

MÉTODOS PARA INSERÇÃO DE TÉCNICAS EM GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS
NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO E DESENHO URBANO: ESTUDOS DE CASO
EM GUARANTÃ DO NORTE, NA REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA, E NA REGIÃO
METROPOLITANA DE MELBOURNE, AUSTRÁLIA

Riane Torres Santiago Nunes

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Planejamento Energético.

Orientador(es): Marcos Aurélio Vasconcelos de
Freitas

Jorge Henrique Alves Prodanoff

Rio de Janeiro
Dezembro de 2011

MÉTODOS PARA INSERÇÃO DE TÉCNICAS EM GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS
NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO E DESENHO URBANO: ESTUDOS DE CASO
EM GUARANTÃ DO NORTE, NA REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA, E NA REGIÃO
METROPOLITANA DE MELBOURNE, AUSTRÁLIA

Riane Torres Santiago Nunes

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

Examinada por:

Prof. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, D.Sc.

Prof. Jorge Henrique Alves Prodanoff, D.Sc.

Prof^a. Maria Silvia Muylaert de Araújo, D.Sc.

Prof^a. Sylvia Meimaridou Rola, D.Sc.

Prof^a. Adriana Soares de Schueler, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
DEZEMBRO DE 2011

Nunes, Riane Torres Santiago

Métodos para Inserção de Técnicas em Gestão de Águas Pluviais no Processo de Planejamento e Desenho Urbano: Estudos de Caso em Guarantã do Norte, na Região Amazônica Brasileira, e na Região Metropolitana de Melbourne, Austrália/ Riane Torres Santiago Nunes - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

XVII, 194 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas
Jorge Henrique Alves Prodanoff

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2011.

Referências Bibliográficas: p. 180-187.

1. Gestão de Águas Pluviais. 2. Planejamento e Desenho Urbano 3. Drenagem Urbana. 4. Tecnologias WSUD. I. Freitas, Marcos Aurélio Vasconcelos, *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

“A carpa japonesa (Koi) tem a capacidade natural de crescer de acordo com o tamanho do ambiente em que vive. Assim, num pequeno tanque ela geralmente não passa de 5 a 7 centímetros, mas pode atingir três vezes esse tamanho se colocada num lago.

Do mesmo modo, as pessoas tendem a crescer de acordo com o ambiente que as cerca. Neste caso, porém, crescimento não se refere a características físicas, mas ao desenvolvimento emocional, intelectual e espiritual.

Enquanto a carpa é obrigada, para seu próprio bem, a aceitar os limites do seu mundo, nós estamos livres para estabelecer as fronteiras de nossos sonhos.

Se você é um peixe maior do que o tanque em que foi criado, em vez de adaptar-se a ele, deve buscar o oceano, mesmo que a adaptação inicial seja desconfortável e dolorosa.”

Eduardo Carmello, 2008.

A minha família, base que edifica meu ser,
Aos meus amigos, pela alegria e assistência compartilhada,
E a Ciarán, pelo amor e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, pela saúde, pelo amparo espiritual e pela oportunidade de crescimento intelectual e de vivenciar novas experiências.

Aos meus pais Arnaldo Nunes e Nezita, e irmãos Arnaldo Júnior e Breno, aos quais agradeço pelo amor e apoio incondicional em todas as minhas decisões, trajetórias e conquistas no curso de minha vida.

Ao meu noivo Ciarán MacCormaic, agradeço imensamente pelo amor, carinho, compreensão, paciência e colaboração ao longo dessa jornada.

Aos meus orientadores Marcos Freitas e Jorge Prodanoff, o meu MUITO obrigado pelo grande aprendizado, pelo apoio e pela confiança durante todo o processo do doutorado.

À Luciana de Medeiros e a Ludmila de Moraes, fiéis amigas, irmãs de longa data, que também vieram se aventurar no curso de doutorado da UFRJ na Ilha do Fundão. À Edmaro e Kiko (Magno Vianna), amigos potiguares queridos e presentes (antes e) durante minha estada no Rio de Janeiro.

Ao meu primo Thiago Nunes, pela amizade, colaboração com a minha pesquisa de tese e boas conversas sobre os anseios da vida de um arquiteto e urbanista.

As garotas super-poderosas: Barbara Franz, Clea Rogério, Claudia Daza, Camilla Motta, Eurídice e Mariana Egler pelos momentos inesquecíveis de grande alegria, companheirismo e assistência compartilhada frente aos desafios do mundo da pesquisa e de um curso de doutorado.

Ao amigo Leandro Beser, também super-poderoso e companheiro de luta do doutorado, o meu obrigado pelo valioso presente de sua amizade.

A todos do saudoso grupo de pesquisa “Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos” do IVIG/COPPE/UFRJ: Gustavo, Heitor Viola, Bia Hassan, Zé Sena, Bruna Miceli e outros amigos já citados.

À Marta Foeppel e Alberto Villela do IVIG, pela amizade, momentos de alegria e de responsabilidade conjunta em prol da criação da Coleção Mudanças Globais.

O meu agradecimento à Sylvia Rola, Tatiana Valle, Bia Alves, Neilton, Ednaldo Pereira, Rodrigo Ribas, Veloni, Ednaldo dos Santos e tantos outros da comunidade “Iviguiana” (IVIG/COPPE/UFRJ) pelo convívio e aprendizado ao longo desses anos.

Igualmente, a todos os professores do PPE/COPPE/UFRJ e a equipe da secretaria acadêmica, em especial, Sandra, Paulo, Fernando e Simone.

Aos professores do DRHIMA (Escola Politécnica), a Vanda e Romilda da secretaria acadêmica, local que se tornou minha segunda “casa” nestes últimos anos de UFRJ.

À CAPES e ao programa PDEE do Ministério da Educação por financiar minha pesquisa de tese e o meu estágio na Austrália. Igualmente, ao IVIG (Fundação COPPETEC/UFRJ) e ao DNIT (Ministério dos Transportes) por financiar o projeto de pesquisa do caso brasileiro em Guarantã do Norte (MT).

Aos professores Ana Deletic, Tony Wong, todo o Departamento de Engenharia Civil da *Monash University* e ao *Centre for Water Sensitive Cities* pela oportunidade de ampliar meus conhecimentos.

Aos pesquisadores e amigos da *Monash University*: Cintia, Kathy, Fern, Shelley, Perrine, Yali Li, Emily, Stefania, Nurses, Peter Bach e Peter Poelsma, Stacey e Corey.

À Tais, Kimie, Michela, Letícia e Sylvia Hungria, amigas brasileiras residentes na Austrália, sempre prestativas e presentes que chegaram para alegrar a minha vida.

À professora de inglês para exame IELTS Mavis Radley, como para Ciarán e meu irmão Breno, pelo grande auxílio no aprendizado e aprimoramento da língua inglesa.

A toda família TORRES, SANTIAGO NUNES e MacCORMAIC que engrandecem o sentido de minha vida. Em especial, a minha cunhada e amiga Lívia que deu vida e graça à Benjamin Nunes.

Igualmente, aos meus amigos Manuella, Érika, Laurinha, Karina, Adriana Malizia, Dalila, Joana (e Felipe), e tantos outros que já fazem parte da grande família Nunes, o meu muito obrigado pelo eterno apoio e torcida pelo meu sucesso e felicidade.

À Doutrina Espírita e ao Lar de Tereza, pelo meu equilíbrio espiritual, ensinamentos e pelo presente destas amizades: Emília, Luiza, Felipe, Diva, Cláudia Marques, Cláudia Arder, Magali, Verônica, Vanessa, Maurício, Ricardo, Serginho e Graça.

Por fim, agradeço ao exemplo de coragem de todos aqueles que deixaram o ceio de sua família e de sua terra natal para desbravar o mundo.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

MÉTODOS PARA INSERÇÃO DE TÉCNICAS EM GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO E DESENHO URBANO: ESTUDOS DE CASO EM GUARANTÃ DO NORTE, NA REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA, E NA REGIÃO METROPOLITANA DE MELBOURNE, AUSTRÁLIA

Riane Torres Santiago Nunes

Dezembro/ 2011

Orientadores: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas

Jorge Henrique Alves Prodanoff

Programa: Planejamento Energético

Ao longo das últimas décadas, políticas e estratégias ambientais foram criadas em todo o mundo. Porém, os reflexos da urbanização e do crescimento populacional sobre os recursos hídricos são ainda o grande desafio dos governos locais. O aumento da demanda de água potável, do volume do escoamento superficial, a poluição da água e a degradação ambiental, são agora intensificados pela variabilidade e mudança do clima. A Austrália é hoje referência mundial em gestão de águas pluviais, com conceito de planejamento integrado “*Water Sensitive Urban Design*” (WSUD). As tecnologias WSUD de drenagem são também conhecidas por BMPs (*Best Management Practices*). Esta pesquisa tem, portanto, o objetivo de desenvolver um guia de procedimentos de caráter técnico (relativos à drenagem urbana) e legal (de prescrição urbanística) para alocar espaço para as práticas WSUD em gestão de águas pluviais no planejamento e desenho urbano das cidades, em três diferentes escalas: lote, vias públicas, vizinhança (áreas verdes, praças, espaços públicos de lazer e esporte). O método foi aplicado em duas localidades: uma na região metropolitana de Melbourne (Austrália) e outra na cidade de Guarantã do Norte (MT, Região Amazônica Brasileira). Os resultados deste trabalho visam também à transferência de conhecimento e uma maior integração entre a área de engenharia dos recursos hídricos e de planejamento urbano, além de benefícios na preservação do recurso água e na vida da população.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

METHODS FOR INSERTING STORMWATER MANAGEMENT TECHNIQUES INTO THE URBAN PLANNING AND DESIGN PROCESS: CASE STUDIES IN GUARANTÃ DO NORTE, IN BRAZILIAN AMAZON REGION, AND IN MELBOURNE METROPOLITAN REGION, AUSTRALIA

Riane Torres Santiago Nunes

December/2011

Advisors: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas
Jorge Henrique Alves Prodanoff

Department: Energy Planning

Over the last few decades, a number of environmental strategies and policies have been created in many places in the world. However, urbanization and population growth pressure on our water resources still pose enormous challenges for local governments. Rising demand for potable water, the increase in runoff, pollution and degradation of natural water systems, are now intensified by climate variability and the impacts of climate change. Australia is known world-wide for its integrated stormwater management practices, and in particular, the planning approach *Water Sensitive Urban Design* (WSUD). The WSUD drainage techniques are also known as Best Management Practices (BMPs). This thesis aims therefore, to present the development of a set of guideline procedures, with urban drainage technical aspects as well as land use planning regulations, for allocating space to WSUD stormwater technologies into the urban planning and design of cities. The procedures apply on three different scales: allotment, streetscape and precinct scale (e.g. parks, green corridors, civic places, public areas for recreation and sport activities). The method was applied in two distinct places: Melbourne metropolitan region (Australia) and Guarantã do Norte city (MT State, Brazilian Amazon Region). The results of this work provide the transfer of knowledge and improved linkages between hydrological engineers and urban designers and planners, as well as, benefits to preserve the water resources and to enhance the lives of the population.

