nome comum: Moreia-bicolor, dietes, moreia

Origem: Exótica, originária da África do Sul

Substrato: Terrestre

Tipo de vegetação: Ornamental

Forma de vida: Herbácea

Erva rizomatosa, florífera, ereta, entouceirada, perene de folhagem e florescimento ornamentais, com altura de 50 a 70 centímetros. Suas folhas são planas, persistentes, lineares e rijas, de 20 a 30 centímetros de comprimento. Inflorescências eretas, terminais em racemos curtos. Floresce várias vezes ao ano, suas flores são amareladas com manchas alaranjadas e marrom-escuras no centro. Cultivo a pleno sol em solo enriquecido com matéria orgânica, de boa drenagem e irrigados periodicamente. É tolerante a baixas temperaturas. Multiplica-se por divisão da planta e o manejo deve ser realizado a cada 2 ou 3 anos (LORENZI, 2013 p. 707).

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

- ***Neomarica caerulea* (Ker Gawl.) Sprague**

Figura 34 - *Neomarica caerulea* (Ker Gawl.) Sprague. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016n). Ao lado foto de exemplares de *N. caerulea* (GOOGLE IMAGES, 2017f).

Nome comum: Pseudo-íris-azul; lírio-roxo-das-pedras, falso-íris

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre, Rupícula

Domínio fitogeográfico: Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Campo Rupestre, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial)

Forma de vida: Herbácea

Erva rizomatosa, perene, ereta, muito florífera e ornamental, com altura de 0,9 a 1,4 metros. Suas folhas são laminares lanceoladas e longas, glabras, dispostas em leque e a inflorescência em racemos subterminais curtos, sobre haste alada, de poucas flores azuis mais numerosas na primavera e verão. Sua multiplicação é por divisão da planta. Seu cultivo pode ser a pleno sol ou a meia sombra, normalmente formando maciços. O solo rico em matéria orgânica e de boa drenagem, irrigados em intervalos. Uma espécie adaptada à baixas temperaturas que pode ser cultivada em todas as regiões subtropicais do país (LORENZI, 2013 p. 717).

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

Família Xanthorrhoeaceae

- ***Dianella ensifolia* L. DC**

Nome comum: Dianela, dracena-guarda-chuva

Origem: Exótica, originária do leste da África tropical, Madagascar, Havaí, Ásia e Austrália

Substrato: Terrestre

Tipo de vegetação: Ornamental

Forma de vida: Herbácea

Erva ereta, perene, fibrosa, rizomatosa, entouceirada, com altura de 0,60 a 1,2 metros, de folhagem ornamental. Suas folhas são lanceoladas, glabras com nervuras paralelas, de 25 a 30 centímetros de comprimento. As inflorescências são eretas e dispostas bem acima da folhagem, em penículas abertas, com pedúnculo longo e flores de cor azul geralmente pêndulas, formadas durante a primavera e o verão. Seu cultivo pode ser a pleno sol ou meia sombra, é uma planta rústica tolerante ao frio que pode ser cultivada em todo país. Seu plantio pode ser de forma isolada ou formando maciços em solo rico em matéria orgânica e bem drenado. (LORENZI, 2013 p. 1067).

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

- ***Hemerocalis x hybrida* Bergmans**

Foto 34- Cultivo de *Hemerocalis x hybrida* no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.

Nome comum: Lírio-de-um-dia, hemerocale, lírio-de-são-josé, lírio

Origem: Exótica, Cultivada

Substrato: Terrestre

Tipo de vegetação: Ornamental

Forma de vida: Grupo de híbridos herbáceos perenes, acaules, rizomatosos, cepitosos, com altura de 30 a 90 centímetros. Seu cultivo é a pleno sol em terra rica em matéria orgânica e irrigada periodicamente (LORENZI, 2013 p. 1068).

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

Fitorremediação: Hidrocarbonetos do Petróleo (TSAO, 2003 apud FAMULARI, 2007-2011).

Família Asteraceae Bercht. & J. Presl.

- ***Wedelia paludosa* DC.**
- ***Heterotípico de *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski***

Figura 35 - *Wedelia paludosa* DC. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas Fonte: JBRJ (2017). Ao lado foto de *W. paludosa* no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Malmequer, vedélia, picão-da-praia

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Restinga

Forma de vida: Herbácea

Erva perene, prostrada, estolonífera, muito ramificada e vigorosa de 40 a 60 centímetros de altura e de folhagem decorativa. Suas folhas são simples trilobadas, cartáceas, áspero-tomentosas, com 7 a 12 centímetros de comprimento. Flores pequenas e amarelas formadas durante o ano todo. Seu cultivo é indicado a pleno sol ou meia sombra em regiões tropicais e subtropicais, planta sensível a geadas. Normalmente plantada na forma de grupos maciços para forração. Adequada para controle de erosão revestindo taludes ou barrancos. Tolerante a solos inundáveis, bem como a terrenos secos e de boa drenagem (LORENZI, 2013 p. 399). Sendo estas características bastante interessantes para as tipologias de Infraestrutura Verde.

Biorretenção: Planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT (MOURA, 2013).

- ***Galinsoga parviflora* Cav.**

Figura 36 - *Galinsoga parviflora* Cav. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016o). Ao lado foto da espécie *G. parviflora* no Viveiro Manequinho Lopes (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Picão-branco, fazendeiro

Origem: Exótica, nativa da costa Oeste da América do Sul, Naturalizada no Brasil

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica

Forma de vida: Herbácea

Planta ruderal, comumente referida como erva daninha, no entanto, bastante apreciada na culinária internacional (RIGO, 2015).

Biorretenção: Espécie com potencial para biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais (MOURA, 2013).

- ***Helianthus annuus* L**

Figura 37 - *Helianthus annuus* L Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: ALVES (2016). Ao lado foto mostrando exemplares de *H. annuus* em um canteiro no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo, a direita foto mostrando a floração (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Girassol

Origem: Exótica, Cultivada

Substrato: Terrestre

Tipo de vegetação: Área Antrópica, ornamental

Forma de vida: Quanto à forma de vida, foi encontrada uma controversa na literatura consultada, de acordo com a classificação de Alves (2016) forma de vida herbácea. E conforme Lorenzi (2013 p. 380), forma de vida “*subarbusto*”.

Planta anual, ereta, pouco ou não ramificada, com 1,5 a 2,5 metros de altura. Indica-se o cultivo a pleno sol, como planta isolada ou em grupos formando maciços floríferos densos. Terra fertilizada e irrigada a intervalos (LORENZI, 2013 p. 380).

Fitorremediação: Espécie com potencial para remoção de hidrocarbonetos - HPA (COOK; HESTERBERG, 2012; EULISS, 2004 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015) –; explosivos – TNT (COOK; HESTERBERG, 2012; EULISS, 2004 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015) –; e metais, Cd, Zn, As, Ni (LEE et al., 2007 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

- **Solidago sp (L)**

Mapa 12 - *Solidago sp.* Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016o).

Nome comum: Solidago

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio Fitogeográfico: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Campo de Altitude, Campo Rupestre, Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista, Restinga

Forma de vida: Herbácea

Fitorremediação: Espécie com potencial para fitorremediação de Hidrocarbonetos Totais do Petróleo (TPH), Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) (COOK; HESTERBERG, 2012; KULAKOW, 2006b apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015) Solventes Clorados (ANDERSON et al., 1991, 1992; ITRC PHYTO 3 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015)

Família Costaceae Nakai

- ***Costus spiralis* (Jacq.) Roscoe**

Figura 38 - *Costus spiralis* (Jacq.) Roscoe. Mapa distribuição geográfica e ocorrências confirmada Fonte: JBRJ (2016p). Ao lado foto de exemplares de *C. spiralis* (GOOGLE IMAGENS, 2017g).

Nome comum: Caatinga, cana-branca, jacuanga, cana-de-macaco

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial), Palmeira, Restinga, Savana Amazônica

Forma de vida: Herbácea

Erva rizomatosa, cespitosa, ereta ou decumbente de 1 a 1,8 metros de altura, com hastes semelhantes a cana, apresentando folhagem e florescimento ornamental. Suas folhas são espessas e dispostas em espiral sobre as hastes, glabras de 12 a 28 centímetros de comprimento. Inflorescência terminal em espiga, curta e densa, com flores brancas róseas ou vermelhas e brácteas verdes ou vermelhas, vistosas que florescem o ano todo. Seu cultivo é geralmente em touceira isolada ou em grupos formando renques ou maciços. Planta de solo fértil e úmido não tolerante a geadas, cultivo de preferência em clima quente e úmido, sendo indicada para regiões tropicais e subtropicais (LORENZI, 2013 p. 571)

Biorretenção: Espécie com potencial para biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais (MOURA, 2013).

Família Heliconiaceae Nakai

- ***Heliconia psittacorum* L.f.**

Figura 39 - *Heliconia psittacorum* L.f. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016q). Ao lado foto mostrando exemplares de *H. psittacorum* (GOOGLE IMAGES, 2017h).

Nome comum: Helicônia-papagaio, tracoá, caetezinho, planta-papagaio

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Caatinga (stricto sensu), Carrasco, Cerrado (lato sensu) Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Iguapó, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial), Restinga

Forma de vida: Herbácea

Erva rizomatosa, cespitosa, ereta de 1,5 a 2 metros de altura, com florescimento ornamental. Suas folhas são ovais e lanceoladas, coriáceas, lisas, com pecíolo curto, de 30 a 50 centímetros de comprimento. Inflorescências curtas sobre hastes longas e eretas dispostas acima da folhagem, com brácteas em forma de barco, finas, as da base longas, vermelhas e amareladas formadas durante todo o ano. Espécie de cores variadas, que pode ser cultivada isolada ou em amplas colônias. O cultivo é a pleno sol em solo fértil e irrigado. Multiplica-se por divisão ou touceira (LORENZI, 2013 p. 684).

Biorretenção: Espécie com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais (MOURA, 2013).

Família Marantaceae R.Brown

- ***Ctenanthe setosa* (Roscoe) Eichler**

Mapa 13 - *Ctenanthe setosa* (Roscoe) Eichler. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016u).

Nome comum: Maranta-cinza, tenante

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial)

Forma de vida: Herbácea

Erva rizomatosa, perene, vigorosa com folhagem ornamental de 30 a 50 centímetros de altura. Muito rústica e vigorosa, é adequada para formação de conjuntos maciços a meia sombra. Uma planta que pode ser cultivada em todo país (LORENZI, 2013 p. 821).

Biorretenção: Espécie de planta com potencial de biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais (MOURA, 2013).

Família Amaranthaceae A.Juss

- ***Alternanthera brasiliana***

Figura 40 - *Alternanthera brasiliana* (L.) Kuntze. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: Senna (2016). Ao lado foto de exemplares de *A. brasiliana* (GOOGLE IMAGENS, 2017i).

Nome comum: Lutiela

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Caatinga (stricto sensu), Campo Rupestre, Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista, Restinga, Savana Amazônica, Vegetação Sobre Afloramento Rochoso

Forma de vida: Quanto à forma de vida, foi encontrada uma controversa na literatura consultada, de acordo com a classificação de Senna (2016) forma de vida Subarbusto. E conforme Lorenzi (2013 p. 150), *“herbácea semiereta”*.

Planta perene, de 30 a 50 centímetros de altura. De coloração inteira roxo-escura muito ornamental. Seu cultivo é indicado para regiões tropicais e subtropicais a pleno sol em solo rico em matéria orgânica, permeáveis e úmidos.

Biorretenção: Espécie com potencial para biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais (MOURA, 2013).

Família Poaceae Bamhart

- ***Festuca L.***

Mapa 14 - *Festuca L.* Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016v).

Nome comum: Grama

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Mata Atlântica, Pampa

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Campo de Altitude, Campo de Várzea, Campo Limpo, Floresta Obrófila (=Floresta Pluvial)

Forma de vida: Herbácea

Fitorremediação: Espécie com potencial para fitorremediação de compostos orgânicos, TPH; HPA, BTEX (BANKS, 2006; COOK; HESTERBERG, 2012; KULAKOW, 2006b, 2006e; TSAO, 2006a, 2006b; WHITE et al., 2006 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015)

- ***Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze**

Mapa 15 - *Stenotaphrum secundatum* (Walter). Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016x).

Nome comum: Grama-inglesa, grama de jardim, grama-santo-agostinho

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Caatinga, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Restinga

Forma de vida: Herbácea

Erva reptante, perene, rizomatosa e estolonífera, com 15 a 20 centímetros de altura, de folhagem verde escura. É cultivada como gramado, a pleno sol, não resiste a sombra ou a pisoteio intenso (LORENZI, 2013 p. 933).

Fitorremediação: Planta com potencial para o tratamento de compostos orgânicos HTP, HPA (COOK; HESTERBERG, 2012; FLATHMAN; LANZA, 1998; ITRC PHYTO 3; NEDUNURI et al., 2000 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015)

- ***Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv.**

Mapa 16 - *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016y)

Nome comum: Grama-missioneira, grama-tapete, grama-sempre-verde

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Caatinga (stricto sensu), Campo de Altitude, Campo Rupestre, Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Restinga

Forma de vida: Herbácea

Erva rizomatosa, rasteira com folhagem densa de 9 a 12 milímetros, e altura de 15 a 20 centímetros. Planta nativa de lugares úmidos sendo tolerante a baixas temperaturas, seu cultivo pode ser a pleno sol ou a meia sombra, adequada para regiões subtropicais. Não resiste a seca, necessita de solo fértil e nivelado (LORENZI, 2013 p. 910).