Sumário

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 A RELEVÂNCIA DO TEMA.....	4
1.2 O DELINEAMENTO DOS OBJETIVOS DA PESQUISA.....	8
1.3 A DEFINIÇÃO DOS OBJETOS DE ESTUDO	10
1.4 A ESTRUTURA DA TESE	12
CAPÍTULO 2 - A GESTÃO DE ÁGUAS E O PLANEJAMENTO URBANO: AS RAZÕES PARA UMA INTEGRAÇÃO.....	14
2.1 OS EFEITOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O USO DO SOLO E A DINÂMICA HIDROLÓGICA.....	14
2.2 A VULNERABILIDADE DAS CIDADES E DOS RECURSOS HÍDRICOS FACE À VARIABILIDADE E A MUDANÇA DO CLIMA.....	20
2.3 O NOVO URBANISMO E OS PRINCÍPIOS DO SMART GROWTH	24
2.4 A DRENAGEM SUSTENTÁVEL E SUAS VERSÕES INTERNACIONAIS	31
CAPÍTULO 3 – WATER SENSITIVE URBAN DESIGN – A REFERÊNCIA AUSTRALIANA EM PLANEJAMENTO E GESTÃO INTEGRADA	35
3.1 A ORIGEM DO CONCEITO WSUD	35
3.2 OS OBJETIVOS DA PRÁTICA WSUD	38
3.3 AS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS WSUD.....	41
3.3.1 Valas Vegetadas	46
3.3.2 Sistemas de Biorretenção ou Biofiltração	48
3.3.3 Alagados Construídos.....	51
3.3.4 Bacias de Detenção ou Retenção.....	54
3.3.5 Pavimento Poroso	56
3.3.6 Telhados Verdes.....	58
CAPÍTULO 4 - A ESTRUTURA METODOLÓGICA DO BLUE PLAN	61
4.1 OS PRINCÍPIOS GERAIS DO BLUE PLAN.....	61
4.2 A ESTRUTURA GERAL DO BLUE PLAN	65
4.2.1 ESTÁGIO 1: Revisão dos Princípios Gerais de WSUD.....	65
4.2.2 ESTÁGIO 2: Revisão do Processo de Planejamento Urbano	70
4.2.3 ESTÁGIO 3: A integração dos parâmetros.....	74
4.3 A CONSTRUÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DO BLUE PLAN.....	74
4.4 PARÂMETROS DO BLUE PLAN PARA ESCALA DE LOTE	77

4.5. PARÂMETROS DO BLUE PLAN PARA ESCALA DE VIAS PÚBLICAS	80
4.6 PARÂMETROS DO BLUE PLAN PARA ESCALA DE VIZINHANÇA	87
CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DO BLUE PLAN NA AUSTRÁLIA	92
5.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DO CASO AUSTRALIANO.....	93
5.2 APLICAÇÃO DO BLUE PLAN NA AUSTRÁLIA	95
5.2.1 PROCEDIMENTO I – Políticas de Planejamento Urbano (PR.1).....	96
5.2.2 PROCEDIMENTO II – Condicionantes do Sítio (PR.2).....	98
5.2.3 PROCEDIMENTO III - Normas Urbanísticas e Construtivas (PR.3).....	99
5.2.4 PROCEDIMENTO IV - Análise do Layout e Desenho do Sítio (PR.4)	105
5.2.5 PROCEDIMENTO V - Oportunidades e Limitações para Implantação das Tecnologias WSUD (PR.5).....	108
5.2.6 PROCEDIMENTO VI – Critério de Área Legal e Útil do Sítio (PR.6).....	111
5.2.7 PROCEDIMENTO VII – Seleção das Potencias Tecnologias WSUD (PR.7).....	113
5.3 SÍNTESE DA APLICAÇÃO DO BLUE PLAN NA AUSTRÁLIA	118
CAPÍTULO 6 - APLICAÇÃO DO BLUE PLAN NO BRASIL.....	120
6.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DO CASO BRASILEIRO	121
6.2 APLICAÇÃO DO BLUE PLAN NO BRASIL.....	124
6.2.1 PROCEDIMENTO I – Políticas de Planejamento Urbano (PR.1).....	124
6.2.2 PROCEDIMENTO II – Condicionantes do Sítio (PR.2).....	124
6.2.3 PROCEDIMENTO III – Normas Urbanísticas e Construtivas (PR.3)	126
6.2.4 PROCEDIMENTO IV - Análise do Layout e Desenho do Sítio (PR. 4)	142
6.2.5 PROCEDIMENTO V - Oportunidades e Limitações para Implantação das Tecnologias WSUD (PR.5).....	151
6.2.6 PROCEDIMENTO VI - Critério de Área Legal e Útil do Sítio (PR.6).....	153
6.2.7 PROCEDIMENTO VII - Seleção das Potencias Tecnologias WSUD (PR. 7).....	156
6.3 SÍNTESE DA APLICAÇÃO DO BLUE PLAN NO BRASIL.....	164
CAPÍTULO 7 – DISCUSSÕES, RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES DA PESQUISA.....	167
7.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES DA PESQUISA.....	167
7. 2 CONCLUSÕES	176
CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS	180
APÊNDICES - REGISTROS DAS VISITAS TÉCNICAS	188

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Diferentes interpretações de um problema e soluções conflitivas entre técnicos e a comunidade local.

Figura 2.1 – Os impactos do processo de urbanização na dinâmica hidrológica.

Figura 2.2 – Fases de transição do ambiente natural para áreas urbanizadas.

Figuras 2.3 : Vista do Mint Plaza e dos *raingardens* (sistemas de biorretenção).

Figura 3.1 – Evolução das estratégias em gestão de águas pluviais e da introdução de WSUD na Austrália.

Figura 3.2 – Esquema da integração e hierarquia entre as BPPs e as BMPs.

Figura 3.3 – Exemplos de valas vegetadas valorizando o espaço urbano.

Figura 3.4 – Ilustração de vala vegetada.

Figura 3.5 – Exemplos de passeios com valas vegetadas (calçadas verdes).

Figura 3.6 – Sistema de biorretenção no canteiro central (Zetland, NSW, Austrália).

Figura 3.7 – Ilustração do sistema de biorretenção em canteiro central.

Figura 3.8 – Biofiltros encaixado no solo, adequados para projetos em escala de lote.

Figura 3.9 – Ilustrações de biofiltros com estrutura elevada, adequados para projetos em escala de lote.

Figura 3.10 – Sistemas de biorretenção (*bioretention trees*) em vias públicas em Melbourne, Austrália.

Figura 3.11 – Exemplos da aplicação de Alagados Construídos.

Figura 3.12: Alagados Construídos no calçadão do prédio do banco NAB (Docklands, Melbourne, Austrália).

Figura 3.13 – Esquema do projeto de um alagado construído.

Figura 3.14 – Bacia de retenção durante forte evento de chuva na Austrália.

Figura 3.15 – Lagos ornamentais com função de bacias de retenção.

Figura 3.16: Tipo de pavimento poroso - Modular Hydropave (à direita) e Monolítico Permapave (à esquerda).

Figura 3.17: Exemplos de aplicação de pavimento permeável.

Figura 3.18: Experimento com uso da técnica de telhados verdes.

Figura 3.19: Aplicação de telhados verdes no Rio de Janeiro.

Figura 4.1 – Os sete princípios gerais do BLUE Plan

Figura 4.2 – “Equação” da Liveability

Figura 4.3 – A Estrutura Geral do BLUE Plan

Figura 4.4: Os parâmetros urbanísticos e seus múltiplos arranjos.

Figura 4.5 – Os procedimentos do BLUE Plan.

Figura 4.6 – Potencial das tecnologias WSUD segundo sua escala.

Figura 5.1 – Localização da cidade de Melbourne na Austrália.

Figura 5.2 - Localização da cidade de Manningham na Região Metropolitana de Melbourne, Austrália.

Figura 5.3 - Perspectiva de vista aérea de Doncaster Hill.

Figura 5.4 - Zoneamento do Bairro de Doncaster Hill.

Figura 5.5 – Localização das áreas de estudo em Doncaster Hill

Figura 5.6 – Exemplos de biofiltros com estrutura elevada em escala de lote.

Figura 5.7 – Esquema e foto da técnica de pavimento poroso em canteiros públicos.

Figura 5.8 – Exemplos de aplicação *biofiltros* em canteiros públicos e em lote.

Figura 5.9 – Exemplos de valas ou faixas vegetadas (calçadas verdes)

Figura 5.10 – Esquema de perfil de via com sistema de biofiltração (*planter box*).

Figura 5.11 – Foto e esquema de detalhe construtivo do biofiltro (*planter box*)

Figura 6.1 – Localização da cidade de Guarantã do Norte

Figura 6.2 - Área de influência do Plano para Amazônia Sustentável (PAS).

Figura 6.3 – Distribuição das chuvas médias mensais entre os anos de 1999 e 2009 no município de Guarantã do Norte – MT.

Figura 6.4 – Zoneamento e Áreas de Interesse Ambiental de Guarantã do Norte

Figura 6.5 – Planta de situação dos objetos de estudo em Guarantã do Norte

Figura 6.6 – Fotos da Escola Darcy Ribeiro

Figura 6.7 – Vista da quadra de esportes e dos corredores das salas de aula da escola Darcy Ribeiro

Figura 6.8 – Vista da Avenida Curitiba e da Rua Porto Alegre.

Figura 6.9 – Vistas do local destinado ao Parque do Lago e do córrego da nascente (à direita) em Guarantã do Norte.

Figura 6.10 – Proposta para incorporação no Plano Diretor de Guarantã do Norte – Recorte 1 do Microzoneamento.

Figura 6.11 – Proposta para incorporação no Plano Diretor de Guarantã do Norte – Recorte 2 do Microzoneamento.

Figura 6.12 – Tecnologias WSUD propostas para Escola Darcy Ribeiro em Guarantã do Norte.

Figura 6.13 – Potenciais áreas da escola para aplicação das tecnologias WSUD e reúso da água pluvial pós-tratamento.

Figura 6.14: Local indicado para recuperação com jardim ornamental.

Figura 6.15 – Av. Curitiba (à esquerda) e a Rua Porto Alegre (à direita).

Figura 6.16 – Tecnologias WSUD propostas para a Avenida Curitiba em Guarantã do Norte

Figura 6.17 – Vistas da Av. Rotary Internacional – acesso principal do Parque do Lago.

Figura 6.18 – Tecnologias WSUD propostas para o Parque do Lago Municipal em Guarantã do Norte

Figura 7.1: Exemplos de sistemas de biorretenção em canteiros na Austrália.

Figura 7.2 – Exemplos de aplicação de biofiltros em áreas densamente urbanizadas.

Figura 7.3 – Sistemas de retenção em calçadas e canteiros com meio-fio descontínuo.

Figura 7.4 – Desenho de valas vegetadas com meio-fio descontínuo.

Figura 7.5 – Exemplos de faixas vegetadas ou calçadas verdes.

Figura 7.6 – Canteiros com desenho inadequado no Brasil.

Figura 7.7 – Sistemas de biorretenção em árvores nas calçadas e em pequenas bacia de retenção em faixas de estacionamento.

Figura 7.8 – Foto e esquema de sistema de biorretenção inserido em estacionamentos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Médias mensais de temperatura e de índice pluviométrico da região metropolitana de Melbourne

Tabela 5.2 – Geometria da Rua Fifth (street)

Tabela 5.3 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil para escala de lote

Tabela 5.4 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil para escala de vias públicas

Tabela 5.5 – PR.7: Seleção das tecnologias WSUD para o caso Australiano

Tabela 6.1 – Aspectos Físico-ambientais de Guarantã do Norte

Tabela 6.2 – Parâmetros para ocupação do solo na macrozona urbana de Guarantã do Norte

Tabela 6.3 – Geometria das vias selecionadas para Guarantã do Norte

Tabela 6.4 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil do Sítio

Tabela 6.5 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil para escala de vias públicas

Tabela 6.6 – PR.7: Seleção das tecnologias WSUD para o caso Brasileiro

LISTA DE QUADROS

- Quadro 2.1 – Principais impactos da urbanização sobre uma bacia hidrográfica
- Quadro 3.1 – Resumo da aplicabilidade das principais práticas WSUD em gestão de águas pluviais
- Quadro 3.2 – As vantagens da Natureza
- Quadro 4.1 – Tecnologias WSUD em gestão de águas pluviais escolhidas para esta pesquisa
- Quadro 4.2. – Os parâmetros de design das tecnologias WSUD
- Quadro 4.3 – Os parâmetros de planejamento urbano do estágio 2 do BLUE Plan
- Quadro 4.4 – Quadro Resumo do BLUE Plan para escala de lote
- Quadro 4.5 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil do Sítio
- Quadro 4.6 – PR.7: Seleção das tecnologias WSUD para escala de lote
- Quadro 4.7 – Definição hierárquica do sistema viário
- Quadro 4.8 – Classificação das vias públicas
- Quadro 4.9 – Quadro Resumo do BLUE Plan para escala de vias públicas
- Quadro 4.10 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil das vias públicas
- Quadro 4.11 – PR.7: Seleção das potenciais tecnologias WSUD na escala de vias públicas
- Quadro 4.12 – Zonas de Uso Público
- Quadro 4.13 – Categorias de Espaços Públicos para a Escala de Vizinhança
- Quadro 4.14 – Quadro Resumo do BLUE Plan para escala de vizinhança
- Quadro 4.15 – PR.7: Seleção das potenciais tecnologias WSUD na escala de Vizinhança
- Quadro 5.1 – A estrutura do Melbourne Planning Scheme (Plano Diretor)
- Quadro 5.2 – Categorias de Densidade Urbana empregadas na Austrália
- Quadro 5.3 – Compilação das nomenclaturas de vias públicas
- Quadro 5.4 - Usos específicos propostos para o lote 2B em Doncaster Hill, Austrália.
- Quadro 5.5 - Típico mobiliário urbano da região metropolitana de Melbourne
- Quadro 5.6 – Síntese da aplicação do BLUE Plan na escala de lote na Austrália
- Quadro 5.7 – Síntese da aplicação do BLUE Plan na escala de vias Públicas na Austrália
- Quadro 6.1 – Descrição do estágio de desenvolvimento da área de estudo no Brasil
- Quadro 6.2 – Áreas de Uso Especial em Guarantã do Norte

Quadro 6.3 – Classificação da tipologia da edificação em estudo em Guarantã do Norte

Quadro 6.4 – Parâmetros urbanísticos de ocupação do solo de Guarantã do Norte

Quadro 6.5 – Parâmetros de construtivos das edificações em Guarantã do Norte

Quadro 6.6 – Normas construtivas para escolas e estabelecimentos de ensino

Quadro 6.7 – Classificação das Vias em Guarantã do Norte

Quadro 6.8 – Classificação do Mobiliário Urbano

Quadro 6.9 – Normas para canteiros e arborização pública

Quadro 6.10 – Política Ambiental do Município de Guarantã do Norte

Quadro 6.11 – Política da Paisagem Urbana e do Uso do Espaço Público

Quadro 6.12 – Usos específicos da Escola Municipal Darcy Ribeiro

Quadro 6.13 – Proposta para elementos de desenho urbano nas vias públicas de Guarantã do Norte

Quadro 6.14 – Proposta para equipamentos urbanos para o Parque do Lago em Guarantã do Norte

Quadro 6.15 – Síntese da aplicação do BLUE Plan para escala de lote no Brasil

Quadro 6.16 – Síntese da aplicação do BLUE Plan para escala de vias públicas no Brasil

Quadro 6.17 – Síntese da aplicação do BLUE Plan para escala de vizinhança no Brasil

Capítulo 1 - Introdução

Vivemos em um mundo globalizado onde a informação chega até nós em questão de segundos. Diariamente recebemos notícias sobre a crise econômica americana e européia, sobre os conflitos no oriente médio, desastres naturais na Ásia, ausência de condições básicas humanitárias na África, dentre outros.

Na temática ambiental, defrontamo-nos em nosso dia-a-dia com relatos sobre os problemas ambientais globais, a exemplo da mudança do clima, risco de escassez dos combustíveis fósseis, fontes alternativas de energia, enfim, tudo aquilo que envolve o tema da sustentabilidade e conservação dos recursos naturais.

Enquanto isso, a maioria dos tomadores de decisão, planejadores e gestores públicos, ainda não promovem ações, de forma satisfatória, para minimizar ou prevenir a ocorrência de problemas socioambientais em escala local, mas especificamente em nossas cidades. Em paralelo, a consciência ambiental da sociedade caminha a passos lentos e poucas iniciativas em prol do coletivo são de fato observadas. É difícil, na verdade, reduzir o consumo de bens num mundo capitalista, mas poder-se-ia gerenciar de modo mais eficiente a nossa água, a nossa energia e o nosso lixo gerado.

No Brasil, a esfera institucional federal fez esforços significativos na criação de programas e estratégias ambientais nas últimas décadas, especialmente após a Conferência das Nações Unidas do Rio de Janeiro em 1992, onde se criou a Agenda 21 e se difundiu o termo desenvolvimento sustentável. Todavia, se analisarmos na esfera institucional municipal, especificamente no âmbito de ações ambientais dirigidas pelos órgãos de planejamento e gestão das cidades, na prática pouco progresso foi verificado e ações implementadas.

Quem atua na área ambiental, sabe que este campo exige a presença de grupos multidisciplinares. Em nosso país, ainda não alcançamos a prática de uma gestão integrada. Anualmente temos os mesmos problemas recorrentes de alagamentos, enchentes e deslizamentos com prejuízos materiais, econômicos e vidas humanas. Então, por que numa área urbana já consolidada ou num novo bairro em expansão, as instituições de planejamento urbano não discutem como minimizar os impactos da mudança de uso do solo na dinâmica hidrológica local juntamente com engenheiros especializados e/ou profissionais de órgão gestores da água?

Um real modelo de gestão integrada ocorre quando órgãos gestores do setor de recursos hídricos, planejamento urbano e meio ambiente promovem reuniões regulares, onde os projetos nos bairros e nas (sub) bacias hidrográficas são discutidos em conjunto. No entanto, o que se vê é uma falta de articulação entre os atores e uma carência de informação e comunicação entre as diversas partes envolvidas.

O resultado desta falta de articulação, aliada aos problemas de ordem social, são projetos urbanos situados em área de planície de inundação, rios e córregos canalizados, mata ciliar invadida e impermeabilizada, população em áreas de riscos, degradação ambiental, dentre outros. Em geral, a incipiente participação da comunidade local no processo de planejamento urbano e de campanhas de educação ambiental também não contribui positivamente na prevenção de tais problemas.

De forma ilustrativa, expõe-se a figura 1.1 na qual faz alusão sobre a desarticulação e comunicação entre os órgãos gestores responsáveis, iniciativa privada e comunidade local num processo de planejamento urbano. Fazendo menção ao tema da gestão de águas pluviais, então, poder-se-ia imaginar uma situação onde os moradores reivindicam a reforma da pavimentação de suas calçadas, com mais área gramada (permeável).

Problemas como estes são recorrentes em nossas cidades, ocasionando alterações irreversíveis, em sua maioria, no balanço hídrico, no microclima local, na flora e nos ecossistemas aquáticos, onde as consequências são bastante conhecidas: alagamentos, inundações, deslizamentos, ilhas de calor, poluição das águas, degradação ambiental, perda da biodiversidade, dentre outros, refletindo negativamente na qualidade de vida dos cidadãos.

O planeta terra vive em constante transformação, seja por processos naturais, como a variabilidade climática, seja por ações antrópicas, causando a mudança do clima. Sabe-se que o aumento do regime de chuvas poderá agravar significativamente

os problemas citados anteriormente nos centros urbanos. Já nos cenários onde se prevêem a redução das médias pluviométricas mensais, podem ocorrer períodos de estiagem mais prolongados, na qual a oferta hídrica poderá ficar seriamente prejudicada, ameaçando o abastecimento de água das residências, da indústria e agricultura em diversas regiões do Brasil e do mundo.