Fitorremediação: Espécie com potencial para remediação de compostos orgânicos TPH (ENFE; OKPALI, 2012 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

- ***Vertivera zizanioides* (L.) Nash**
- Heterotípico *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty

Mapa 17 - *Vertivera zizanioides* (L.) Nash. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016z)

Nome comum: Vertiver, capim-vertiver, pachuli

Origem: Exótica, Naturalizada

Substrato: Terrestre

sa fitogeográfico: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica

Forma de vida: Herbácea

Fitorremediação: Espécie com potencial para fitorremediação de metais Al, Mn, Mg, As, Cd, Cr, Ni, Cu, Pb, Hg, Se, Zn, pesticidas (DHIR, 2013; DANH et al., 2009 apud DHIR, 2013); HTP (DANHH et al., 2009 apud DHIR, 2013); e, explosivos (DAS et al., 2010; MARKIS et al., 2007a, 2007b apud DHIR, 2013).

- ***Zea mays* L.**

Mapa 18 - *Zea mays* L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016I).

Nome comum: Milho

Origem: Exótica, Cultivada

Domínio Fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica

Forma de vida: Herbácea

Fitorremediação: Espécie de planta com potencial de tratar TPH (COOK; HESTERBERG, 2012; MURATOVA et al., 2008 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015); explosivos (RDX, TNT) (CHEN et al., 2011; VILA et al., 2007 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015); pesticidas (ANDERSON et al., 1993; ITRC PHYTO 3; PATERSON; SCHNOOR, 1992 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015); e Cd (BROADHURST et al., 2014; STRITSIS et al., 2014; THEWYS et al., 2010; VAN SLYCKEM et al., 2013; WITTERS et al., 2012 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

Família Brassicaceae Brunett

- ***Brassica juncea* (L.) Czern.**

Figura 41 - *Brassica juncea* (L.) Czern. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016II). Ao lado foto de um campo de *B. juncea* (GOOGLE IMAGENS, 2017j).

Nome comum: Mostarda-da-índia

Origem: Exótica, Naturalizada

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Mata Atlântica

Forma de vida: Herbácea

Fitorremediação: Espécie com potencial para tratamento de HPAs (ROY et al., 2005 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015); As (ANJUM et al., 2014 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015); Cu, Cd, Cr (VI), Ni, Zn (BAUDDH; SINGH, 2012; BLAYLOCK et al., 1997; BLUSKOV et al., 2005; ITRC PHYTO 3; KUMAR et al., 1995; LAI et al., 2008 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015); Ni (BAÑUELOS, 2000; ZAYAL et al., 2000 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015); Se (DUSHENKOV et al., 1997b; ITRC PHYTO; VASUDEV et al., 1996 apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015); Hg (MORENO et al., 2005); Compostos inorgânicos (EPA, 2000).

5.9.3. Espécies de arbustos indicadas para o uso em biovaletas e jardins de chuva

Família Apocynaceae Juss.

- *Allamanda cathartica* L.

Figura 42 - *Allamanda cathartica* L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016III). Ao lado exemplar de um arbusto de *A. cathartica* no Parque do Ibirapuera, São Paulo (CRÉDITO: MAITÉ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Alamanda amarela, carolina, dedal-de-dama, alamanda, dedal-de-princesa

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Campo de Várzea, Floresta de Igapó, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial), Restinga, Savana Amazônica

Forma de vida: Arbusto/Liana/Volúvel/Trepadeira

Trepadeira lactescente, sublenhosa, muito vigorosa com folhagem brilhante e florescimento exuberante. É uma planta de cultivo a pleno sol (LORENZI, 2013 p. 178).

Potencial para biorretenção: Espécie com potencial para biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais (MOURA, 2013).

Família Fabaceae Lindl.

- ***Senna obtusifolia* (L.) H.S.Irwin & Barneby**

Figura 43 - *Senna obtusifolia* (L.) H.S.Irwin & Barneby. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016IV). Ao lado foto de um maciço de *S. obtusifolia* (GOOGLE IMAGENS, 2016k).

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Campo Limpo, Floresta de Terra Firme, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial)

Forma de vida: Arbusto, Subarbusto

Fitorremediação: Espécie com potencial para tratamento de TPH (COOK; HESTERBERG, 2012; KULAKOW, 2006b apud KENNEN; KIRKWOOD, 2015).

5.9.4. Espécies de árvores e arbustos nativas: vegetação recomendada para recomposição de mata ciliar

Família Fabaceae Lindl

- ***Senna alata* (L.) Roxb.**

Figura 44 - *Senna alata* (L.) Roxb. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016V). Ao lado foto de um exemplar de *S. alata* na várzea do Rio Doce, Minas Gerais (ÁRVORES DO BRASIL 2017).

Nome comum: Cássia; fedegoso-gigante

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Caatinga (stricto sensu), Campo Limpo, Cerrado (lato sensu), Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista, Restinga

Forma de vida: Arbusto/Subarbusto/Árvore

Considerada uma árvore de pequeno a médio porte, com 3 a 6 metros de altura. Suas folhas são compostas de 10 folíolos de 15 centímetros e a floração em cachos de cor amarela muito vistosa. O fruto vagem achatada tem 30 centímetros e muitas sementes duras de 0,5 centímetros. Germinação fácil, desenvolvimento rápido. A época de floração é em maio e coleta de sementes em setembro. É uma árvore de madeira fraca, encontrada com bastante frequência em áreas degradadas. Apesar de ornamental é pouco usada no paisagismo e jardinagem.

Família Meliaceae A. Juss

- ***Trichilia elegans* A. Juss.**

Mapa 19 - *Trichilia elegans* A. Juss. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016VI).

Nome comum: Cafezinho, pau-ervilha

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio Fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista, Restinga

Forma de vida: Arbusto/Árvore.

Considerada uma arvoreta de sobosque com até 7 metros de altura. As folhas são imparipenadas alternas e as flores brancas. A polinização é por abelhas e pequenos insetos, dispersão zoocórica por aves (RAMAOS et al. apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017a). É uma espécie secundária tardia (PAULA et al., 2004).

Família Myrtaceae Juss.

- ***Eugenia hiemalis* Cambess.**

Mapa 20 - *Eugenia hiemalis* Cambess. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016VII).

Nome comum: Goiabeira-do-mato, aperta-cú, guamirim-burro

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Campo Limpo, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista

Forma de vida: Arbusto/Árvore

Espécie caducifólia com altura até 10 metros. Suas folhas são coriáceas glabras, com ápice agudo a acuminado e as flores brancas, sendo a época de floração nos meses de agosto e setembro. O fruto baga vináceos a pretos quando maduro (ROMAGNOLO & SOUZA, 2006 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017b), sendo a época de frutificação os meses de outubro e novembro. A polinização se dá por abelhas-africanizadas. É uma espécie secundária, bastante procurada por aves (FLORA DE SANTA CATARINA, 2016 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017b).

Família Rubiaceae Juss

- ***Genipa americana* L.**

Figura 45 - *Genipa americana* L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016VIII). Ao lado foto mostrando mudas de *G. americana* recebidas no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo e a direita detalhe da folhagem (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Genipapo

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Caatinga (stricto sensu), Campo de Várzea, Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Igapó, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Restinga

Forma de vida: Arbusto/Árvore

Árvore perenifólia monoica apresenta dioícia funcional, considerada uma espécie pioneira (MOTTA et al., 1997 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017c), secundária inicial (DURIGAN et al., 1997), secundária tardia (SIQUEIRA; FIGLIOLIA, 1998 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017c). Árvore com até 15 metros de altura e 90 centímetros de diâmetro de folhas simples, opostas, oblongo-ovadas e coriáceas, pecíolo curto, com duas estípulas. Suas flores são hermafroditas, campanuladas de corola amarela e a época de floração entre os meses de novembro e março. O fruto é anfissarcídio (BARROSO et al., 1999 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017c) de forma ovoide e a frutificação ocorre nos meses de junho e julho. Com relação ao sistema sexual a espécie *G. americana* é monoica, possui árvores machos (CRESTANA, 1988, 1993 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017c). Produz flores melífera, com néctar e a polinização é feita por abelhas, pequenas e médias (BAWA et al., 1985 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017c). A dispersão dos frutos e sementes se dá de forma autocórica, zoocória, pássaros, mamíferos, roedores, morcegos, macacos e serelepes. É uma árvore usada no paisagismo e recomendada para arborização urbana (LORENZI, 1992 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017c).

Família Siparunaceae (A.DC.) Schodde

- ***Siparuna guianensis* Aubl.**

Mapa 21 - *Siparuna guianensis* Aubl. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016IX).

Nome comum: Limão-bravo, capitú

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal

Tipo de vegetação: Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial)

Forma de vida: Arbusto/Árvore

Espécie monóica de 5 a 9 metros de altura, alcançando um diâmetro na altura do peito de 20 cm, sua casca é cinza e lisa, possui pequenos ramos jovens cilíndricos, mas achatados nos nós, com insignificantes pelos estrelados. Suas folhas são simples, membranáceas, de margens lisas, opostas (VALENTINI et al., 2010). A inflorescência se dá em cachos diretamente, com 1 a 1,5 centímetros de comprimento, e de forma compacta coberta de pelos estrelados com 5 a 15 flores. Novas flores são amarelas-esverdeadas, as flores machos em formato de copo e as flores fêmeas são ovóides a subglobosas (RENNER; HAUSNER, 2005 apud VALENTINI et al., 2010). A polinização se dá por insetos e mosquitos e a dispersão por aves. É uma espécie típica da submata, secundária inicial, que se estabelece até indiferente ao dossel, mesmo em locais onde este não se apresenta fechado conforme Paula et al. (2003) e como grupo ecológico de clímax exigente de luz por Davide et al. (1995 apud VALENTINI et al., 2010) e Ressel et al. (2004 apud VALENTINI et al., 2010); como clímax tolerante à sombra por Nunes et al. (2003 apud VALENTINI et al., 2010) e Pinto et al. (2005 apud VALENTINI et al., 2010), e como secundária por Souza et al. (2006 apud VALENTINI et al., 2010).

Família Anacardiaceae R. Br.

- ***Myracroduon urundeuva* Allemão**
- Sinônimo *Astronium urundeuva* Engl.
- Sinônimo *Astronium juglandifolium* Griseb.

Figura 46 - *Myracroduon urundeuva* Allemão. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016X). Ao lado foto mostrando uma árvore da espécie *M. urundeuva* (GOOGLE IMAGES, 2017!) e a direita, detalhe da folhagem de uma muda da espécie (Crédito: Maitê Pinheiro, 2017).

Nome comum: Aroeira

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Caatinga (stricto sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual

Forma de vida: Árvore

Planta com 10 a 20 metros de altura, podendo atingir até 35 metros, o diâmetro na altura do peito (DAP) varia de 30 a 60 centímetros podendo chegar até 1 metro. A copa é larga, irregular, formada de ramos flácidos e dicotômicos. Casca pode ter espessura de até 15 milímetros, córtex suberoso, castanho-escuro, profundamente sulcado, subdividido em placas escamiformes e quase retangular, nas árvores adulta. E nos espécimes jovens, a casca é lisa, cinzenta e coberta de lenticelas. Casca interna avermelhada. As suas folhas alternas, compostas, imparipinadas. Inflorescência em panículas com 10 a 18 cm de comprimento, brácteas e bractéolas deltóides, escariosas, ciliadas, caducas. As flores são diclinas, pentâmeras actinomorfas de coloração creme. Os frutos se apresentam em drupas arredondadas, aladas, inicialmente verde-claras, passando a vinho no amadurecimento. É uma planta decídua, heliófila, secundária tardia e longeva. Ocorre naturalmente em solos de origem arenítica, bem como basáltica, e em solos calcários rasos e situados em declives acentuados, ocorrem com sucesso. No entanto em solos profundos de terra roxa, ou em terrenos de baixadas úmidas sua presença é rara. A época de floração acontece nos períodos não chuvosos e a frutificação é variável, em São Paulo acontece entre os meses de agosto e novembro. É uma espécie moderadamente tolerante ao frio e seu plantio é indicado a meia sombra, misto com espécies pioneiras (PEREIRA, 2003; MAIA, 2004; SAMPAIO, 2005 apud CNIP, 2017a).

- ***Tapirira guianensis* Aubl.**

Figura 47 - *Tapirira guianensis* Aubl. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XI). Ao lado foto da copa de um exemplar de *T. guianensis* (ÁRVORES DO BRASIL, 2017b).

Nome comum: Peito-de-pombo, tapirira, capiúva, pau-pombo

Origem: Nativa

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Restinga

Forma de vida: Árvore

Planta perenifólia, secundária com altura até 25 metros e seu diâmetro 90 centímetros. As suas folhas são compostas, alternas e imparipenadas. As flores unissexuais de cor branco-amareladas, pentâmeras e a floração entre os meses de junho e novembro. O fruto em drupa-ovoide, oblonga e a frutificação de dezembro a maio. É uma espécie polígama ou dioica (FLEIG 1989 LENZA; OLIVEIRA 2000; NEGRELLE,1995; LENZA; OLIVEIRA, 2000 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017d). A polinização se dá por abelhas e diversos insetos e a dispersão das sementes por animais como o macaco-bugio, mono-carvoeiro e o sagui-comum (KUHLMANN,1975; MORAES,1992; FREIRE,1997 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017d). É uma espécie que prefere locais úmidos próximos à cursos d'água, procurada pela fauna, especialmente pássaros. Indicada ao uso paisagístico (ÁRVORES DO BRAZIL, 2017b).

Família Annonaceae Juss.

- ***Duguetia lanceolata* A.St.-Hil.**

Mapa 22 - *Duguetia lanceolata* A.St.-Hil. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XII)

Nome comum: Pindaíba

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Cerrado, Mata Atlântica

Tipo vegetação: Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)

Forma de vida: Árvore

Planta com altura entre 15 e 20 metros e diâmetro de 40 a 60 centímetros, com casca fissurada. As folhas são simples, alternas, dísticas e glabras, medindo entre 8 e 12 centímetros de comprimento e as flores grandes de coloração arroxeada. A floração acontece durante os meses de outubro e novembro. Os frutos são bacáceos, vermelhos, muito vistosos e comestíveis, sendo uma espécie atraente para a fauna. A frutificação se dá entre os meses de março e maio. Normalmente ocorre em agrupamentos populacionais homogêneos em topos de morro onde o solo é bem drenado, mas também, é bastante frequente em várzeas e margens de rios (IBF, 2017). É uma espécie secundária tardia ou clímax, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo.

Família Bignoniaceae Juss.

- *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos
- Sinônimo *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl.
- Sinônimo *Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb

Figura 48 - *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XIII). Ao lado foto de um exemplar de *H. impetiginosus* (ÁRVORES DO BRASIL, 2017c).

Nome comum: Ipê-roxo, ipê, cabroe, caixeta, ipê-cavata, ipê-comum

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal

Tipo vegetação: Área Antrópica, Carrasco, Cerrado (lato sensu), Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista, Savana Amazônica, Vegetação Sobre Afloramentos Rochosos

Forma de vida: Árvore

Planta caducifólia, hermafrodita (DURIGAN & NOGUEIRA, 1990 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017e) de médio a grande porte, com altura de 20 a 35 metros quando em seu habitat natural com o tronco ereto (ARVORES DO BRASIL, 2017c) e diâmetro de até 80 centímetros (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017e). As suas folhas são digitadas com cinco folíolos de 12 centímetros e as flores são de coloração roxa ou rosa escuro pentâmeras em cachos bem fechados. A época de floração é entre os meses de julho e agosto e a frutificação entre setembro e outubro. Os frutos siliqua cilíndrica, vagem bipartida de 25 centímetros, marrom escuro, rugosa e sem pelos, que se abre liberando sementes com asa transparente (ARVORES DO BRASIL, 2017c; COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017e). É uma espécie secundária tardia ou clímax, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo. Resistente a seca (CNIP, 2017b), muito usada no paisagismo urbano (ARVORES DO BRASIL, 2017c)

- ***Handroanthus ochraceus* (Chan.) Mattos**
- *Heterotípico* *Tabebuia ochraceae* (DC.) A.H.Gentry

Figura 49 - *Handroanthus ochraceus* (Chan.) Mattos. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XIV). Ao lado um exemplar de *H. ochraceus* (ÁRVORES DO BRASIL, 2017d).

Nome comum: Ipê-do-campo

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Campo Rupestre, Carrasco, Cerrado (lato sensu), Vegetação Sobre Afloramentos Rochosos.

Forma de vida: Árvore

Planta decídua característica do cerrado com altura até 15 metros e diâmetro até 50 centímetros. Tem folhas compostas, com cinco folíolos, lisas na face superior e esbranquiçadas na face inferior e flores amarelas vistosas, sendo a floração entre os meses de julho e setembro. O fruto vagem bipartida de 20 centímetros, marrom escura, flocosa e sem pelos e a frutificação nos meses de setembro e outubro e a (ÁRVORES DO BRASIL, 2017d; COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017f). É uma espécie secundária tardia ou clímax, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo.

- ***Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau ex Verl.**

Figura 50 - *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau ex Verl. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XV). Ao lado foto de um exemplar de *Z. tuberculosa* (ÁRVORES DO BRASIL, 2017e).

Nome comum: Bolsa de pastor, ipê tabaco, ipê preto, ipê felpudo.

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Floresta Estacional Decidual

Forma de vida: Árvore

Árvore de médio a grande porte com altura de 15 a 25 metros e diâmetro de até 60 centímetros. Seu tronco é bastante fissurado e a casca grossa. As suas folhas digitadas com 5 folíolos de 25 centímetros, pubescentes. Flores pequenas em cacho de coloração marrom escura a preto, sendo a época de floração de novembro a janeiro. O fruto, vagem bipartida e a frutificação ocorre entre julho e setembro. As sementes aladas de 5 centímetros e a dispersão anemocórica, pelo vento. Sua germinação é fácil, mas o desenvolvimento lento. Espécie encontrada em áreas degradadas do Rio Doce, MG. É uma espécie pioneira, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo e indicada para recuperação de áreas degradadas e paisagismo (ÁRVORES DO BRASIL, 2017e; COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017g).

Família Fabaceae Lindl

- ***Cassia ferruginea* (Schrad.) Schrad. ex DC.**

Figura 51 - *Cassia ferruginea* (Schrad.) Schrad. ex DC. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XVII). Ao lado foto mostrando copa de um exemplar de *C. ferrugínea* (ÁRVORES DO BRASIL, 2017g).

Nome comum: Canafístula

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista

Forma de vida: Árvore

Árvore de médio porte com altura de 8 a 15 metros, podendo ser muito copada. As suas folhas são pinadas, floração amarela em cachos pendentes, sendo a época de floração e frutificação no mês de outubro. O fruto, vagem dura cilíndrica, com aproximadamente 30 centímetros, com dezenas de sementes duras. Sua germinação é dificultada devido dormência das sementes. É uma árvore com potencial decorativo no paisagismo (ÁRVORES DO BRASIL, 2017g). Planta pioneira, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo.

- ***Pterogyne nitens* Tul.**

Mapa 23 - *Pterogyne nitens* Tul. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XVIII).

Nome comum: Amendoazeiro

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)

Forma de vida: Árvore

Árvore de médio porte com altura de 10 a 15 metros de floração branca insignificante e fruto seco, alado, procurado por diversos insetos. Seu desenvolvimento rápido e boa adaptabilidade a diferentes tipos de climas e solos. É uma espécie pioneira, própria para revegetação (ÁRVORES DO BRASIL, 2017h) e presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo.

- ***Dahlstedtia muehlbergiana* (Hassl.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo**

Mapa 24 - *Dahlstedtia muehlbergiana* (Hassl.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XIX).

Nome comum: Embira-de-sapo, rabo-de-bugio, timbó

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual

Forma de vida: Árvore

Árvore decídua, de porte médio com altura até 25 metros e diâmetro até 70 centímetros. O tronco cilíndrico com sapopemas na base, de casca cinza clara, lisa com inúmeras lenticelas, e casa interna com coloração amarela. Suas folhas são compostas, alternas, imparipinadas com 10 a 15 centímetros de comprimento e possui de 7 a 11 folíolos elíptico-lanceolado. Suas flores panículas de cores azul-violácea a lilás (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017h). O fruto legume samaroide (BARROSO et al., 1999 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017h) viloso coriáceo de cor marrom. A época para floração é entre outubro e janeiro e a frutificação de maio a agosto. É uma planta monoica, a polinização é por abelhas e diversos insetos e a dispersão autocórica, barocórica (por gravidade) e anemocórica (pelo vento) (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017h). É uma árvore secundária inicial (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017h), a secundária tardia (FEERETTI et al., 1995 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017h). Presente na lista de espécies disponíveis para vende ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a)

Família Lauraceae Juss.

- ***Cryptocarya moschata* Nees & Mart.**

Mapa 25 - *Cryptocarya moschata* Nees & Mart. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XX).

Nome comum: Canela-batalha

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual

Forma de vida: Árvore

- ***Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez**

Figura 52 - *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXI). Ao lado foto de um exemplar de *N. megapotamica* no Viveiro Manequinho Lopes e a direita foto mostrando a folhagem (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Canelinha

Origem: Nativa

Susstrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista

Forma de vida: Árvore

Árvore perenifólia, com altura até 25 metros e diâmetro de até 60 centímetros. De flores brancas e fruto baga elipsoide, sendo a época de floração entre os meses de setembro a dezembro e a frutificação de janeiro a março (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017i). É uma espécie monoica, de dispersão zoocórica, especialmente pelas aves (BRINA,1998 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017i) e macacos (LOPEZ et al.,1987 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017i). Considerada uma espécie secundária inicial (FERRETTI et al.,1995 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017i) e secundária tardia ou clímax, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo e na lista de espécies disponíveis para venda ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a) e de interesse paisagístico.

- ***Ocotea elegans* Mez**

Mapa 26 - *Ocotea elegans* Mez. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXII).

Nome comum: Canela

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial), Restinga

Forma de vida: Árvore

Árvore de altura até 20 metros, ramos subcilíndricos, estriados, glabrescentes. Suas folhas são subpostas para o ápice dos ramos e alternas para a base. A época de floração é de maio a junho e a frutificação de junho a janeiro (BROTTO, 2010).

Família Malvaceae Juss.

- ***Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna**
- ***Basiônimo Chorisia speciosa* A.St.-Hil.**

Figura 53 - *Ceiba speciosa*. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXIII). Ao lado foto de um exemplar de *C. speciosa* (URBAN FOREST ECOSYSTEMS INSTITUTE, 2017) e a direita um detalhe do troco de um exemplar de *C. speciosa* no Viveiro Manequinho Lopes, SP (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Paineira

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)

Forma de vida: Árvore

Árvore caducifólia, com altura de 10 até 30 metros e diâmetro de 30 a 120 centímetros. O tronco é cilíndrico, reto, grosso e com fortes acúleos. Pode apresentar forma de garrafa em alguns espécimes. As suas folhas são compostas, alternas, digitadas com 4 a 7 folíolos. Suas flores são de cor branca-arroxeadas ou branca-avermelhadas, vistosas e aveludadas, sendo a época de floração de dezembro a maio. O fruto é grande com, em média, 120 sementes, sendo a época de frutificação de junho a outubro. O sistema radicular é pivotante e a copa globulosa. Os polinizadores são borboletas, aves como o beija-flor e morcegos (IPE, 2017). Espécie pioneira, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo e na lista de espécies disponíveis para venda ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a).

Família Moraceae Gaudich.

- ***Ficus guaranitica* Chodat**

Mapa 27 - *Ficus guaranitica* Chodat. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXIV).

Nome comum: Figueira, figueira-branca, figueira-brava

Origem: Nativa

Substrato: Hemiepífita, Terrestre

Domínio fitogeográfico: Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Cerrado (lato sensu), Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)

Forma de vida: Árvore

Árvore perenifólia, heliófita, lactescente. Com até 20 metros de altura e diâmetro de até 1,80 metros. Suas folhas são grossas e coriáceas, glabras e pode ter até 20 centímetros de comprimento e 10 centímetros de largura. As flores são pequenas e compostas, sendo a floração entre os meses de setembro e outubro. O fruto cicônio globoso a obovado de coloração verde e a frutificação de dezembro a janeiro. A polinização acontece por vespas e abelhas e a dispersão é zoocórica, morcegos e aves (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017j). É uma espécie pioneira, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo e na lista de espécies disponíveis para venda ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a)

Família Myrtaceae Juss.

- ***Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg**

Mapa 28 – *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXV).

Nome comum: Gabiroba

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu), Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista

Forma de vida: Árvore

Espécie de árvore perenifólia, esciófila, com até 20 metros de altura e 25 centímetros de diâmetro. Suas folhas são simples, rugosas, de cor verde escura, aromáticas e pilosa. As flores de coloração branca, tamanho grande e melíferas, com vários estames. A época de floração é nos meses de outubro e novembro. O fruto baga, de cor verde e piloso enquanto não maduros, e amarelados quando maduros. A frutificação acontece nos meses de dezembro e janeiro. É uma planta hermafrodita. A polinização se dá por abelhas e a dispersão zoocórica, por aves e pequenos mamíferos (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017k). É uma espécie considerada secundária inicial (SALIS et al., 1994 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017k) e secundária tardia ou clímax, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo.

- ***Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC.**

Mapa 29 - *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXV).

Nome comum: Cambuí

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Caatinga (stricto sensu), Campo de Altitude, Campo Rupestre, Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Restinga

Forma de vida: Árvore

Espécie de árvore decídua, heliófita, seletiva. Ocorre principalmente em terrenos elevados com solos arenosos ou argilosos, férteis e bem drenados (CEAPLA, 2017). É uma espécie secundária tardia ou clímax, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo.

Família Phytolaccaceae R. Br.

- ***Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms**
- *Heterotípico Gallesia gorazema* (Vell.) Moq.

Mapa 30 - *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVI).

Nome comum: Pau d'álho

Origem: Nativa

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu), Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme

Forma de vida: Árvore

Espécie de árvore perenifólia, de altura até 20 metros e diâmetro de até 70 centímetros. Suas folhas são simples, espiraladas, alternas, coriáceas, as flores de coloração bege e o fruto sâmara. É uma planta hermafrodita (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017I). A dispersão é anemocórica, pelo vento e a polinização acontece por abelhas e diversos insetos (MORELLATO, 1991 apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017I). Espécie pioneira, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo, também classificada como secundária inicial (JESUS, 1997 apud (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017I) secundária tardia (PINÃ-RODRIGUES, 1997 apud (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017I). É também uma planta da lista de espécies disponíveis para vende ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a)

5.9.5. Espécies nativas recomendadas para uso na tipologia de amortecedor ripário

(A) Espécies de solos permanentemente úmidos, plantas indicadas para uso na **zona 1** (zona florestal não perturbada formada por árvores de ambiente rápido, tolerantes a inundações e plantas de junco que estabilizam os bancos e refrigeram a água através do sombreamento.) do **amortecedor ripário**.