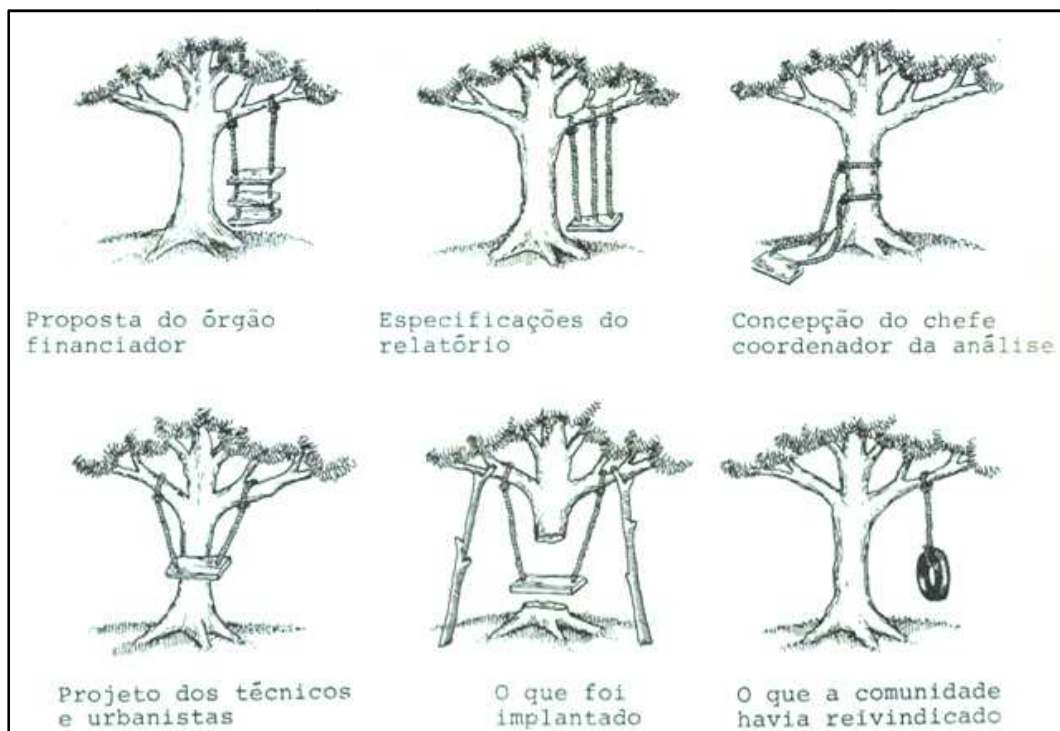


Figura 1.1 – Diferentes interpretações de um problema e soluções conflitivas entre técnicos e a comunidade local.

Fonte: Del Rio, 1990.

Segundo Baptista *et al* (2005), dados do censo demográfico do IBGE do ano de 2000 contabilizam que a população brasileira que vive em áreas urbanas já atingiu a marca dos 81%. A maioria dessas áreas urbanas se localiza ao longo de cursos d'água e de zonas costeiras. As comunidades carentes que vivem em áreas irregulares, de risco e em locais sem planejamento e infraestrutura são as mais vulneráveis à ocorrência de qualquer evento extremo.

Uma forma de aumentar a capacidade de adaptação, segundo Tucci (2002), é introduzir aspectos relacionados aos impactos da mudança do clima nos planos de desenvolvimento, como, por exemplo: inserindo medidas de adaptação no planejamento do uso da terra e nos projetos de infraestrutura; inserindo medidas de

redução da vulnerabilidade nas estratégias existentes de redução dos riscos de desastres.

Ainda, fazendo-se uma associação com o reconhecido conceito da ONU “*pensar globalmente e agir localmente*”, Baptista *et al* (2005) reforça sobre a importância de proceder um estudo global do funcionamento do conjunto da bacia hidrográfica, com o recurso computacional de simulação por meio de modelos hidrológicos. O mesmo completa afirmando que a distribuição difusa no tecido urbano apresenta a vantagem de armazenar ou subtrair quantidades importantes de água, sem implicar em restrições ao uso do espaço físico e sem utilizar equipamentos muito sofisticados.

Sobretudo, verifica-se a necessidade de capacitar os recursos humanos das instituições públicas municipais de planejamento urbano e de gestão de águas no Brasil. Além da questão da articulação, deve se promover a transferência de tecnologia e de informação sobre as novas tendências em gestão de águas integrada a paisagem urbana.

1.1 A RELEVÂNCIA DO TEMA

Os aspectos morfológicos das bacias de drenagem, assim como suas amplitudes de relevo, conferem uma rugosidade à paisagem que combina, em sua textura superficial, com as diferentes coberturas de vegetação e de uso e ocupação das terras pelo homem. Trata-se de um mosaico dinâmico cuja transformação é impulsionada por forças da natureza, especialmente climática, ou induzido pelas mudanças de uso e ocupação do solo (Coelho Netto & Avelar, 2007).

No processo de urbanização tradicional, a cobertura da bacia hidrográfica é amplamente modificada para pavimentos impermeáveis como: ruas, passeios públicos, ciclovias, estacionamentos, telhados, quadras esportivas, etc., reduzindo consideravelmente a infiltração das águas de chuva e do escoamento subterrâneo. Normalmente, os rios são canalizados e suas margens ocupadas de forma permanente por empreendimentos para fins residenciais, comerciais, industriais e de prestação de serviços. Pensada de forma pontual, o sistema de drenagem urbana introduz condutos para escoamento pluvial sem mobilizar ações conjuntas de limpeza urbana e de saneamento básico, muitas vezes até sem prever o impacto sobre os

corpos d'água receptores. Assim, tais modificações no uso do solo e no uso dos corpos hídricos causam significativa degradação ambiental e sensíveis alterações no balanço hídrico que poderá se reverter em perda na qualidade de vida para a população.

A Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC, 2008) afirma que os desastres naturais mais comuns no Brasil são as enchentes, a seca, a erosão e deslizamentos de terra. De acordo com o *Emergency Events Database* (EM-DAT, 2007) - a base de dados internacional sobre desastres situada na Bélgica - entre os anos de 2000 e 2007 mais de 1,5 milhões de pessoas foram afetadas por algum tipo de desastre no Brasil. No mesmo período, ocorreram no país 36 grandes episódios de enchentes, secas, deslizamentos de terra, gerando prejuízos econômicos da ordem de mais de US\$ 2,5 bilhões.

Estudos realizados por Rogério et al (2011) entre os anos de 2003 e 2007, sobre eventos de inundação, alagamentos e deslizamentos no estado do Rio de Janeiro apontam que 46% para população total afetada registrada pela Defesa Civil foi proveniente de eventos de alagamento. Estes dados demonstram que o crescimento populacional, a expansão das cidades e da infraestrutura urbana (em especial dos sistemas de drenagem) não estão sendo planejados de maneira eficiente. A este processo somam-se as rápidas mudanças do uso e cobertura do solo (com o incremento das taxas de impermeabilização), o aumento do volume do escoamento superficial, e também, a aceleração do seu fluxo.

É válido lembrar que a definição de *alagamentos* não tem nenhuma relação com fenômeno de cheia dos rios ou com transbordamento das águas de qualquer outro corpo hídrico e sim, na verdade, com a redução da infiltração natural do solo urbano. Segundo Castro (2003), este evento é, portanto, definido como águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes.

A vulnerabilidade ambiental das populações é hoje fato notório entre profissionais da iniciativa privada, da comunidade científica e gestores públicos, decorrente de um crescimento urbano sem a adequada harmonia com os corpos hídricos e com o meio ambiente. Atualmente, somam-se aos problemas de ordem social os problemas ambientais, onde o resultado é um elevado e crescente número de casos de inundações, perdas materiais, prejuízos à saúde humana e aos cofres públicos.

Nesse contexto, expõe-se a importância de se promover pesquisas, políticas e planos de desenvolvimento urbano para aprimorar a articulação do uso e ocupação do solo com a gestão das águas pluviais visando uma gestão sustentável da drenagem urbana. Igualmente, faz-se necessário a criação de projetos e ações estruturais e não-estruturais dirigidas à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por enchentes urbanas e ribeirinhas. Para tal, a Secretaria de Saneamento Ambiental do Governo Federal adotou novos princípios para o Programa Drenagem Urbana Sustentável fundamentados no conceito de *LID* (do inglês, *Low Impact Development*) que se traduz em soluções mais eficazes e econômicas quando comparadas às soluções tradicionais de drenagem urbana. Esta abordagem, adotada pelo Ministério das Cidades (2007), consiste na implementação em medidas de engenharia de controle hidrológico em pequena escala para replicar o regime hidrológico nas bacias no estágio de pré-urbanização, por meio de técnicas de infiltração, filtração, armazenamento, evaporação e retenção do escoamento superficial (*runoff*) próximo a fonte.

Tais iniciativas, baseados nos princípios das práticas americanas de LID obtêm como resultado uma área que passará a ter um comportamento similar às condições hidrológicas de pré-urbanização, significando menor escoamento superficial, menores níveis de erosão e de poluição das águas e, conseqüentemente, menores investimentos para a mitigação de impactos a jusante. (Adaptado do Ministério das Cidades, 2007)

Prodanoff (2005) acrescenta que este novo modelo para gestão de águas pluviais incorpora técnicas inovadoras da engenharia, como a construção de pavimentos permeáveis e de canais abertos com vegetação, ambos buscando atenuar as vazões de pico e, também reduzir a concentração de poluentes das águas de chuva nas áreas urbanas.

Assim, Azevedo *et al* (2008) consideram mais importante tratar a produção dos escoamentos, com atuações distribuídas sobre a paisagem urbana, de forma a reduzir e retardar picos de cheia, permitir a recarga do lençol freático e buscar restaurar as condições aproximadas do escoamento natural. Essa nova abordagem calcada no conceito de urbanização sustentável atua como medida básica e preventiva. Sobretudo, nesse novo conceito, a não ampliação da cheia deve ser uma premissa no desenvolvimento de novas áreas e na recuperação de áreas degradadas.

De acordo com *Victorian Stormwater Committee/CSIRO* (2006), a adoção dessas técnicas inovadoras para projeto e gestão das águas pluviais urbanas, proporciona principalmente os seguintes benefícios:

- Melhoria e proteção dos sistemas aquáticos naturais em áreas urbanas;
- Integração do tratamento de águas de chuva com a paisagem urbana, incorporando múltiplos usos (reúso e uso eficiente da água) e a otimização do visual paisagístico e recreacional;
- Proteção da qualidade da água do sistema de drenagem em áreas urbanas;
- Redução do *Runoff* (escoamento superficial) e dos picos em áreas urbanas com emprego de medidas de retenção/retenção e minimização de áreas impermeabilizadas;
- Valorização imobiliária e redução dos custos de infra-estrutura do sistema de drenagem.

Contudo, **uma questão fundamental na drenagem de águas pluviais urbanas é a alocação de espaços**. No Brasil, embora o gerenciamento da drenagem seja realizado pelas prefeituras municipais, na prática não há ainda uma visão multidisciplinar na atuação dos órgãos de gestão pública que integre esse gerenciamento ao planejamento urbano, afirma Canholi (2005). Por esta razão, procura-se trazer para o Brasil novas práticas em gestão de águas pluviais urbanas, onde se destaca a Austrália como referência mundial em Gestão Sustentável de Águas Urbanas.