Família Fabaceae Lindl.

- **Inga Mill.**

Mapa 31 - *Inga Mill.* Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVII).

Nome comum: Ingá-do-brejo

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Campo Rupestre, Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista, Restinga, Vegetação Sobre Afloramentos Rochosos

Forma de vida: Arbusto, Árvore.

Gênero com 131 espécies e 10 subespécies (JBRJ, XXVII).

(B) Espécies de solos temporária ou permanentemente úmidos, sujeitos a inundações periódicas plantas indicadas para uso na **zona 2** (zona de floresta manejada, formada por árvores e arbustos de crescimento lento que fornecem habitat para a fauna nativa e mitiga os contaminantes remanescentes da zona 3) e **zona 1** do **amortecedor ripário**.

Familia Bixaceae Kunth

- ***Bixa orellana* L.**

Figura 54 - *Bixa orellana* L. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVIII). Ao lado foto de um exemplar de *B. orellana* (GOOGLE IMAGES, 2017m).

Nome comum: Urucum

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial), Restinga, Savana Amazônica

Forma de vida: Arbusto, Árvore

Árvore de pequeno porte, com altura até 5 metros e diâmetro de até 25 centímetros. Suas folhas são simples, glabras, alternadas com até 12 centímetros de comprimento. Suas flores são de coloração rosa sendo a floração nos meses de setembro e outubro. O fruto cápsulas, ovoides e globosas, e a frutificação de janeiro a março (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017m). Espécie presente na lista de espécies disponíveis para venda ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a)

Família Fabaceae Lindl

- ***Erythrina L.***

Mapa 32 - – *Erythrina L.* Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVIV).

Nome comum: Mulungu

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Caatinga (stricto sensu), Carrasco, Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Manguezal, Restinga

Forma de vida: Arbusto, Árvore.

O gênero de espécies arbustiva e arbóreas com tolerância a solos muito úmidos e encharcados (SEMADS, 2001). O gênero *Erythrina* inclui 11 espécies de plantas (JBRJ, 2016XXVIV), e de acordo com a listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo, as espécies *E. crista-gala*, *E. falcata*, *E. speciosa* e *E. verna* são plantas pioneiras.

- ***Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake**

Figura 55 - *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVV). Ao lado foto de um exemplar de *S. parahyba* no Viveiro Manequinho Lopes (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017) e a direita foto mostrando inflorescência (LOPES apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017n).

Nome comum: Guapuruvu

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)

Forma de vida: Árvore

Árvore semicaducifólia, com altura até 25 metros e diâmetro de até 50 centímetros. As folhas são alternas, compostas, bipinadas com até 90 centímetros de comprimento e com até 22 pares de pinas. A inflorescência amarela é em cacho terminal, as flores são grandes, vistosas, com pedicelos de até 15 milímetros. As pétalas são orbiculares, amarelas, pilosas, com longa unha. A época de floração é entre os meses de outubro a dezembro. O fruto é do tipo legume, obovado, coriáceo, pardo-escuro, com 10 a 15 centímetros de comprimento. Com uma única semente, elíptica, brilhante e muito dura protegida por um endocarpo papiráceo. A época de frutificação de março a setembro. É uma espécie de planta hermafrodita. A polinização se dá por abelhas e diversos insetos. A dispersão é anemocórica, pelo vento e autocórica, barocórica por gravidade (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017n). Espécie pioneira, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo, também incluída na lista de espécies disponíveis para venda ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a)

Família Salicaceae Mirb.

- ***Salix humboldtiana* Willd.**

Figura 56 - *Salix humboldtiana* Willd. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVVI). Ao lado foto de um exemplar de *S. humboldtiana* (LOPES apud COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017o).

Nome comum: Salgueiro, Chorão

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Mata Atlântica, Pampa

Tipo de vegetação: Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista

Forma de vida: Arbusto, Árvore

Árvore caducifólia, entomófila. É uma espécie pioneira, com atura até 25 metros e diâmetro de até 120 centímetros. Suas folhas são simples, alternas, linear-lanceoladas. Suas flores são díclinas dioica ou hermafroditas, florescem entre os meses de setembro e novembro. Os frutos cápsulas ovóides e a frutificação nos meses de dezembro e janeiro a dispersão anemocórica, ornitocórica e hidrocórica (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017o), e a polinização é entomófila (CASTIGLIONI, 195 apud (COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES, 2017o).

Fitorremediação: Fitorremediação de Benzeno e Nitrato, Moreno (1998).

Família Urticaceae Juss.

- ***Cecropia* Loefl.**

Figura 57 - *Cecropia* Loefl. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVII). Ao lado foto de um exemplar do gênero *Cecropia* no Viveiro Manequinho Lopes, SP (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Embaúba

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal

Tipo de vegetação: Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista, Restinga, Savana Amazônica

Forma de vida: Árvore

Gênero com 20 espécies, sendo as espécies *C. hololeuca* e *C. pachystachya* espécies pioneiras, presentes na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo, assim como, pertencem a lista de espécies disponíveis para venda ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a)

Família Arecaceae Schultz Sch.

- ***Euterpe edulis* Mart.**

Figura 58 - *Euterpe edulis* Mart. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXVIII). Foto *E. edulis* no Viveiro Manequinho Lopes, SP. Fonte: Maitê Pinheiro, 2017.

Nome comum: Palmito-juçara, palmeira

Origem: Nativa

Susstrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)

Forma de vida: Palmeira

Palmeira de médio porte, perenifólia, de sistema radicular ramificado e altura entre 5 e 20 metros e diâmetro na altura do peito (DAP) de 5 a 30 centímetros. O alinhamento do tronco é reto e sua superfície lisa (IPE, 2017c). Floração amarela em cacho, sendo o florescimento apenas a partir dos 6 anos de idade, nos meses setembro a janeiro. Os frutos carnosos indeiscentes (dupras), pretos quando maduros medindo 1 centímetro e contendo uma semente única envolta por polpa fibrosa comestível, e o período de frutificação entre os meses de maio a dezembro (IPE, 2017; ÁRVORES DO BRASIL, 2017i). A polinização é por insetos (MORELLATO, 1991; PONTES et al., 2012 apud IPE, 2017c), principalmente abelhas. A dispersão é zoocórica, por pássaros, jacutingas, jacus, tucanos, araçaris, sabias e outros. Seu desenvolvimento é lento, levando em torno 8 meses para alcançar a maturação (IPE, 2017c). É uma espécie secundária tardia ou clímax, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo, assim como, na lista de espécies disponíveis para venda ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a). Adaptada a solos muito úmidos e encharcados (SEMADS, 2001; IPE, 2017c).

(C) Espécies de boas condições hídricas, aptas a ambientes sem excesso de água indicadas para uso na tipologia de amortecedor ripário, **zona 3** (zona composta de espécies de gramíneas perenes, herbáceas e lenhosas que atuam no controle de retardamento do escoamento e absorvem a maioria dos contaminantes) do **amortecedor ripário**.

Família Fabaceae Lindl.

- ***Bauhinia forficata* Link**

Figura 59 -Bauhinia forficata Link. Distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XVI). Ao lado foto de um exemplar de B. forficata no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo e a direita foto mostrando as folhas de uma muda (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Pata-de-vaca

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista

Forma de vida: Árvore

Árvore de pequeno a médio porte com altura de 2 a 8 metros. Suas folhas são lisas com 10 centímetros divididas em duas a partir da metade. As flores são claras sem muito destaque. O fruto, vagem chata com 20 centímetros, com 12 sementes redondas achatadas de cor marrom esverdeado. A época de floração e frutificação é no mês de novembro e a coleta de frutos em agosto. Uma espécie pioneira e rústica, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo e indicada recomposição florestal e encontrada em áreas degradadas do Rio Doce, MG. Considerada medicinal (ÁRVORES DO BRASIL, 2017f)

- ***Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan**

Mapa 33 - *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: MORIM (2016).

Nome comum: Angico, angico-da-mata

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial)

Forma de vida: Árvore

Árvore semidecídua, decídua, com altura de 4 a 35 metros, e diâmetro na altura do peito (DAP) de 70 a 80 centímetros. Sua copa tem formato corimbiforme e diâmetro de até 13 metros. O tronco é reto, inclinado com superfície fissurada. Suas flores são melíferas de coloração verde sendo a época de floração entre dos meses de setembro a março e o fruto seco deiscente e a frutificação de junho a novembro. Polinização por pequenas abelhas e dispersão anemocórica, autocórica, barocórica, hidrocórica (IPE, 2017b). É uma espécie melhor adaptada em solos profundos e úmidos (SOARES, 1998 apud 2017b), encontrada com frequência em margens de rios e tem capacidade de suportar inundações periódicas, no entanto, não sobrevive em ambiente encharcado. Tem grande importância no reflorestamento de matas ciliares (DURIGAN et al., 1997 apud IPE, 2017b). Usada no paisagismo urbano em espaços como praças e parques e também na restauração de matas ciliar com ausência de inundações ou inundações periódicas de rápida duração. Considerada uma espécie pioneira e rústica, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo, secundária inicial e pioneira tardia (IPE, 2017b).

Família Lecythidaceae A.Rich.

- ***Lecythis pisonis* Cambess.**

Figura 60 - *Lecythis pisonis* Cambess. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXIX). Ao lado foto de um exemplar de *L. pisonis* (ÁRVORES DO BRASIL, 2017j).

Nome comum: Sapucaia

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Área Antrópica, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)

Forma de vida: Árvore

Árvore de grande porte com altura entre 20 e 30 metros. Suas folhas são simples, lisas com 15 centímetros e de coloração rosa enquanto novas. As flores são melíferas, roxas e brancas, com tamanho médio. A floração acontece no mês de setembro. O fruto é grande com até 20 centímetros, e sua casca muito dura. Quando maduro o fruto solta uma “tampa” liberando as sementes. As sementes são comestíveis com tamanho de 6 centímetros e de cor marrom claro. As sementes quando caem, são levadas por pássaros e macacos (ÁRVORES DO BRASIL, 2017j).

Família Meliaceae A.Juss.

- ***Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.**

Mapa 34- *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXX).

Nome comum: Cajarana

Origem: Nativa

Domínio fiogeográfico: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)

Forma de vida: Árvore

Espécie secundária tardia ou clímax, presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo, assim como, na lista de espécies disponíveis para venda ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a).

- ***Cedrela fissilis* Vell.**

Figura 61 – *Cedrela fissilis* Vell. Mapa de distribuição geográfica e ocorrências confirmadas. Fonte: JBRJ (2016XXXI). Ao lado um exemplar de *C. fissilis* no Viveiro Manequinho Lopes, São Paulo (CRÉDITO: MAITÊ PINHEIRO, 2017).

Nome comum: Cedro-rosa

Origem: Nativa

Substrato: Terrestre

Domínio fitogeográfico: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica

Tipo de vegetação: Cerrado (lato sensu), Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (=Floresta Pluvial)

Forma de vida: Árvore

Árvore de grande porte, com 20 a 35 metros de altura. O tronco é fissurado, as folhas pinadas, e folíolos de 10 centímetros. As flores são de cor creme e branca e a floração em setembro. Os frutos capsulas que se abrem e liberam sementes aladas de 5 centímetros. É uma árvore indicada para o paisagismo (ÁRVORES DO BRASIL, 2017k). É uma espécie pioneira presente na listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais nos diversos biomas do Estado de São Paulo, assim como, na lista de espécies disponíveis para venda ou doação do Instituto Florestal Brasileiro (IBF, 2017a

6. Considerações finais

Foto 35 – Córrego Água Podre. Crédito: Maitê Pinheiro, 2015.

Os estudos realizados nesta pesquisa demonstraram que a Infraestrutura Verde é um conceito que oferece soluções para o tratamento das águas urbanas de São Paulo. Sob o olhar da fitorremediação se tornou evidente que seus mecanismos estão intrínsecos às tipologias paisagísticas de IV.

Além disso, por se tratar de uma rede de paisagens multifuncionais, a IV lida não só com os problemas da poluição das águas, traz uma visão holística de planejamento da paisagem que permite o acontecimento simultâneos das atividades urbanas e dos serviços ecossistêmicos. Uma rua pode ter uma biovaleta para receber e conduzir o escoamento pluvial, diminuindo assim sua velocidade e poluentes. Uma casa com um telhado verde pode oferecer espaço para a biodiversidade ao mesmo tempo em que ajuda na regulação climática do entorno e do edifício. Um estacionamento pode ser arborizado e ter jardins de chuva, ajudando no conforto ambiental ao mesmo tempo em que oferece condições para os processos naturais da bacia hidrográfica, como infiltração e evaporação.

Todos esses dispositivos juntos formam assim uma rede descentralizada de pequenos ecossistemas conectados pela água a sistemas maiores, como os córregos e rios urbanos aos quais podem ser agregadas tipologias paisagísticas de alto valor ecológico, como os alagados construídos. Na natureza as áreas alagadas naturais, pântanos e várzeas, tem papel importante na regulação do ciclo hidrológico e na manutenção da qualidade das águas, além de serem nichos ecológicos para a fauna. Os alagados construídos ou *wetlands* são tipologias que mimetizam estas funções das áreas alagadas naturais, e seus diferentes designs permitem que esta tipologia seja usada em paisagens totalmente urbanizadas. Os alagados flutuantes constituem-se em ilhas de fitorremediação que podem ser incorporadas a rios e córregos urbanos, ou mesmo a lagos e bacias, destacando-se como tecnologia emergente.

Nos alagados construídos são melhores reconhecidos os mecanismos de fitorremediação e as experiências internacionais mostram que os *wetlands* são alternativas viáveis para tratamento *in situ*,

não só das águas pluviais e superficiais, mas também das águas residuais, como foi demonstrado no estudo acerca da experiência de Berlim.

Berlim é uma cidade com experiência antiga no uso da fitorremediação e no planejamento de sistemas de áreas verdes. Abriga diferentes tipos e tamanhos de parques urbanos e suas políticas públicas incluem preocupações com a preservação das paisagens naturais e proteção da natureza. O uso da vegetação na cidade aparece nos mais diversos contextos: incorporando soluções para o manejo das águas pluviais, regulação térmica de edifícios, redução dos impactos dos efeitos das mudanças climáticas globais, produção de alimentos em áreas urbanas, redução da poluição sonora, do ar e das águas e proteção da biodiversidade.

Em Berlim é possível passear de bote em um canal urbano, observar raposas e coelhos nas praças, assim como uma grande diversidade de pássaros e plantas em todas as partes da cidade. Seus lagos são balneáveis e no verão se tornam verdadeiras praias. Realidade que parece distante quando nos voltamos à cidade de São Paulo, que hoje tem seus principais rios poluídos e sérios desastres causados por enchentes.

Contudo, a população paulistana tem demonstrado estar cada vez mais interessada na natureza urbana e tem reivindicado, inclusive por meio de ações diretas, seu contato com ela. No âmbito das políticas públicas, São Paulo começa a dar alguns passos com a publicação do Plano Diretor de Manejo das Águas Pluviais do município, em 2010. No entanto, a cidade ainda carece de modelos que possam servir para replicação destas práticas no município. Destaca-se o Projeto Jaguaré da Associação Águas Claras do Rio Pinheiros, que pode vir a ser modelo para o uso de alternativas ecológicas na recuperação de bacias hidrográficas urbanas, como observado nas experiências internacionais estudadas, onde projetos pilotos consolidaram diretrizes legais para implantação de soluções ecológicas.

Esta pesquisa, que se iniciou com o propósito de elaborar um inventário de espécies de plantas para o tratamento das águas urbanas de São Paulo a partir de tipologias paisagísticas de alto desempenho da IV, concluiu que, para tanto, estudos ambientais específicos são necessários. Assim, para a concretização dos objetivos propostos foi realizado o estudo de caso da bacia do córrego Água Podre visando à indicação das espécies de plantas. Para o estudo foi desenvolvida uma metodologia, que se baseou em parte no conceito de Avaliação de Impacto Ambiental, estruturada em duas etapas: 1-) Estudo de aplicação da vegetação em Infraestrutura Verde; e 2-) Critérios de seleção da vegetação para dispositivos de Infraestrutura Verde. A partir da metodologia desenvolvida foi possível identificar na literatura 74 espécies de plantas, indicadas para as medidas propostas para o córrego Água Podre e sua bacia hidrográfica urbana.

Durante a pesquisa foi observado que existem poucos estudos sobre a vegetação nativa das áreas úmidas naturais brasileiras, mais especificamente do Estado de São Paulo e, que o conhecimento a cerca desta vegetação pode vir a contribuir muito para a recuperação e proteção dos recursos hídricos e serviços ecossistêmicos.

As plantas são as protagonistas dos processos e ciclos da natureza que sustentam a vida humana na Terra, as cidades, por sua vez, não podem mais negar o papel da vegetação na manutenção da qualidade da vida urbana. Por fim, espera-se que este trabalho venha inspirar outras pesquisas e projetos, contribuir para o despertar de uma nova consciência para o desenvolvimento urbano onde cada vez mais sejam priorizadas as tecnologias amigas do meio ambiente e a preservação e manutenção dos ecossistemas naturais.

Referências bibliográficas

ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – ACIESP. **Glossário de ecologia**. São Paulo: ACIESP no 103, 2Ed. 1997. 352p

ALIANÇA PELA ÁGUA. Disponível em: <<https://aguasp.com.br/wp2/>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

ALKORTA, I; GARBISU, C. Phytoremediation of organic contaminants in soils. **Bioresource Technology**, v. 79, p. 273-276, 2001.

ALMEIDA, R. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. Deformação em inflorescência de taboa (*Typha angustifolia* L.) submetida a esgoto sanitário. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 125-129, 2007.

ALVES, M. *Helianthus*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB583020>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

AMARAL, M.C.E.; PELLEGRINI, M.O.O.; SOUSA, D.J.L. Pontederiaceae. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13742>>. Acesso em: 15 out. 2015.

ANDERSON, J; SAMARGO, E. Wetlands Management. Identification, delineation and mitigation. In forestandrange.org. 2007. Disponível em: <http://forestandrange.org/new_wetlands/wetland_delineation_3.htm>. Acesso em: 20 mai. 2016.

ANTIDOTE. Pasig River Rehabilitation Commission: Biomatrix: transformation in the Philippines. Mai., 2014. Disponível em: <<http://antidotecounteragent.wordpress.com/tag/pasig-river-rehabilitation-commission/>>. Acesso em: 3 de agosto de 2014.

ÁRVORES DO BRASIL. Lista de árvores da região do Rio Doce, MG. Amendoim do mato - *Pterogyne nitens*. Disponível em: < <http://www.arvores.brasil.nom.br/new/amendoim/index.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2017h.

ÁRVORES DO BRASIL. Canafistula de besouro - *Cassia ferruginea*. **Lista de árvores da região do Rio Doce, MG.** Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/new/canafistulabesouro/index.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2017g.

_____. Cedro - *Cedrela fissilis*. **Lista de árvores da região do Rio Doce, MG.** Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/new/cedro/index.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2017k.

_____. Ipê opa - *Handroanthus ochraceus*. **Lista de árvores da região do Rio Doce, MG.** Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/new/ipeopa/index.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2017d.

_____. Ipê roxo - *Handroanthus avellanedae*. **Lista de árvores da região do Rio Doce, MG.** Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/new/iperoxo/index.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2017c.

_____. Ipê tabaco - *Zeyheria tuberculosa*. **Lista de árvores da região do Rio Doce, MG.** Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/new/ipetabaco/index.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2017e.

_____. Palmito juçara - *Euterpe edulis*. **Lista de árvores da região do Rio Doce, MG.** Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/new/palmitojucara/index.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2017i.

_____. Pata de vaca - *Bauhinia forficata*. **Lista de árvores da região do Rio Doce, MG.** Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/new/patavacca/index.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2017f.

_____. Sapucaia - *Lecythis pisonis*. **Lista de árvores da região do Rio Doce, MG.** Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/new/sapucaia/index.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2017j.

_____. *Senna alata*. **Lista de árvores da região do Rio Doce, MG.** Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/new/fedegosogigante/index.htm>>. Acesso em: 25 fev. 2017a.

_____. Tapiriri - *Tapirira guianensis*. **Lista de árvores da região do Rio Doce, MG.** Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br/new/tapiriri/index.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2017b.

ASSOCIAÇÃO ÁGUAS CLARAS DO RIO PINEHIROS – ACCRP. #ProjetoJaguare. Disponível em: <<http://aguasclarasdoriopinheiros.org.br/projetos/projetojaguare/> 2016>. Acesso em: 05 jan. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DA SABESP – AESABESP. Poluição por carga difusa: o impacto da poluição difusa nos centros urbanos. **Revista Saneas**. n. 30, p. 14-25, ano IX, jul./ago./set., 2008. Disponível em: <<http://www.aesabesp.org.br/arquivos/saneas/saneas30.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2014.

ATELIER DREISEITL. Potsdamer Platz in Berlin Becomes a Sustainable Ecofriendly Urban Square. **Landscape architecture Posts**. Posted by LAN, 18 abr. 2015. Disponível em: <<https://landarchs.com/potsdamer-platz-in-berlin-becomes-a-sustainable-ecofriendly-urban-square/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

BARROS, L. H. dos S. **Requalificação dos aterros desativados (Brownfields) no município de São Paulo: Parques (Greenfields) Raposo Tavares e Jardim Primavera**. São Paulo: SiBi-USP, 2011.

BAY AREA STORMWATER MANAGEMENT AGENCIES ASSOCIATION – BASMAA. **Start at the Source: Design Guidance Manual for Stormwater Quality Protection**. San Francisco, 1999.

BENEDICT, M. A.; McMAHON, E. T. **Green infrastructure: Linking landscapes and communities**. Washington, DC.: Island Press, 2006.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH. 2Ed. 2001. 943p

BERLIN. **Innovative Water Concepts Service Water Utilization in Buildings**. Berlin Senate Department for Urban Development, Berlin, 2007. 31 p.

BERLIN. **Rainwater Management Concepts. Greening buildings, cooling buildings. Planning, Construction, Operation and Maintenance Guidelines**. Berlin Senate for Urban Development Communications, Berlin, 2010. 72p.

BERLIN. Senate Department for Urban Development and Environment. Landschaftsplanung. Disponível em: <<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/lapro/en/plaene/ba.shtml>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

BIODIVERSIDADE-SOMINCOR. *Typha domingensis*. Disponível em: <<http://biodiversidade-somincor.pt/web/index.php/pt/grupos/9-lista-de-especies/130-typha-dominguensis>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

BIOMATRIX WATER. River Restoration. 2012. Disponível em:<<http://www.biomatrixwater.com/river-restoration/>>. Acesso em: 28 de maio de 2014.

BIOREDE. Diversidade vegetal. *Typha latifolia*. Disponível em: <<http://www.biorede.pt/page.asp?id=666>>. Acesso em: 20 fev. 2017

BLOCK 6. **Integrated Water Concept. Ecological Integrated Concept.** Project Partner / Contracting Body: Berlin Senate Department for Urban Development, Section VI, Ministerial Affairs of Building <www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologischesbauen>. Material disponibilizado em formato de folheto informativo durante visita ao local do projeto. 2016

BONZI, R. S. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da Infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas.** São Paulo: SiBi-USP, 2015. 159 p.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Ministério da Tecnologia e da Inovação. **Glossário de termos usados em energia nuclear.** 2016. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/noticias/documentos/glossario_tecnico.pdf>. Acesso em: 10 jan. de 2017.

BRIGGS, D; DEEN, A. Gowanus Lowline: Connections. The Architectural League's Urban Omnibus. **The Culture of Citymaking**, ago. 2011. Disponível em: <<http://urbanomnibus.net/2011/08/gowanus-lowline-connections/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

BROTTO, M. L. **Estudo taxonômico do gênero Ocotea Aubl (Lauraceae) na Floresta Ombrófila Densa do Estado do Paraná.** Curitiba, 2010. 92p.

CASTÄNER et al., 2015

CNIP. Banco de dados de plantas do Nordeste. AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). Disponível em: <<http://www.cnip.org.br/PFNMs/aroeira.html>>. Acesso em 26 fev. 2017a.

_____. Bando de dados de plantas do Nordeste. *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl. Disponível em: <<http://www.cnip.org.br/bdnp/ficha.php?cookieBD=cnip7&taxon=6144>>. Acesso em 26 fev. 2017b.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS – CBH. **O que é uma bacia hidrográfica. Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio São Francisco.** Secretária de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Governo do Estado. Sergipe, s/d. Disponível em: <<http://www.semarnh.se.gov.br/comitesbacias/modules/tinyd0/index.php?id=22>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES. *Bixa orellana* L. Urucum. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/bixa-orellana-l-urucum/>>. Acesso em: 28 fev. 2017m.

_____. *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg Sete-capote, capoteiro. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/8929-2/>>. Acesso em: 28 fev. 2017k.

_____. *Ficus guaranitica* Chodat Figueira-brava. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/ficus-guaranitica-chodat-figueira-brava/>>. Acesso em: 27 fev. 2017j.

_____. *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms Pau-de-alho, árvore-de-alho. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/6952-2/>>. Acesso em: 28 fev. 2017l.

_____. *Genipa americana*. Jenipapeiro, jenipapo-branco. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/genipa-americana-l-jenipapeiro-jenipapo-branco/>>. Acesso em 25 fev. 2017c

_____. *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos Ipê-rosa, ipê-roxo. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/10532-2/>>. Acesso em 25 fev. 2017e.

_____. *Eugenia hiemalis* Cambess. Aperta-cú, guamirim-burro. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/9005-2/>>. Acesso em: 25 fev. 2017b.

_____. *Trichilia elegans* A. Juss. Pau-ervilha. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/10249-2/>>. Acesso em: 25 fev. 2017a.

_____. *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl. Timbó, rabo-de-bugio. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/8673-2/>>. Acesso em: 26 fev. 2017h.

_____. *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez Canela-imbuia. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/canela-imbuia/>>. Acesso em: 26 fev. 2017i.

_____. *Salix humboldtiana* Willd. Salgueiro-chorão. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/9292-2/>>. Acesso em: 28 fev. 2017o.

_____. *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake Guapuruvu, ficheiro. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/8929-2/>>. Acesso em: 28 fev. 2017n.

_____. *Tabebuia ochraceus* A. H. Gentry, Ipê-cascudo. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/handroanthus-ochraceus-cham-mattos-ipe-cascudo-2/>>. Acesso em 25 fev. 2017f.

_____. *Tapirira guianensis* Aubl. Tapirira, cupiúva, pau-pombo. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/27125-2/>>. Acesso em 25 fev. 2017d.