A cidade de Melbourne e demais capitais na Austrália desenvolvem hoje diversos projetos de pesquisa nessa área, em especial com uma nova abordagem em Planejamento Urbano integrado a Gestão de Águas Pluviais denominada *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) que objetiva minimizar o impacto da urbanização, da mesma forma que o LID, no ciclo hidrológico local e no meio ambiente. O governo australiano tem investido amplamente no aprimoramento das tecnologias WSUD de drenagem urbana, visando diminuir sua demanda de água potável por habitante. Além disso, acredita-se que um planejamento urbano integrado às práticas WSUD, respeitando legislação e os planos urbanísticos e ambientais, pode se constituir numa valiosa ferramenta de gestão para uma relação mais harmônica entre os corpos hídricos e a população.

Especialistas alegam que o sucesso de práticas avançadas em WSUD é precedido por uma estrutura essencial em planejamento urbano e gestão de águas

pluviais. Tal estrutura é necessária para se alcançar soluções efetivas em custos sociais e ambientais e, também, para se aprimorar os resultados em todas as escalas do processo de urbanização. Assim, para tal êxito, uma região e/ou bacia urbana deve, segundo Lloyd, Wong & Chesterfield (2001) prover-se de uma estrutura em planejamento e gestão de modo a atuar em quatro grandes categorias: design e tecnologia; sistema regulador; avaliação e custos; aceitação e marketing.

As práticas e tecnologias WSUD podem abranger as seguintes finalidades: controle do fluxo do escoamento superficial (*runoff*), proteção contra inundações, retenção ou detenção, coleta/tratamento/reúso da água da chuva, tratamento para controle e manutenção da qualidade dos corpos hídricos, dentre outros.

Além disso, tanto os princípios do WSUD quanto do *Smart Growth* baseiam no aumento de área permeável, arborização, integração e valorização estética da paisagem urbana, incremento de áreas públicas para lazer e práticas de esportes, melhoria do microclima local e da qualidade ambiental urbana.

Diante de tal contexto, entende-se a importância de trazer a experiência australiana em gestão de águas pluviais integrada ao planejamento urbano para nossas cidades brasileiras. Em especial, espera-se que esta pesquisa possa trazer novos desdobramentos, como a contribuição da transferência de tecnologia e a possibilidade de capacitação de novos profissionais na área de planejamento urbano e de gestão de águas, tanto no meio acadêmico como no campo institucional.

1.2 O DELINEAMENTO DOS OBJETIVOS DA PESQUISA

Durante a estada na Austrália, entre os anos de 2009 e 2010, observou-se um significativo avanço no campo da engenharia de drenagem, tanto no que se refere à melhoria do desempenho e design das técnicas para captação e tratamento de água das pluviais, (sejam estas oriundas dos telhados ou escoamento superficial em áreas urbanas), quanto do setor de modelagem hidrológica.

Além do aprimoramento de softwares como MUSIC, verificou-se uma nova tendência em softwares que buscam simular cenários de crescimento populacional e infraestrutura urbana, como VIBe, DAnCe, SUSTAIN¹, dentre outros.

Contudo, quando ultrapassamos a fronteira do mundo virtual, das simulações matemáticas e das bases georeferenciadas, nos deparamos com profissionais da engenharia de recursos hídricos que, em geral, não compartilham informações com gestores e planejadores do espaço urbano. E o caminho inverso igualmente inexistente.

Embora, a Europa, os Estados Unidos e, em especial, as capitais Australianas, estejam bastante adiantados em relação ao Brasil, nas iniciativas institucionais em planejamento e gestão integrada, nota-se ainda a presença de poucos urbanistas capacitados na área de drenagem e gestão de águas, como também, poucos engenheiros hidrólogos que conheçam as regulamentações urbanísticas de uso e ocupação do solo das cidades.

Diante da tal carência de comunicação e informação entre estes dois setores profissionais, formulou-se o objetivo que iria nortear esta pesquisa de tese e que, ao mesmo tempo, buscasse suprir essa deficiência no processo de planejamento das cidades e na gestão das águas pluviais. Para tal, o **objetivo geral** desta tese fundamenta-se em propor um guia de procedimentos de caráter técnico (relativo às tecnologias de drenagem) e legal (de prescrição urbanística) para alocar espaço para as práticas WSUD em gestão de águas pluviais no planejamento e desenho urbano das cidades.

Além disso, como forma de auxiliar a direção e desenvolvimento desta pesquisa, determinou-se os seguintes **objetivos específicos**:

- Estudar as prescrições urbanísticas, legislação, códigos e normas afins, examinando exemplos brasileiros e australianos;
- Estudar as tecnologias WSUD referente à gestão de águas pluviais, observando os principais elementos técnicos de projeto, aplicação, benefícios e limitações de cada uma delas;

¹ MUSIC - Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualisation; VIBe - Virtual Infrastructure Benchmarking; Transitions modelling - based on transition theory and Sustainability and Infrastructure Systems; SUSTAIN model - System for Urban Stormwater Treatment and Analysis Integration; Agent-Based models of Energy Investment decisions - drivers of change, sustainability and innovation; DAnCE4Water - Dynamic Adaptation for enabling City Evolution for Water.

- Desenvolver um método que possibilite a inserção das tecnologias WSUD, em 3 diferentes escalas de projeto: lote, vias públicas, vizinhança (espaços públicos, em especial, praças, áreas verdes, de lazer e de esporte);
- Propor uma estrutura metodológica aplicável a qualquer porte de cidade, em diferentes tipologias, seja em áreas de domínio público ou privado, aferindo ainda, recomendações de como adaptá-la à realidade brasileira.

1.3 A DEFINIÇÃO DOS OBJETOS DE ESTUDO

A realização do estágio PDEE/CAPES² na região metropolitana de Melbourne (RMM, Austrália), entre os anos de 2009 e 2010, foi etapa fundamental desta pesquisa para o aprendizado da abordagem em *Water Sensitive Urban Design* (WSUD), mais especificamente, das práticas em gestão de águas pluviais integrada ao planejamento e ao desenho urbano.

O contato com a ampla bibliografia e a experiência laboratorial do Departamento de Engenharia Civil na Monash University junto ao grupo de pesquisadores coordenados pela professora *Ana Deletic*, propiciou uma boa compreensão sobre a funcionalidade, benefícios, limitações da prática WSUD. As visitas técnicas foram igualmente importantes, para o entendimento das principais características de design, das várias formas e escalas de aplicabilidade dessas tecnologias nas cidades.

Além disso, a vivência e a discussão com outros doutorandos e pesquisadores que trabalham com o tema da modelagem e concepção do design para tratamento da qualidade da água pluvial possibilitaram o conhecimento e a inclusão de novas idéias e tendências para interação entre dados da infraestrutura, populacional e planejamento urbano com dados utilizados em modelos hidrológicos.

A participação no grupo de pesquisa no *Centre for Water Sensitive Cities* (*Monash Sustainability Institute*), em workshops com instituições de planejamento do governo e em reuniões técnicas com profissionais especialistas da empresa privada foram também essenciais para alcançar discussões mais amplas sobre as etapas que

² Programa de Doutorado no Brasil com Estágio no Exterior (PDEE), popularmente conhecido como “Doutorado Sanduíche”, financiado pelo Governo Brasileiro, Ministério da Educação e Agência CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

abrange o processo (como projeto, execução, operação e manutenção das práticas WSUD), bem como, dos desafios e barreiras atuais que envolvem a questão.

Então, foram a partir das experiências supracitadas que pode se pensar quais áreas urbanas seriam mais atrativas e interessantes no contexto técnico e ambiental de aplicabilidade da metodologia proposta neste trabalho. Dessa forma, o bairro de Doncaster Hill situado no município de Manningham foi prontamente eleito para estudo caso, dado seu perfil e importância no processo de planejamento e desenvolvimento urbano da região metropolitana de Melbourne.

O bairro de Doncaster Hill foi escolhido pelo Estado de Victoria para ser um dos pólos de desenvolvimento da região metropolitana de Melbourne, no qual visa concentrar grande oferta de serviços, comércio, eficiente infraestrutura de transporte, e parques com áreas de uso público para atividades de lazer e esportes.

A experiência na *Monash University* possibilitou grande aprimoramento técnico e metodológico para a pesquisa. O incremento metodológico durante o estágio na Austrália envolveu a aplicação dos procedimentos nas três escalas de projeto propostas (lote, vias públicas e vizinhança).

A realização do caso brasileiro foi viabilizada mediante o apoio do centro de pesquisa IVIG/COPPE/UFRJ³ e sua parceria com o DNIT⁴ (Ministério dos Transportes) no Plano de Desenvolvimento Regional e Sustentável da área de influência da BR-163, na Região Amazônica Brasileira.

O projeto da BR-163, financiado pelo Governo Federal, abrange diversas cidades pertencentes a três estados do país: Mato Grosso, Pará e Amazonas, ligando a cidade de Cuiabá (MT) até o porto no município de Santarém (PA). Dentro do amplo contexto que envolve o projeto da BR-163, dois programas em especial chamaram atenção: Programa de Apoio Técnico às Prefeituras e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Regional. Estes programas enumeravam aspectos bastante favoráveis para o caso, entre eles um de seus objetivos dirigido à revisão dos Planos Diretores e a elaboração de planos de consolidação da infraestrutura nos Municípios.

Dessa forma, selecionou-se a cidade de Guarantã do Norte, situada ao extremo norte do Estado de Mato Grosso para realização do caso brasileiro. A cidade

³ IVIG - Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais da COPPE/UFRJ.

⁴ DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (Ministério dos Transportes, Brasília).

faz parte do grupo de municípios que compõem os 21 Programas Ambientais da BR-163, voltados para a prevenção, mitigação e compensação dos impactos ambientais na Região Amazônica Brasileira.

Foram ainda, realizadas visitas ao município de Garantã do Norte e entrevistas com as Secretarias de Infraestrutura, do Comércio, de Educação e de Saúde do município com intuito de verificar quais seriam as reais potencialidades de do local. A visita teve, portanto, retorno positivo ao encontrar uma bacia hidrográfica urbana que oferecia grandes possibilidades para adaptar as práticas WSUD em gestão de pluviais à realidade brasileira, bem como, de propiciar a aplicação do caso nas três escalas de projeto da estrutura metodológica proposta nesta pesquisa.