_____. *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau Ipê-tabaco, ipê-felpudo. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/11887-2/>>. Acesso em: 26 fev. 2017g.

CORMIER, N. S; PELLEGRINO, P. R. M. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Revista Paisagem e Ambiente**. São Paulo: FAUUSP, n. 25, 2008.

COSTA, L. M. S. A. **Rios e Paisagens Urbanas em Cidades Brasileiras**. Rio de Janeiro: PROURB, 2006.

COUTINHO, H. D; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: Considerações Gerais e Características de Utilização. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 15, n. 1, p. 103- 117, 2007.

DEMIREZEN, D.; AKSOY, A. Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). **Chemosphere**, v. 56, p. 685-696, 2004.

DENIS, M; TED, A. Pasig River Rehabilitation Program: Pasig River System – Metro Manila. **Habitat International Coalition**, jan., 2014. Disponível em: <<http://www.hic-net.org/document.php?pid=2668>>. Acesso em: 25 de junho de 2014.

DHIR, B. **Phytoremediation: Role of Aquatic Plants in Environmental Clean-Up**. Índia: Springer, 2013.

DUSCHENKOV, V; NANDA KUMAR, P. B. A; MOTTO, H; RASKIN, I. Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. **Environmental Science and Technology**, v. 29, p. 1239-1245, 1995.

EMÍDIO, T. In: **Meio ambiente & paisagem**. Coordenação de José de Ávila Aguiar Coimbra. São Paulo: Editora SENAC, 2006.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Case Studies Analyzing the Economic Benefits of Low Impact Development and Green Infrastructure Programs**. U.S. Environmental Protection Agency Office of Wetlands, Oceans and Watersheds Nonpoint Source Control Branch. Washington, DC, ago. 2013a.

_____. **Natural wetlands and urban stormwater: potential impacts and management**. Washington DC., 1992.

_____. **Stormwater to Streets Trees: Engineering Urban Forests to Stormwater Management**. Washington, DC., 2013b.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência/Finep, 1998.

FERNS OF MISSISSIPPI. **Identification Guide to Mississippi Ferns. Salvinia minima Baker**. Disponível em: <http://www.mississippiferns.com/view_flora.php?plantnum=46#>. Acesso em: 19 fev. 2016.

FERREIRA, A. H., KISLTYKA, C., HORNING, E., FOGLIATTO, F. Potsdamer Platz/ Renzo Piano - Proposta "Nova Berlim". Em-busca-do-pritzker. Disciplina: Ateliê de Projeto VI. Professores: Claudionor Beatrice, Rodolfo Sastre e Carlos Garmater. In: **Portfólio de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Positivo**, 2012. Disponível em: <<http://em-busca-do-pritzker.blogspot.com.br/2012/10/potsdamer-platz-renzo-piano-proposta.html>>. Acesso em: 6 jun. 2016.

FRICK, C. M; FARRELL, R. EK GERMIDA, J. J. **Assessment of Phytoremediation as an In-Situ Technique for Cleaning Oil-Contaminated Sites**. Department of Soil Science University of Saskatchewan Saskatoon. Saskatchewan, 1999.

G1. O Rio Pinheiros visto pela janela de Eduardo Srur. Disponível em: <<http://gq.globo.com/Cultura/noticia/2014/12/o-rio-pinheiros-visto-pela-janela-de-eduardo-srur.html>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

G1. Temporal após calor recorde trava Congonhas, Raposo e trens da CPTM. G1, jan., 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/01/temporal-apos-calor-recorde-trava-congonhas-raposo-e-trens-da-cptm.html>>. Acesso em: 15 jan. de 2015.

GAN, J. Wetland Ecosystems for Treatment of Stormwater in an Urban Environment. **Developments in Ecosystems**, vol. 1., 2004.

GARDENS ONLINE. *Alocasia macrorrhizos*. Disponível em: <http://www.gardensonline.com.au/GardenShed/PlantFinder/Show_2919.aspx>. Acesso em: 21 fev. 2017.

GASKIN, S. E; BETHAN, R. H. Rhizoremediation of hydrocarbon contaminated soil using australian native grasses. **The science of the total environment**, v. 408, n. 17, p. 3683-3688, ago., 2010.

GERHARDT, K. E; BETHAN, R. H. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges. **Plant Science**, v. 176, p. 20-30, 2009.

GOOGLE IMAGENS. *Alternanthera brasiliana*. Disponível em: <http://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Images/alternanthera_brasiliana/alternanthera_brasiliana2.jpg>. Acesso em: 22 fev. 2017i.

_____. *Bixa orellana*. Disponível em: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ee/Bixa_orellana_with_fruits_in_Hyderabad,_AP_W_IMG_1456.jpg>. Acesso em: 27 fev. 2017m.

_____. *Brassica juncea*. Disponível em: <<https://cdn.harper-adams.ac.uk/image/project/large/120920-Brassica-juncea-grown-under-field-condition-in-sum675229.JPG>>. Acesso em 22 fev. 2017j.

_____. *Costus spiralis*. Disponível em:
<https://www.google.com.br/search?q=costus+spiralis&espv=2&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj32o-Qm6TSAhXBF5AKHWABBLkQ_AUICCGb&biw=1821&bih=882#imgsrc=e5LAMYus3OTt6M:>. Acesso em: 21 fev. 2017g.

_____. *Dichondra microcalyx*. Disponível em:
<<http://arboresdelchaco.blogspot.com.br/2012/06/oreja-de-raton-dichondra.html>>. Acesso em: 21 fev. 2017d.

_____. *Dietes bicolor*. Disponível em: <<http://sydneyweeds.org.au/wp-cms/wp-content/uploads/Dietes-bicolor.jpg>>. Acesso em: 21 fev. 2017e.

_____. *Eichhornia crassipes*. Disponível em: <<http://www.web.forumacvarist.ro/wp-content/uploads/2013/08/Eichhornia-crassipes-zambila-de-apa-plante-naturale-acvariu-si-iaz-105x105.jpg>>. Acesso em: 10 fev. 2017a.

_____. *Heliconia psittacorum*. Disponível em:
<https://www.google.com.br/search?q=heliconia+psittacorum&espv=2&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjw1N70n6TSAhXDipAKHQ3BGMQ_AUICCGb&biw=1821&bih=882#imgsrc=_4oJI_m7huul-M:>. Acesso em: 21 fev. 2017h.

_____. *Myracrodruon urundeuva*. Disponível em:
<https://www.google.com.br/search?q=aroeira+myracrodruon+urundeuva&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj0srXwtK7SAhWMDJAKHUI3AiEQ_AUICSgC&biw=1366&bih=662#imgsrc=gu7Xm1y06mPioM:>. Acesso em: 26 fev. 2017l.

_____. *Neomarica caerulea*. Disponível em:
<https://www.google.com.br/search?espv=2&biw=1821&bih=882&tbn=isch&sa=1&q=Neomarica+caerulea&oq=Neomarica+caerulea&gs_l=img.3...15413114.15413114.0.15414181.0.0.0.0.0.0.0.0....0..1c.1.64.img..0.0.0.f1Ylo6YxYcU#imgsrc=w7Op8fKKBi2f5M:>. Acesso em: 21 fev. 2017f.

_____. Paris Plages. Disponível em: <<http://lh3.googleusercontent.com/-Hd9qMGzH09Q/ViJwmWUqxZI/AAAAAABH6A/L4WiYNcVGo/paris-plages-7%25255B6%25255D.jpg?imgmax=1200>>. Acesso em: 25 fev. 2017o.

_____. *Patamogeton illinoensis*. Disponível em:
<<https://www.google.com.br/search?biw=1821&bih=817&tbn=isch&q=potamogeton+illinoensis&spell=>

1&sa=X&ved=0ahUKEwieiPCB2Z3SAhUBHZAKHb8YCHgQvwUIGSgA&dpr=0.75#imgsrc=6fD-f6CaDBy6CM:>. Acesso em: 19 fev. 2017b.

_____. Rio Sena. Disponível em: <https://vidalemduhlin.files.wordpress.com/2012/10/img_2192.jpg>. Acesso em: 25 fev. 2017n.

_____. *Senna obtusifolia*. Disponível em: <http://publish.plantnet-project.org/uploads/publish_prod_plantinvasivekruger_collection_synthese_illustrations/casob_20060912_110641.jpg>. Acesso em: 22 fev. 2017k.

_____. *Syngonium angustatum*. Disponível em: <<http://liquezen.com.br/projeto/195,895>>. Acesso em: 21 fev. 2017c

GREEN INFRASTRUCTURE DIGEST. Sustainable site solutions for a sustainable world. 2010. Disponível em: <<http://hpi-green.files.wordpress.com/2010/02/mt-tabor-middle-school-rain-garden.jpg>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

GREENPEACE. **The state of water in the Philippines**. Quezon City, Philippines: Greenpeace Southeast Asia, out. 2007. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/seasia/ph/Global/seasia/report/2007/10/the-state-of-water-in-the-phil.pdf>>. Acesso em: agosto de 2014.

GUIAVERDE. *Typha latifolia*. Disponível em: <<http://www.biorede.pt/page.asp?id=666>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

GÜNTHER, W. M. R. Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 2 p. 105-117, abr./jun. 2006.

HAUTS-DE-SEINE LE DÉPARTEMENT. Le Parc du Chemin-de-l'île. Disponível em: <<http://www.hauts-de-seine.fr/cadre-de-vie/patrimoine-vert/les-parcs-et-jardins/le-parc-du-chemin-de-lile/>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

HEADLEY, T. R.; TANNER, C. C. Components of floating emergent macrophyte treatment wetlands influencing removal of stormwater pollutants. **Ecological Engineering**, n. 37, 474–486, 2011.

HEADLEY, T. R.; TANNER, C. C. Floating Treatment Wetlands: An Innovative Option for Stormwater Quality Applications. 11th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control. Indore, India, nov. 2008.

HYPE SCIENCE. A impressionante transformação de ambientes ultrapoluídos em jardins radiantes. mai., 2014. Disponível em: <<http://hypescience.com/biorremediacao/>>. Acesso em: 22 de maio de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS – IBF. Lista de espécies. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies.html>>. Acesso em: 27 fev. 2017a.

_____. Mudas de Pindaíba. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/pindaiva.html>>. Acesso em: 26 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Mata Atlântica: Manual de Adequação Ambiental**. (Org.) Maura Campanili e Wigold Bertoldo Schaffer. Brasília, MMA/SBF, 2010. 96 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS – IPE. *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna. Disponível em: <file:///C:/Users/Maite/Downloads/Ceiba_speciosa.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2017a.

_____. *Euterpe edulis* Mart. Disponível em: <<http://flora.ipe.org.br/sp/170>>. Acesso em: 28 fev. 2017c.

_____. *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. Disponível em: <<http://flora.ipe.org.br/sp/181>>. Acesso em: 27 fev. 2017b.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO – JBRJ. Allamanda in Flora Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB4508>>. Acesso em: 3 jul. 2016III.

_____. *Anarcadiacea*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB4394>>. Acesso em: 28 out. 2016X.

_____. *Anarcadiacea*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB4408>>. Acesso em: 28 out. 2016XI.

_____. *Arecaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15712>>. Acesso em: 25 out. 2016XXVIII.

_____. *Asteraceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB16304>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

_____. *Axonopus*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB13039>>. Acesso em: 3 nov. 2016y.

_____. *Axonopus*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB13039>>. Acesso em: 3 nov. 2016y.

_____. *Bauhinia*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB82666>>. Acesso em: 28 out. 2016XVI.

_____. *Bixaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB5745>>. Acesso em: 28 out. 2016XXVIII.

_____. *Brassicaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Flora Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB117485>>. Acesso em: 26 abr. 2016II.

_____. *Campomanesia*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10316>>. Acesso em: 28 out. 2016XXV.

_____. *Cassia*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB82785>>. -Acesso em: 25 out. 2016XVII.

_____. *Cecropia*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15038>>. Acesso em: 25 out. 2016XXVII.

- _____. *Ceiba*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB9037>>. Acesso em: 25 out. 2016XXIII.
- _____. *Ceratophyllaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB6806>>. Acesso em: 30 jun. 2016d.
- _____. *Costaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB110658>>. Acesso em: 3 jul. 2016p.
- _____. *Cryptocarya*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB8408>>. Acesso em: 28 out. 2016XX.
- _____. *Cyperaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB17121>>. Acesso em: 30 jun. 2016l.
- _____. *Dahlstedtia*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB135562>>. Acesso em: 28 out. 2016XIX.
- _____. *Duguetia*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB4394>>. Acesso em: 28 out. 2016XII.
- _____. *Erythrina*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB5745>>. Acesso em: 28 out. 2016XXIV.
- _____. *Eugenia*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10414>>. Acesso em: 28 out. 2016VII.