1.4 A ESTRUTURA DA TESE

A estrutura da tese está dividida em 7 capítulos, no qual o primeiro se remete a parte, contento a introdução, a relevância do tema, o delineamento dos objetivos da pesquisa e a definição dos objetos de estudos. O segundo capítulo expõe as razões pelas quais se devem realizar integração entre o campo da gestão de águas pluviais e do planejamento e desenho urbano. Dessa forma, este capítulo contextualiza a problemática do impacto da urbanização sobre a cobertura vegetal, as bacias hidrográficas e o balanço hídrico local. Em seguida aborda sobre a vulnerabilidade das cidades e dos recursos hídricos face à variabilidade e mudança do clima.

Posteriormente, o capítulo 2 apresenta as iniciativas em planejamento urbano que já incorporam aspectos em prol do bem-estar social, da preservação ambiental e da gestão integrada com os recursos hídricos. Estes conceitos são denominados de *Novo Urbanismo* e *Smart Growth*. De forma complementar, introduz-se a abordagem da drenagem sustentável e suas nomenclaturas internacionais de temática similar, como *Best Management Practices* (BMPs), *Low Impact Development* (LID) desenvolvido nos Estados Unidos, e por fim, apresentando o conceito amplamente difundido na Austrália, *Water Sensitive Urban Design* – WSUD.

Dando continuidade as partes supracitadas, o capítulo 3 faz novamente destaque ao conceito australiano de planejamento integrado *Water Sensitive Urban Design*, explicando sua origem, seus objetivos, suas principais tecnologias, benefícios e limitações da prática. O capítulo 4 vem então a detalhar a estrutura metodológica proposta para esta pesquisa de tese, intitulada de BLUE Plan – *Benchmarking for*

Liveable Urban Environments. Nesse momento, é demonstrado os princípios gerais que nortearam a elaboração desta metodologia, a descrição dos 3 estágios e a construção dos 8 procedimentos.

O guia de procedimentos proposto abrange parâmetros de caráter técnico (relativos à drenagem urbana) e legais (de prescrição urbanística) para alocar espaço para tecnologias WSUD no desenho urbano da cidade em três diferentes escalas: lote, vias públicas, vizinhança (em especial, áreas verdes, praças, espaços públicos de lazer e esporte).

Os capítulos 5 e 6 conferem a aplicação do BLUE Plan na Austrália e no Brasil, respectivamente. No capítulo 5, o guia de procedimentos foi aplicado na região metropolitana de Melbourne, Estado de Victória (Austrália). Em seguida, no capítulo 6, foi aplicado na cidade de Guarantã do Norte, Estado do Mato Grosso, Região Amazônica Brasileira.

O capítulo 7 expõe os resultados, recomendações e conclusões, apresentando discussões comparativas entre os dois casos, e recomendações de como adaptar as práticas australianas a realidade brasileira, tanto para o município de Guarantã do Norte, como para outras cidades em diferentes estágios de desenvolvimento. Além disso, ressaltando a importância da sua contribuição científica desta pesquisa, acerca da transferência de conhecimento e de uma maior integração entre as áreas de engenharia dos recursos hídricos e de planejamento urbano, bem como, as possibilidades de futuros desdobramentos no tema.

Por conseguinte, o capítulo 8 lista as referências bibliográficas usadas neste trabalho. E, por fim, os apêndices encerram mostrando os principais registros das visitas técnicas realizados ao longo do curso desta pesquisa de tese.

Capítulo 2 - A Gestão de Águas e o Planejamento Urbano: as razões para uma integração

É impossível cessar o crescimento das cidades. No entanto, é possível se estudar, planejar e implementar projetos urbanísticos e de infraestrutura urbana de modo que visem minimizar o impacto sobre o ambiente natural, em especial, sobre as bacias hidrográficas e sobre o balanço hídrico local.

O capítulo 2 contextualiza a problemática desta pesquisa, além de introduzir as iniciativas em planejamento urbano que já incorporam aspectos em prol do bem-estar social, da preservação ambiental e da gestão integrada dos recursos hídricos.

2.1 OS EFEITOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O USO DO SOLO E A DINÂMICA HIDROLÓGICA

Diferentemente dos demais recursos naturais, a água tem a propriedade de se renovar continuamente. Seu comportamento natural relativo à distribuição e movimentação de água no planeta é caracterizado pelo conceito de ciclo hidrológico.

A distribuição espacial e temporal da água se dá através da interação de fenômenos variados, envolvendo componentes e processos específicos relacionados com a hidrosfera, atmosfera, biosfera e litosfera. As movimentações hidrológicas através destas camadas resultam em ocorrências de água nas três diferentes fases, presentes no ar, oceanos, rios, lagos, seres vivos, solos e rochas (Coelho Netto & Avelar, 2007).

A identificação da distribuição da água na paisagem, bem como sua quantificação, é difícil de ser estabelecida na escala global do ciclo hidrológico. Portanto, para que seja possível quantificar a entrada e saída em sub-sistemas locais ou regionais do ciclo hidrológico é necessário que se tenha uma área com limites bem

definidos, ou seja, a bacia hidrográfica - o chamado divisor de drenagem ou divisor de águas.

No entanto, o desenvolvimento urbano modifica a cobertura vegetal e interfere severamente no fluxo e balanço hídrico⁵ local, desequilibrando a dinâmica hidrológica, seja na alteração dos volumes dos diversos processos hidrológicos, seja interpondo-se no caminho natural deles. Os principais impactos da urbanização no balanço hidrológico de uma bacia urbana, constatados por Tucci (2005), são os seguintes:

- Redução da infiltração no solo;
- Aumento do escoamento superficial e das vazões máximas;
- Diminuição do nível do lençol freático;
- Redução da evapotranspiração das folhagens e cobertura vegetal do solo.

De acordo com Augusto (2008), quanto maior for a transformação das superfícies do terreno, tornando-as menos permeáveis à infiltração das águas e diminuindo a capacidade de retenção natural, maior será a parcela contribuinte para os escoamentos superficiais e, maior a probabilidade de alagamentos e inundações.

De forma geral, a necessidade de ocupação das áreas de várzea ao longo dos séculos, a abundância de recursos naturais e espaço terrestre com baixa densidade demográfica nas cidades fez com que o homem não tivesse a devida preocupação com o correto uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica, já que estes fenômenos hidrológicos não eram tão freqüentes.

Contudo, Martins (2004) afirma que a facilidade de acesso aos recursos e ao espaço físico é prática comum até os dias atuais que aliada à falta de planejamento urbano sob o aspecto hidrológico, ou mesmo, falta de conhecimento quanto aos fenômenos naturais associados, e ainda, a explosão demográfica faz com que esses problemas se tornassem mais freqüentes e intensos, principalmente nos países em desenvolvimento.

O crescimento urbano ocorrido com forte densificação resulta em extensa cobertura de áreas impermeáveis, grande demanda de água e esgoto restrita a pequenas áreas. O conflito transmite-se para as águas urbanas com a canalização do escoamento pluvial, alagamentos e inundações, sistemas de esgoto inadequados com

⁵ Balanço hídrico ou hidrológico refere-se às medidas de entrada e saída de água em uma bacia hidrográfica.

baixo nível de tratamento, colocando em risco a qualidade da água para abastecimento humano.

Tucci (2005) explica que esse conjunto de problemas se deve principalmente a gestão fracionada nessas áreas urbanas, ou seja, a falta de um trabalho integrado entre as instituições de planejamento e infraestrutura urbana. Na figura 2.1 pode se observar um conjunto de processos que se origina no uso do solo, ocupação da área de inundação ribeirinha, impermeabilização e canalização do escoamento, resultando na aceleração do escoamento na drenagem e os consequentes impactos (SUDERSHA, 2002).



Figura 2.1 – Os impactos do processo de urbanização na dinâmica hidrológica

Fonte: Sudersha, 2002.

Além de todos os impactos gerados pela ação antrópica num processo urbanização, o aumento do consumo em virtude do crescimento populacional também gera significativo impacto, pois diminui a disponibilidade hídrica para o abastecimento humano, passando a requerer maiores ações e investimentos em infra-estrutura de água e energia para ampliar a oferta para população.

Nesse sentido, é igualmente relevante demonstrar de forma sintética os principais impactos gerados num processo de urbanização sobre uma bacia hidrográfica no quadro 2.1 a seguir, elaborado por Porto et al (1993).

Quadro 2.1 – Principais impactos da urbanização sobre uma bacia hidrográfica

Ações Antrópicas	Impactos na bacia
Impermeabilização do solo	Aumento da vazão de cheia; Acelera o tempo dos picos das cheias; Inibe a recarga natural dos aquíferos; Aumento dos eventos de alagamento.
Redes de Drenagem	Maiores picos a jusante
Lixo	Degradação da qualidade d'água e do solo; Entupimento de bueiros e galerias; Assoreamento de canais e rios; Moléstias de veiculação hídrica.
Redes de Esgoto Deficientes	Degradação da qualidade d'água; Moléstias de Veiculação Hídrica.
Desmatamento e desenvolvimento desordenado	Maiores picos e volumes; Mais erosão; Assoreamento em canais, galerias e rios.
Ocupação das Várzeas (áreas sujeitas naturalmente a inundações e intensificadas pela ação antrópica)	Maiores Picos de cheias; Maiores prejuízos e custos de utilidade pública; Maiores efeitos das moléstias de veiculação hídrica;
Crescimento Populacional e aumento do consumo	Diminuição da disponibilidade hídrica para abastecimento humano; Maiores investimentos em infra-estrutura.

Fonte: Adaptado de Porto et al., 1993.

Em relação ao quadro 2.1, Prodanoff (2011) explica que a ocupação desordenada das encostas, retirada da vegetação nativa, construções muito próximas às calhas dos rios, ineficientes sistemas de drenagem e esgotamento, serviço deficiente de recolhimento de resíduos sólidos depositados nas ruas e lixo doméstico imprópriamente disposto, são, dentre outros, fatores agravantes dos impactos catastróficos decorrentes de chuvas intensas.

O desenvolvimento urbano tem como consequência imediata o aumento da quantidade de superfícies impermeabilizadas (p. ex. avenidas, estacionamentos,

passeios públicos, telhados, etc.). As águas pluviais provenientes destas áreas podem conter também uma quantidade significativa de poluentes, sendo que o sistema de drenagem coletor irá lançar toda esta carga nos corpos hídricos receptores, que é um dos aspectos mais negativos, dentre os diversos impactos ambientais advindos dos escoamentos urbanos. Para os casos onde exista regulamentação ambiental quanto ao padrão de lançamento, será necessário tratar os escoamentos antes que eles atinjam o corpo d'água ou córrego principal (Prodanoff, 2011).

Baptista *et al* (2005) *apud* Baptista & Nascimento (1996) sintetiza a problemática afirmando que a urbanização intensa observada ao longo da segunda metade do século XX veio evidenciar os limites das soluções clássicas de drenagem urbana no tocante à sua real eficácia. Para tal, o mesmo pontua com bastante propriedade os impactos da mudança do uso solo na dinâmica hidrológica dessas soluções clássicas de drenagem:

- Ao retirar das áreas urbanizadas as águas de drenagem pluvial o mais rapidamente possível, transferem-se para jusante os problemas de inundação. Nesse sentido, novas áreas urbanizadas têm tendência a provocar inundações mais freqüentes em áreas de urbanização mais antigas;
- Como resultado, novas obras de drenagem devem ser construídas a jusante, tais como aumento de seção transversal de canais naturais, substituição de condutos de maior diâmetro, etc. Essas obras são, em geral, muito onerosas e seu custo deve ser suportado por toda a comunidade;
- A canalização de cursos d'água gera na população uma falsa idéia de segurança com respeito à inundações, facilitando a ocupação de áreas ribeirinhas. Isto acontece, sobretudo, quando os municípios não incluem no Plano Diretor ou no Plano de Ocupação de Solos, zoneamentos que contemplem uma análise de risco de inundação. Essas áreas podem, eventualmente, serem ocupadas por população de baixa renda que, por falta de opção, admite uma maior vulnerabilidade. A ocorrência de inundações nessas áreas, como conseqüência da própria urbanização ou, simplesmente associada ao próprio fenômeno natural, muitas vezes resulta em perdas de vidas humanas e em prejuízos econômicos consideráveis;

- Normalmente as soluções clássicas não contemplam os problemas de qualidade de água. No Brasil são comuns os problemas de inadequação do funcionamento do sistema de drenagem causados por deposição de sedimentos, que têm origem em processos erosivos intensificados pela urbanização e/ou por deficiências no sistema de limpeza urbana. Os outros problemas de qualidade das águas de drenagem pluvial não são geralmente percebidos porque as fortes cargas de poluentes geradas pelos esgotos sanitários lançados *in natura* nos cursos d'água mascaram a real dimensão do problema;
- Finalmente, as soluções clássicas conduzem, muitas vezes, a situações irreversíveis que limitam outros usos presentes ou futuros da água em meio urbano. Como exemplo, poder-se-ia citar a construção de galerias, que impossibilitaria a inserção dos cursos d'água na paisagem urbana e a prática de atividades esportivas e de lazer junto a estes.

Em suma, à medida que o próprio homem modifica o equilíbrio natural dos caminhos de drenagem, desmata e ocupa o solo indevidamente, as conseqüências serão voltadas contra o seu próprio bem-estar e suas economias, destaca Augusto (2008).

Além disso, o próprio crescimento população desloca e amplia o limite urbano, incentivando a migração da população e expansão da cidade devida a especulação imobiliária. Este processo, por sua vez, impulsiona a redução da cobertura vegetal e de remanescentes de floresta nativa, ampliando as superfícies impermeáveis e afetando de forma mais brusca e negativa a dinâmica hidrológica da região.

Sabe-se o quanto é complexo o processo de evolução das cidades e o quanto se é difícil frear uma série de transformações numa bacia hidrográfica. Por outro lado, o inadequado planejamento desse crescimento e a falta de ordenação no uso do solo urbano intensificam os impactos negativos na bacia e acarretam expressiva degradação ambiental, perda da qualidade de vida e até sérios prejuízos a saúde população.

Portanto, Prodanoff (2011) reforça sobre a necessidade de se integrar a gestão dos recursos hídricos (agenda azul), com outras diferentes agendas existentes em uma bacia urbana como a *Agenda Verde*, para o ambiente, e a *Agenda Marrom*, para a cidade. Estas políticas devem também ser ativamente compatibilizadas nesta

unidade de planejamento geral, que é a bacia hidrográfica. Para que estas técnicas de engenharia sejam aplicadas, a fim de assegurar a exploração sustentável dos sistemas de drenagem, novos métodos de planejamento urbano e de gestão são necessários.

2.2 A VULNERABILIDADE DAS CIDADES E DOS RECURSOS HÍDRICOS FACE À VARIABILIDADE E A MUDANÇA DO CLIMA

As alterações climáticas associadas às mudanças de uso e cobertura do solo têm efeito direto no ciclo hidrológico, e, conseqüentemente, na dinâmica de escoamento superficial e subsuperficial das águas. Alguns flagelos da humanidade estão relacionados, de um modo geral, aos fenômenos hidrológicos extremos, tais como inundações, tempestades, deslizamentos, proliferação, transmissão de doenças, estiagem, desertificação, entre outros. Esses fenômenos não são exclusivamente de origem natural, porém sempre ocorreram ao longo dos tempos (Rogério *et al*, 2011).

O Quarto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) prevê como um dos principais impactos para o Setor de Recursos Hídricos o aumento na frequência de eventos de precipitação pluviométrica intensa, elevando o risco de inundações e de efeitos adversos na qualidade da água superficial e subterrânea. O IPCC (2007) afirma também que é provável o aumento da extensão das áreas afetadas por secas, podendo levar a escassez generalizada de água.

Outro alerta divulgado pelo IPCC em 2007 é a previsão do aumento de temperatura média global entre 1,4 a 5,8 °C até o final deste século. Assim, num cenário de um aquecimento global, potencializado pelas atividades antrópicas, poderá causar à aceleração do ciclo hidrológico, levando a ocorrência em maior frequência e intensidade dos eventos extremos nas diversas regiões do Brasil.

Igualmente, o *Potsdam Institute for Climate Impact Research* (2007) informou que as modificações na sazonalidade, na distribuição espacial e nos regimes das chuvas influenciarão a quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e, conseqüentemente conflitos nos usos da água poderão ocorrer nos mananciais dos sistemas de abastecimento de água. O Instituto completa ainda expondo que as elevadas intensidades de chuvas após longos períodos de estiagem –

nos quais é reduzida a permeabilidade do solo – induzirão o incremento do escoamento superficial (*runoff*) e a ineficiência da recarga de aquíferos subterrâneos.

Nesse contexto, Volschan Jr (2008) ressalta que os desafios do setor de águas urbanas frente às mudanças climáticas compreenderão a proteção e o uso eficiente dos recursos hídricos, a manutenção dos padrões de prestação de serviços, a garantia da proteção da saúde pública e do ambiente, e a limitação dos impactos financeiros e econômicos sobre o próprio setor e os seus consumidores. O mesmo também adverte que áreas urbanas desprovidas de rede coletora de esgotos e de galerias de águas pluviais estarão em situação sanitária-ambiental ainda mais adversa no caso de chuvas mais intensas e freqüentes.

Dessa forma, Levina & Adams (2006) explicam que países em desenvolvimento, visando uma melhor adaptação dos seus setores de águas urbanas às mudanças climáticas, devem direcionar atenção para as seguintes ações:

- Rever e atualizar a legislação sobre águas urbanas visando adequá-las para as adaptações necessárias;
- Implementar um modelo sustentável para permissão de extração de águas superficiais e subterrâneas;
- Avaliar a capacidade institucional instalada e adaptá-la para gestão da águas urbanas;
- Desenvolver estratégias de planejamento dos sistemas de águas urbanas;
- Criar sistemas formais de informação entre diferentes organizações, setores, esferas públicas administrativas e a comunidade científica.

Independentemente do grau de desenvolvimento, Levina (2006) acrescenta que os países devem adotar medidas como estratégias de adaptação às mudanças no clima, dentre as quais se destaca a de integrar a gestão dos recursos hídricos com o uso do solo, regulamentando a ocupação e o desenvolvimento de áreas alagáveis.

Contudo, Volschan Jr (2008) enfoca que há dúvidas sobre a incorporação de cenários de mudanças climáticas no planejamento e nos projetos de engenharia de futuros sistemas de águas urbanas. O estágio atual sobre as mudanças climáticas ainda não é prontamente determinante para a imposição de novos critérios de projeto e de adaptações físicas estruturais ou operacionais dos sistemas de águas urbanas existentes. Volschan Jr (2008) reforça ainda afirmando que a discussão, o planejamento e a ação sobre a cidade do presente nos prepara para a administração da cidade do futuro.

Assim, *Greater London Authority* (2006) recomenda que as estratégias de natureza técnica devam ser baseadas na aplicação das melhores tecnologias disponíveis e no gerenciamento e otimização da demanda de água, no aproveitamento de águas de chuva e no uso de esgotos sanitários tratados (*Potsdam Institute for Climate Impact Research, 2007*).

No mundo, assim como no Brasil, a degradação dos biomas terrestres reflete um rastro histórico, e ainda atual, de transformações induzidas principalmente pela apropriação, uso e ocupação das terras pelo homem. A exploração econômica e predatória dos recursos da natureza levou a instabilidade de grande parte dos sistemas de bacias hidrográficas. Esta instabilidade resulta no aumento da vulnerabilidade do meio que habitamos, onde as ameaças e os riscos relacionados à água tendem a se intensificar e a se tornar cada vez mais freqüentes (Coelho Netto & Avelar, 2007).

Santos & Caldeyro (2007) define a vulnerabilidade ambiental como uma condição intrínseca do território (características locais naturais e humanas) que, em interação com o tipo e a magnitude do evento que induzimos, resulta numa grandeza de efeitos adversos.

O terceiro relatório do IPCC (2001), por sua vez, apresentou a definição de vulnerabilidade como sendo “o grau de suscetibilidade ou de incapacidade de um sistema de enfrentar aos efeitos adversos da mudança climática, incluindo a variabilidade e os extremos do clima”. Esse relatório ressalta ainda que a vulnerabilidade é “uma função do caráter, magnitude e velocidade da mudança do clima e da variação a qual um sistema está exposto, de sua sensibilidade e de sua capacidade de adaptação”.

No atual contexto, Franz (2011) expõe que as políticas aplicadas à gestão dos recursos hídricos deveriam incluir medidas voltadas para resolver primeiramente as vulnerabilidades atuais em relação às variabilidades climáticas, o que minimizaria os potenciais impactos futuros diante das mudanças climáticas, alcançando-se mais facilmente, então, o grau de desenvolvimento desejado.

Sobretudo, Franz (2011) sugere que para avaliar a relação entre a mudança climática e recursos hídricos, é necessário considerar como atualmente estes são e serão afetados em relação à evolução de fatores não climáticos que intervêm na sua vulnerabilidade, principalmente aqueles relacionados às atividades humanas. No documento intitulado “*A mudança climática e a água*” (IPCC, 2008), os fatores não

climáticos que afetam a vulnerabilidade dos recursos hídricos (tanto em quantidade como em qualidade) são: irrigação na agricultura, mudança de uso do solo, construção de represas, emissões de substâncias poluentes e tratamento de esgoto.