_____. *Fabaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14382>>. Acesso em: 28 out. 2016XXVI.

_____. *Fabaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23143>>. Acesso em: 28 out. 2016XXV.

_____. *Festuca*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB13240>>. Acesso em: 2 jul. 2016v.

_____. *Ficus*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB9037>>. Acesso em: 25 out. 2016XXIV.

_____. *Haloragaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB30022>>. Acesso em: 7 mai. 2016e.

_____. *Handroanthus*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB114086>>. Acesso em: 28 out. 2016XIII.

_____. *Handroanthus*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB114091>>. Acesso em: 28 out. 2016XIV.

_____. *Heliconiaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB7962>>. Acesso em: 3 jul. 2016q.

_____. *Inga*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB22813>>. Acesso em: 28 out. 2016XXVII.

_____. *Lauraceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB8431>>. Acesso em: 28 out. 2016XXII.

_____. *Lecythidaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB8561>>. Acesso em: 25 out. 2016XXIX.

_____. *Marantaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB9343>>. Acesso em: 3 jul. 2016u.

_____. *Meliaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10003>>. Acesso em: 28 out. 2016VI.

_____. *Meliaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB9988>>. Acesso em: 28 out. 2016XXX.

_____. *Meliaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB9990>>. Acesso em: 28 out. 2016XXXI.

_____. *Nectandra*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB8431>>. Acesso em: 28 out. 2016XXI.

_____. *Neomarica*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB17833>>. Acesso em: 16 jul. 2016n.

_____. *Patamogetonaceae* in: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB13770>>. Acesso em: 30 jun. 2016g.

_____. *Phytolaccaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12578>>. Acesso em: 28 out. 2016XXVI.

_____. *Pistia*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB5070>>. Acesso em: 16 jun. 2016f.

_____. *Poaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB20356>>. Acesso em: 3 nov. 2016z.

_____. *Poaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB87094>>. Acesso em: 3 nov. 2016l.

_____. *Pterogyne*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB28161>>. Acesso em: 28 out. 2016XVIII.

_____. *Rubiaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14045>>. Acesso em: 28 out. 2016VIII.

_____. *Salvinaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB92028>>. Acesso em: 15 jun. 2016a.

_____. *Salvinaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB92030>>. Acesso em: 2 jul. 2016b.

_____. *Salvinaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB92034>>. Acesso em: 2 jul. 2016c.

_____. *Senna*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23161>>. Acesso em: 3 jul. 2016IV.

_____. *Senna* in **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB83691>>. Acesso em: 28 out. 2016V.

_____. *Siparunaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14548>>. Acesso em: 28 out. 2016IX.

_____. *Solidago*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB5502>>. Acesso em: 2 jul. 2016o.

_____. *Stenataphrum*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB13635>>. Acesso em: 2 jul. 2016x.

_____. *Syngonium*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB80506>>. Acesso em: 1 nov. 2016m

_____. *Typhaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15031>>. Acesso em: 2 jul. 2016h.

_____. *Typhaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15032>>. Acesso em: 30 jun. 2016j.

_____. *Typhaceae*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15033>>. Acesso em: 30 jun. 2016i.

_____. *Typhaceae* in Flora Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB76464>>. Acesso em: 30 jun. 2016k.

_____. *Zeyheria* in Flora Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB114468>>. Acesso em: 28 out. 2016XV.

JUNIOR, G. C. D. *Dichondra* In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB28379>>. Acesso em: 16 jul. 2016.

KAMATH, R.; RENTZ, J. A.; SCHNOOR, J. L.; ALVAREZ, P. J. J. Fitorremediação de solos contaminados por hidrocarbonetos: princípios e aplicações. In: MOERI, E; RODRIGUES, D; NIETERS, A. (Editores). **Áreas contaminadas: remediação e revitalização**. São Paulo: Signus Editora, p. 27-57, 2005.

KENNEN, K; KIRKWOOD, N. **Phyto: principles and resources for site remediation and landscape design**. Routledge. London, New York: Taylor & Francis Group, 2015.

BRASIL. Lei n. 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 13 ago. 2015.

LEITE, J. R. **A ecologia da paisagem no planejamento ecológico de bacias hidrográficas urbanas**. São Paulo, 2008.

MAGAZINE ON LINE. Waste. Naturaleza, ciencia e medio ambiente. Guia de plantas. Disponível em: <<http://waste.ideal.es/myriophyllumaquaticum.htm>>. Acesso em: 19 fev. 2017.

MERKL, N; SHULTZE-KRAFT, R; INFANTE, C. Phytoremediation in the tropics – influence of heavy crude oil root morphological characteristics of graminoids. **Environmental Pollution**, v. 138, p. 86-91, fev. 2015.

MORENO, F. N. **Avaliação experimental do potencial do chorão (*Salix babylonica* – Linnaeus) na fitorremediação de aquíferos contaminados por nitratos, etanos e benzeno**. Florianópolis, 1998.

MORENO, F. N; ANDERSON, C.W.N; STEWART, R. B; ROBINSON, B. H. Mercury volatilization and phytoextraction from base-metal mine tailings. **Environmental Pollution**, 2005, V. 136 p. 341-352.

MORENO, F. N; SÍGOLO, J. B. Fitoestabilização controlada: proposta de processo de revitalização para passivos de areias de fundição. In: MOERI, E; RODRIGUES, D; NIETERS, A. (Editores). **Áreas contaminadas: remediação e revitalização**. São Paulo: Signus Editora, 2007. V. 3, p. 81-99.

MORIM, M. P. *Parapiptadenia*. In: **Flora Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB1381>>. Acesso em: 28 out. 2016.

MORINAGA, C. M. **Recuperação de áreas contaminadas: Um novo desafio para projetos paisagísticos.** São Paulo: SiBi-USP, 2007.

MOURA, N. C. B. de. **Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas da chuva.** São Paulo: SiBi-USP, 2013.

NAGIB, G. **Agricultura urbana como ativismo na cidade de São Paulo: o caso da horta das corujas.** São Paulo: SiBi-USP, 2016.

NATIONAL PARK SERVICES. Water Fern. *Azolla filiculoides*. Disponível em: <http://www.smmflowers.org/mobile/species/Azolla_filiculoides.htm>. Acesso em: 19 de fev. de 2017.

NOVOTNY, V.; AHERN, J.; BROWN, P. **Water Centric Sustainable Communities: planning, retrofitting, and building the next urban environment.** New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2010.

NOVOTNY, V. **Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management.** New Jersey: Wiley & Sons, 2003.

OLIVEIRA, E. M. de; SOARES, M. C.; BONZI, R. S. Aplicação do desenho ambiental para a bacia do Córrego das Corujas: potencialidades e limitações na implantação de um parque linear. **Revista LABVERDE.** São Paulo: FAUUSP, V.I, n.4, p. 30-62, jun. 2012.

OSCHMANN, C. **Research and Strategies on Urban Green in the age of Climate Change.** Humboldt - Universität zu Berlin, Division Urban Eco-Physiology of Plants. Berlim, 2016b.

_____. **Roofing Greening Extensive and Intensive.** Humboldt - Universität zu Berlin, Division Urban Eco-Physiology of Plants. Berlim, 2016a.

_____. **Urban use of ornamental plants.** Humboldt - Universität zu Berlin, Division Urban Eco-Physiology of Plants. Berlim, 2016c.

PAULA, A; SILVA, A. F; JUNIOR, P. M; SANTOS, F. A. M; SOUZA, A. L. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta bot. Bras**, v. 18, n.3, p. 407-423, 2004.

PAVANELLI, A. G. **Fitorremediação de solo contaminado com petróleo utilizando *Typha latifolia*.** Londrina, 2007.

PELLEGRINO, P. R. M. O Projeto da Paisagem e a Sustentabilidade das Cidades. In: PHILIPPI Jr, A. et al. (org.). **Curso de Gestão Ambiental**, Barueri: Manole, 2014 (Col. Ambiental), p. 493-514.

PELLEGRINO, P. R. M. Uma máquina trituradora de projetos: a experiência de reurbanização de uma praça pública. **Revista LABVERDE**. São Paulo: FAUUSP, v.I, n.4, p 263-268, jun. 2012

PHYTORESTORE BRASIL. Muito mais que um parque. 18 abr. 2016. Disponível em: <https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_apc-2016>. Acesso em: 20 set. 2016.

PILON-SMITS, E. Phytoremediation. **Annual Review of Plant Biology**. V.56, p. 15-59, jan. 2005.

PINHEIRO, M. B. **Fitorremediação de solos contaminados por hidrocarbonetos do petróleo**. São Paulo, 2012. 50 p.

PLANT FINDER. *Ceratophyllum demersum*. Disponível em: <<http://www.aquaticplantcentral.com/forumapc/plantfinder/details.php?id=83>>. Acesso em: 19 fev. 2017.

PORTO, R.; ZAHED, K. F.; TUCCI, C.; BIDONE, F. Drenagem urbana. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. TUCCI, C. 2Ed. 2001. 943p.

RAVEN, P. H; EVERT, R. F; EICHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. (Coordenação de tradução Jane Elizabeth Kraus; revisão técnica Jane Elizabeth Kraus, Neuza Maria de Castro; tradução Ana Cláudia de Macêdo Vieira et al.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 831 p.

REYNOLDS, R. Potsdamer Square's Revitalization Since The Fall Of The Berlin Wall 25 Years Ago. **KOUW News and information**, 7 nov. 2014. Disponível em: <<http://kuow.org/post/potsdamer-squares-revitalization-fall-berlin-wall-25-years-ago>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

RIGO, N. Que erva daninha que nada: é Galinsoga. Paladar Comida. Estadão, 8 de abril de 2015. Disponível em: <<http://paladar.estadao.com.br/noticias/comida,que-erva-daninha-que-nada-e-galinsoga,10000007996>>. Acesso em 20 de jul. 2016.

ROCHA, C. M. C; ALVES, A. E; CARDOSO, A. S; CUNHA, M. C. C. Macrófitas Aquáticas como Parâmetro no Monitoramento Ambiental da Qualidade da Água. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 04, p. 970-983, 2012.

RODRIGUES, R. Reservas ambientais salvam SP de reprovar no mínimo de área verde. São Paulo: Folha de S. Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/saopaulo/2014/09/1518787-reservas-ambientais-savam-sp-de-reprovar-no-minimo-de-area-verde.shtml>>. Acesso em: 30 jan. 2015.

ROOF WATER FARM. Disponível em: folheto. Disponibilizado em: 15 mai. 2016.

ROOF WATER FARM. RWF strawberry harvest festival 2014 (c). Disponível em: <http://www.roofwaterfarm.com/site/wp-content/uploads/2014/06/RWF_LR_MG_0540-1024x682.jpg>. Acesso em: 22 fev. 2017.

ROSA, J. C. S. **Avaliação de impactos ambientais de um projeto de mineração: Um teste metodológico baseado em serviços ecossistêmicos**. São Paulo, 2014.

RUBY, M; APPLETON, B. Using landscape plants for phytoremediation. **Low Impact Development 2010: Redefining Water in the City**. ASCE, 2010.

SALATI, E. **Controle de qualidade de água através de wetlands construídos**. Rio de Janeiro, s/d.

SALLES, C. Maior crise hídrica de SP expõe lentidão do governo e sistema frágil. JusBrasil, fev., 2014. Disponível em: <<http://carollinasalle.jusbrasil.com.br/noticias/114419870/maior-crise-hidrica-de-sp-expoe-lentidao-do-governo-e-sistema-fragil>>. Acesso em: jan. de 2015.

SALT, D. M; BLAYLOCK, M; KUMAR, P. B. A. N; DUSCHENKOV, V; ENSLEY, B.D; CHET, I. RASKIN, I. Phytoremediation: A Novel Strategy for the Removal of Toxic Metals from the Environment Using Plants. **Nature Biotechnology**, v. 13, p. 468-474, 1995.

SANTOS, R. F. **O contexto histórico da definição conceitual de Serviços Ecossistêmicos**. Fapesp, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.fapesp.br/eventos/2014/02/biota/Rozely_Ferreira.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2015.

S Prefeitura de São Paulo - PMSP. **Atlas Ambiental do Município de São Paulo**. Fase I: Diagnóstico e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes no município de São Paulo. Relatório Final. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Secretaria Municipal De Planejamento Urbano. São Paulo, jul. 2002.

_____. Prefeitura de São Paulo - PMSP. **Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais de São Paulo** – **PMAPSP**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.aguaspluviais.inf.br/recomendacoes.aspx?id=5&ReclId=9>>. Acesso em: janeiro de 2015.

_____. Prefeitura de São Paulo - PMSP. **Plano Diretor Estratégico**. Lei n. 16.050, de 31 de julho de 2014. Estratégias ilustradas. 2014.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente - SMA. **Cadernos da Mata Ciliar**. Secretaria do Estado do Meio Ambiente, Coordenadoria da Biodiversidade e Recursos Naturais, N. 1 (2009) – São Paulo: SMA, 2009

_____. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente – SVMA. Mapa dos Remanescentes de Vegetação do Bioma Mata Atlântica no Município de São Paulo. Projeto: Elaboração do PMMA do Município de São Paulo. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente / Fundação SOS Pró-Mata Atlântica / Termo Coop. 001 / SVMA / 2015. Índice folga SCM: 2326. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/pmma/PMMA_2326.pdf>. Acesso em: 10 set. 2016

_____. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano - SMDU. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana - Vol. 1. São Paulo: SMDU & FCTH, 2012.

SARAIVA MARINA. Cidades e Soluções - Jardins Filtrantes. Globo News. 22 set. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/globo-news/cidades-e-solucoes/platb/tag/jardins-filtrantes/>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

SCHMIDT, 2001. **Das Urbane Gerwässer am Potsdamer Platz**. Watergy, Berlin, 2011. Disponível em: folheto. Acessado em: jun. 106.

SCILIANO, S. D; GERMIDA, J. J; BANKS, K; GREER, C. W. Chances in Microbial Community Composition and Function during Hydrocarbon Phytoremediation Field Trial. **Applied Environmental Microbiology**. Washington, v. 69, n. 1, p. 483-489, jan. 2003.

SENNA, L. R. *Amaranthaceae* in Flora Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB4302>>. Acesso em: 3 jul. 2016.

SHUTES, R. B. E. Artificial wetlands and water quality improvement. **Environment International**, v. 26, p. 441-447. 2001.

SHUTES, R. B. E.; ELLIS, J. B.; REVITT, D. M.; FORSHAWB, M.; WINTERB, B. Urban and Highway Runoff Treatment by Constructed Wetlands. **Developments in Ecosystems**, v. 1, 2004.

TABELA PERIÓDICA COMPLETA. Disponível em: <<http://www.tabelaperiodicacompleta.com/>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

TAGHAVI, S; BARAC, T; GREENBERG, B; BORREMANS, B; VANGRONSVELD, J; VAN DER LELIE, D. Horizontal gene transfer to endogenous endophytic bacteria from poplar improves phytoremediation of toluene. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 71, n. 12, p. 8500-8505, dez. 2010.

TOMAZ, P. **Poluição difusa**. Navegar Editora, 2. Ed, Brasil, 2006

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Considerations in the Design of Treatment Best Management Practices (BMPs) to Improve Water Quality**. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and ----Development U.S. Environmental Protection Agency, set. 2002.

_____. Constructed Treatment Wetlands. Office of Water, ago. 2004. Disponível em: <<http://www.US EPA.gov/owow/wetlands/pdf/ConstructedW.pdf>>. Acesso em: 29 de maio de 2014

_____. Constructed Treatment Wetlands. Office of Water, ago. 2004. Disponível em: <<http://www.US EPA.gov/owow/wetlands/pdf/ConstructedW.pdf>>. Acesso em: 29 de maio de 2014.

_____. **Introduction to Phytoremediation**. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, fev. 2000.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Sistema Integrado de Bibliotecas da USP. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: parte I (ABNT)** / Sistema Integrado de Bibliotecas da USP; Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro, coordenadora; Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro... [et al.], 3.ed. rev. ampl. Mod, São Paulo: SIBi-USP, 2016. 100p.: il. (Cadernos de estudos: 9)

UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER - UACDC. **Low Impact Development - a design manual for urban areas**. Arkansas: University of Arkansas Press, 2010.

UNRIC. Centro Regional de Informação das Nações Unidas. Relatório da ONU mostra população mundial cada vez mais urbanizada, mais de metade vive em zonas urbanizadas ao que se podem juntar 2,5 mil milhões em 2050. Departamento dos Assuntos Econômicos e Sociais (DESA), United

Nations, Nova Iorque, 10 de jul. 2015. Disponível em: <<http://www.unric.org/pt/actualidade/31537-relatorio-da-onu-mostra-populacao-mundial-cada-vez-mais-urbanizada-mais-de-metade-vive-em-zonas-urbanizadas-ao-que-se-podem-juntar-25-mil-milhoes-em-2050>>. Acesso em: 8 ago. 2015.

URBAN FOREST ECOSYSTEMS INSTITUTE. Select Tree: Tree Detail. FLOSS SILK TREE. *Ceiba speciosa*. Disponível em: <<https://selectree.calpoly.edu/tree-detail/ceiba-speciosa>>. Acesso em: 27 fev. 2017.

VALENTINI, C. M. A; RODRIGUEZ-ORTIZ, C.E; COELHO, M. F. B. *Siparuna guianensis* Aublet (negramina): uma revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, vol.12 no.1 Botucatu, jan./mar. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722010000100014>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

VIANA, F. T; CORREIA, T. M. B; MACHADO, M. I; COSTA, C. B. A utilização da fitorremediação em áreas contaminadas por petróleo e seus resíduos. In: IV Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Petróleo e Gás – PDPETRO. Campinas, out. 2007.

VITORINO, F. A; GONTIJO, C. A. V; LERMONTOV, A. **Wetlands - Processos naturais para remoção de nutrientes em estações de tratamento de esgotos**. Brasil, s/d. Disponível em: <<http://www.grupoaguasdobrasil.com.br/wp-content/uploads/2013/01/Wetland-Juturnaiba-.pdf>>

WHITE JR, P; WOLF, M. D. C; THOMAZ, G. J; REYNOLDS, C. M. Phytoremediation of alkylated polycyclic aromatic hydrocarbons in a crude oil-contaminated soil. **Springer Water, Air and Soil Pollution**, v. 169, p. 207-220, ago. 2006.

ZAFFANI, A. G. **Poluição Difusa da Drenagem Urbana com Base Ecohidrológica: Diagnóstico Atual e Cenários de Longo Prazo em Bacias Urbanas de São Carlos, SP**. São Carlos, 201

Índice remissivo de espécies de plantas de interesse para projetos de Infraestrutura Verde

A

<i>Agropyron desertorum</i>	72
<i>Agropyron smithii</i>	72
<i>Agropyron trachycaulum</i>	72
<i>Agrostis tenuis</i>	70
<i>Allamanda acathartica</i>	166
<i>Allamanda cathartica</i>	268
<i>Alocasia macrorrhizos</i>	229
<i>Alocasia sp.</i>	166, 200
<i>Alternanthera brasiliana</i>	166, 200, 258
<i>Alyssum wulfenianum</i>	76
<i>Andropogon</i>	70, 72
<i>Andropogon gerardi</i>	72
<i>Andropogon scoparius</i>	72
<i>Aristolochia macrophylla</i>	152
<i>Asparagus densiflorus</i>	233
<i>Asparagus densiflorus</i>	166, 200
<i>Astronium juglandifolium</i>	280
<i>Astronium urundeuva</i>	280
<i>Axonopus compressus</i>	200, 262
<i>Azolla</i>	88, 90, 199, 207, 209
<i>Azolla filiculoides</i>	199, 209
<i>Azolla pinnata</i>	90

B

<i>Bauhinia forficata</i>	201, 324, 325
<i>Bixa orellana</i>	202, 312
<i>Bolboschoenus robustus</i>	228
<i>Bouteloua curtipendula</i>	72
<i>Bouteloua gracillis</i>	72
<i>Brachiaria decumbes</i>	70
<i>Brassica juncea</i>	76, 80, 86, 200, 266

C

<i>Cabralea canjerana</i>	201, 330
<i>Cadiaeum variegatum</i>	166
<i>Campomanesia guazumaefolia</i>	201, 305
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	343
<i>Campsis radican</i>	152
<i>Cassia ferruginea</i>	292
<i>Cecropia</i>	202, 320
<i>Cedrela fissilis</i>	332
<i>Ceiba speciosa</i>	201, 301
<i>Ceratophyllum</i>	88, 90, 199, 211
<i>Ceratophyllum demersum</i>	90, 199, 211
<i>Chorisia speciosa</i>	301
<i>Chrysopogon zizanioides</i>	264

<i>Clematis</i>	152
<i>Cordyline terminalis</i>	166
<i>Costu spiralis</i>	166
<i>Costus spiralis</i>	200, 253
<i>Cryptocarya moschata</i>	297
<i>Ctemanthe setosa</i>	166
<i>Ctenanthe setosa</i>	200, 257
<i>Curculigo capitulata</i>	166, 200, 239
<i>Cyperus</i>	110, 164
<i>Cyperus alternifolius</i>	110
<i>Cyperus comosus</i>	110
<i>Cyperus gigantus</i>	110

D

<i>Dahlstedtia muehlbergiana</i>	201, 295
<i>Dianela ensifolia</i>	166
<i>Dianella ensifolia</i>	200, 245
<i>Dichondra microcalyx</i>	166, 200, 237
<i>Diebes bicolor</i>	166
<i>Dietes bicolor</i>	200, 241
<i>Duguetia lanceolata</i>	201, 284

E

<i>Eichhornia</i>	88, 90, 199, 213, 214
<i>Eichhornia crassipes</i>	90, 199, 213
<i>Elodea</i>	88, 90

<i>Elodea canadensis</i>	90
<i>Elodea nuttallii</i>	90
<i>Elymus canadensis</i>	72
<i>Erythrina</i>	189, 202, 314, 315
<i>Eugenia hiemalis</i>	201, 274

F

<i>Festuca</i>	70, 72, 76, 200, 260
<i>Festuca arundinacea</i>	72
<i>Festuca ovina</i> var. <i>duriuscula</i>	72
<i>Festuca rubra</i>	70, 72, 76
<i>Ficus guaranitica</i>	303

G

<i>Galinsoga parviflora</i>	166, 200, 249
<i>Gallesia gorazema</i>	308
<i>Gallesia integrifolia</i>	308
<i>Genipa americana</i>	201, 276
<i>Glycine max</i>	72

H

<i>Handroanthus impetiginosus</i>	201, 286
<i>Handroanthus ochraceus</i>	201, 288
<i>Hedera helix</i>	152
<i>Helianthus annuus</i>	200, 250
<i>Heliconia psittacorum</i>	166, 200, 255
<i>Hemerocalis sp</i>	166

<i>Hemerocallis x hybrida</i>	246
<i>Hibiscus cannabinus</i>	76
<i>Hydrangea anomala</i>	152
<i>Hydrangea petiolaris</i>	152
I	
<i>Inga</i>	202, 310
J	
<i>Japanese lawngrass</i>	86
L	
<i>Lecythis pisonis</i>	201, 328
<i>Lemna</i>	88, 90
<i>Lemna minor</i>	90
<i>Lespedeza cuneate</i>	72
<i>Liriodendron tulipifera</i>	78
<i>Lonicera div</i>	152
M	
<i>Maclura pomifera</i>	71
<i>Mahonia aquifolium</i>	166
<i>Malus fusca</i>	71
<i>Medicago sativa</i>	71, 72, 80
<i>Mentha aquatic</i>	90
<i>Mentha spicata</i>	71
<i>Monstera deliciosa</i>	166

<i>Morus rubra</i>	71
<i>Myracroduon urundeuva</i>	201, 280
<i>Myrcia tomentosa</i>	307
<i>Myriophyllum</i>	78, 88, 90, 199, 215, 216
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	78, 200, 215
<i>Myriophyllum spicatum</i>	90, 216
N	
<i>Nasturtium officinale</i>	90
<i>Nectandra megapotamica</i>	201, 298
<i>Neomarica caerulea</i>	166, 200, 243
<i>Nuphar lutea</i>	90
<i>Nymphaea</i>	130
O	
<i>Ocotea elegans</i>	201, 300
P	
<i>Panicum virgatum</i>	72
<i>Parapiptadenia rigida</i>	326
<i>Parthenocissus</i>	152
<i>Patamogeton</i>	88, 90, 200, 219
<i>Patamogeton crispus</i>	90
<i>Patamogeton pectinatus</i>	90
<i>Petiolaris</i>	152
<i>Phalaris</i>	90
<i>Phargmites</i>	90

<i>Pharmigmites</i>	88
<i>Phragmites</i>	90, 110, 112, 148
<i>Phragmites australis</i>	90, 110, 112
<i>Pinus taeda</i>	72
<i>Pistia</i>	88, 90, 110, 164, 200, 217
<i>Pistia stratiotes</i>	90, 164, 200, 217
<i>Pistia stratioides</i>	110
<i>Populus deltoides x nigra</i> DN34	78
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	90
<i>Potamogeton lucens</i>	90
<i>Potamogeton nodosus</i>	90
<i>Pterogyne nitens</i>	201, 294

Q

<i>Quercus falcata</i>	78
<i>Quercus virginiana</i>	78

S

<i>Salix humboldtiana</i>	202, 318
<i>Salix nigra</i>	78
<i>Salvinia</i>	88, 90, 110, 210
<i>Salvinia curiculada</i>	110
<i>Salvinia herzogii</i>	90
<i>Salvinia minima</i>	90, 210
<i>Sansevieria trefasciata laurentii</i>	166
<i>Sansevieria trifasciata var. laurentii</i>	234

<i>Sargitaria latifolia</i>	90
<i>Schefflera arboricola</i>	166
<i>Schizachyrium scoparius</i>	72
<i>Schizolobium parahyba</i>	202, 316
<i>Scirpus</i>	88
<i>Scirpus lacustres</i>	110
<i>Scirpus sp</i>	90
<i>Senna alata</i>	201, 271
<i>Senna obtusifolia</i>	201, 270
<i>Siparuna guianensis</i>	201, 278
<i>Solidago</i>	200, 252
<i>Sorghastrum nutans</i>	72
<i>Sorghum vulgare</i>	72
<i>Sphagneticola trilobata</i>	247
<i>Spirodela</i>	88, 90
<i>Spirodela intermedia</i>	90
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	200, 261
<i>Syngonium angustatum</i>	200, 231

T

<i>Tabebuia avellanedae</i>	286
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	286
<i>Tabebuia ochraceae</i>	288
<i>Tapirira guianensis</i>	201, 282
<i>Taxodium distichum</i>	78
<i>Thlaspi caerulescens</i>	76

<i>Thlaspi rotundifolium</i>	76
<i>Trichilia elegans</i>	201, 273
<i>Tricuspidata</i>	152
<i>Typha</i>	88, 90, 110, 148, 200, 220, 222, 224, 226
<i>Typha angustifolia</i>	226
<i>Typha domingensis</i>	224
<i>Typha latifolia</i>	90, 110, 200
<i>Typha latifolia</i>	222
V	
<i>Vallisneria spiralis</i>	90
<i>Vertivera zizanioides</i>	200, 264

<i>Vertivera zizanioide</i>	70
<i>Vitis</i> var. <i>varieties</i>	152

W

<i>Wedelia paludosa</i>	164, 200, 247
<i>Wisteria sinensis</i>	152

Z

<i>Zea mays</i>	200, 265
<i>Zebrina purpusii</i>	235
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	201, 290
<i>Zoysia japonica</i>	165, 166