No Brasil, Rogerio *et al* (2011) reforça que um dos principais impactos nos recursos hídricos dá-se pelo inadequado planejamento urbano e ambiental, tanto nos recortes político-administrativos quanto nas bacias hidrográficas. Essa situação pode ser verificada nas regiões metropolitanas que deixaram de crescer no seu núcleo e se expandem de maneira acelerada na periferia, justamente onde se concentram os mananciais, agravando problemas já existentes ou acarretando novos: como difusão de poluição e inundações para jusante.

Para tal, Franz (2011) recomenda que a implementação da gestão integrada dos recursos hídricos pode ser um instrumento para reduzir as vulnerabilidades dos recursos hídricos, explorando-se medidas de adaptação à mudança climática. Desta maneira, algumas estratégias eficazes de gestão integrada da água consistem em: averiguar os pontos de vista da sociedade, reformular os processos de planejamento, coordenar a gestão do solo e dos recursos hídricos, reconhecer os vínculos entre a quantidade e a qualidade de água, proteger e restaurar os sistemas naturais.

Embora, atualmente exista grande preocupação com relação às mudanças climáticas Globais, Abreu (2000) destaca que estas sempre existiram, o planeta hoje está intensamente povoado e pequenas mudanças no comportamento climático pode gerar grandes catástrofes, ocasionando perdas de vidas humanas e prejuízos materiais.

Além disso, não se pode ainda estimar com precisão o quanto a ação antrópica já pode ser apontada como causadora da **variabilidade climática**. É natural se pensar que a atuação antrópica possa ser melhor percebida próximo à fonte que a produz. Assim é possível que as mudanças climáticas locais possam ser ocasionadas pela formação de aglomerados urbanos ou pela modificação do meio ambiente. Grandes hidrelétricas podem aumentar localmente a ocorrência de precipitações convectivas e substituir de áreas florestadas por áreas de pastagens podem acelerar processos de aridez. Contudo, ainda não podemos conclusivamente avaliar os efeitos globais da ação antrópica, encerra Abreu (2000).

Independentemente do grau de certeza ou confiabilidade quanto aos impactos globais da ação humana sobre o nosso planeta terra, os fenômenos climáticos ocorrerão hoje e sempre, seja por variabilidade climática, seja pela mudança do clima.

No entanto, temos a certeza sobre os efeitos da mudança da cobertura vegetal, do uso e ocupação desordenada do solo, do crescimento populacional e do mau gerenciamento dos nossos recursos naturais sobre os nossos ambientes urbanos.

Deve-se, portanto, priorizar as nossas ações de planejamento na escala local e regional, buscando minimizar os problemas urbanos atuais e prevenir os futuros. Implementar programas para recuperar e conservar os nossos corpos hídricos, criar mais arborização e espaços verdes, como também, preservar nossos remanescentes florestais nas cidades, dentre outros. Desta forma, poder-se-á proporcionar mais qualidade de vida e tornar as populações menos vulneráveis a ocorrência de possíveis eventos climáticos extremos.

2.3 O NOVO URBANISMO E OS PRINCÍPIOS DO SMART GROWTH

Uma diferença básica entre as cidades européias e americanas é a área física disponível. Esta característica determinou o modelo de desenvolvimento urbano dos Estados Unidos (EUA), e foi seguido por todas as capitais australianas e por boa parte das cidades brasileiras.

O movimento do Novo Urbanismo (*New Urbanism*, em inglês) surgido na década de 70 nos Estados Unidos, ganha força na década de 90, após diversos estudos revelarem que o modelo americano não é um padrão sustentável de desenvolvimento urbano.

Duany *et al* (2010b) explica que após diversos planos urbanísticos e projetos arquitetônicos fracassarem nos EUA, resolveu-se estudar os conceitos existentes, principalmente aqueles relacionados à experiência das cidades européias. Como resultado, surge a Carta do Novo Urbanismo (*The Charter of the New Urbanism*, em inglês), cujos princípios são adaptados e baseados no Tradicional Modelo de Desenvolvimento de Vizinhança Europeu (*Traditional Neighbourhood Developments - TND*).

No livro *Suburban Nation*, Duany *et al* (2010b) também apresenta um *checklist* descrevendo os aspectos que constituem um tradicional modelo de desenvolvimento de vizinhança. Estes aspectos são divididos e distribuídos em diferentes categorias, a seguir:

- A estrutura regional;
- O contexto do ambiente natural;
- Uso do solo;
- Prédios e espaços públicos;
- Rede ou malha viária;
- A geometria das ruas;
- O espaço público no desenho das ruas;
- A conexão do espaço privado (edifício) com o desenho das ruas;
- Estacionamento;
- Moradia;
- Privacidade;
- Partido (sintaxe) arquitetônico.

Duany *et al* (2010a) afirma que a Carta do Novo Urbanismo fornece um conjunto de princípios para a criação de bairros, edifícios e regiões mais sustentáveis, tais como:

- Vizinhanças devem conter usos-mistos e densidade populacional variada;
- Bairros devem ser projetos para o pedestre e transporte público, além do carro;
- As cidades devem ter formato físico definidos, provendo locais públicos de lazer;
- Os espaços urbanos devem ser projetados levando em consideração a cultura e história local, o clima, aspectos naturais e as práticas construtivas da região.

Para tal, a Carta do Novo Urbanismo ainda descreve princípios para guiar o planejamento e o desenho urbano em diversas escalas como:

- A Região: metrópoles, cidade, vilarejo;
- A quadra;
- A rua;
- O edifício.

De acordo com Lima (2008), os adeptos desse movimento pregavam que cada unidade de vizinhança deveria ter áreas comunitárias de lazer e deveriam ser conectadas por áreas de conservação e espaços abertos. Ainda que as ruas e

espaços públicos deveriam ser pensados como lugares de uso compartilhado e o seu desenho deveria trazer segurança e acessibilidade, dentre outros aspectos.

Lima (2008) afirma ainda que o objetivo principal do desenho urbano pregado pelo *Novo Urbanismo* era desenvolver espaços de uso misto que fossem percorridos a pé, incentivando o uso de transportes alternativos e minimizando o uso do automóvel, como se pode observar, princípios fortemente influenciados pelas propostas europeias das cidades jardins.

Contudo, com o passar dos anos e com o crescimento do risco de escassez dos recursos naturais, da degradação de nossas áreas verdes e corpos hídricos, como também, a consequência de tais problemas na saúde humana, foi-se criada uma ferramenta de complemento a CNU, intitulada de “Cânones da Arquitetura e do Urbanismo Sustentável” (*Canons of Sustainable Architecture and Urbanism*). A proposta é introduzir princípios operacionais a todo gestor de qualquer assentamento urbano, relacionando questões de: água, energia, alimento e proteção. Estes são simultaneamente empregados no urbanismo, infraestrutura, arquitetura, desenho da paisagem, métodos construtivos e conservação dos recursos naturais em todas as escalas.

Os “Cânones da Arquitetura e do Urbanismo Sustentável”, citados também por Duany *et al* (2010a), expõem desde regras gerais sobre a intervenção humana no ambiente construído e seus impactos globais e locais em longo prazo, quanto princípios no tocante a gestão de águas pluviais, ao edifício e a infraestrutura empregada, a exemplo:

- O uso da água deve ser minimizado dentro de estruturas e conservado inserido na paisagem urbana por meio de estratégias que mantenham o microclima local, o solo e simulem a dinâmica hidrológica do ambiente natural.

Em relação às Vias públicas, Quadras e Malha viária, os *Cânones* estabelecem princípios como:

- Os materiais das vias públicas devem ser não-tóxicos e promover o reúso de águas pluviais através de sistemas de percolação, detenção e retenção;
- Avenidas arborizadas devem se integrar a drenagem sustentável com uma regra, similar aquela de que a rua é definida como um espaço público.

Quanto à escala de vizinhança, bairro, cidade, ou região, os *Cânones* apresentam regras como:

- Os corpos hídricos, alagados construídos (wetlands) e suas bacias hidrográficas devem ser protegidas ao máximo possível;
- Os ecossistemas aquáticos naturais no qual tem finalidade de promover a regarga dos aquíferos e a prevenção de inundação devem ser preservados e restaurados ao máximo possível.

Lima (2008) destaca que os princípios teóricos do *Novo Urbanismo* são pertinentes, no entanto, a *práxis* que vem sendo desenvolvida sob os paradigmas do movimento parece distante da solução dos problemas atuais dos espaços públicos coletivos e da população usuária, principalmente aquela de baixo poder aquisitivo.

Sobretudo, essa postura vem sendo censurada por produzir melhoramentos superficiais e efêmeros para a cidade, privilegiando o mercado imobiliário e o setor turístico, acrescenta Lima (2008), ao invés de atentar para as questões sociais das cidades norte-americanas. Apesar desse fato, não se pode negar que em alguns lugares tenham sido atingidos resultados notáveis, trazendo visibilidade internacional para as cidades onde essa estratégia foi aplicada.

Surge então, o modelo de desenvolvimento urbano americano chamado *Smart Growth* seguindo a mesma linha de pensamento do *Novo Urbanismo* e dos *Cânones da Arquitetura e do Urbanismo Sustentável*. A organização *Smart Growth America*⁶ (2011) define que um bairro projetado nos princípios *Smart Growth* requer menos pavimento (impermeável) por área residencial construída, uma prática que permite que a água da chuva se infiltre no solo, prevenindo que o escoamento de águas pluviais (*runoff*) provoque maiores danos ao meio ambiente.

Dentro do contexto de sustentabilidade, onde busca oferecer suporte às economias locais e proteger o ambiente, a abordagem do *Smart Growth* visa também construir comunidades mais funcionais, com opções de moradia e transporte perto de postos de trabalho, lojas e escolas.

A U.S. EPA divulgou um manual intitulado "*Protecting Water Resources with Smart Growth*" (2004) no qual expõe os 10 princípios desta abordagem de desenvolvimento urbano:

⁶ Smart Growth de América é a organização nacional dedicada à pesquisa, defesa e orientação das coligações na difusão das práticas de Smart Growth pelas comunidades por todo o país da EUA.

- I. Bairros com tipologia de uso misto;
- II. Tirar vantagem da concepção de edifícios compactos;
- III. Criar uma série de opções e oportunidades de moradia;
- IV. Criar bairros com serviços e conforto para o cidadão circular a pé (expressão em inglês comumente conhecida por *walkable neighbourhoods*);
- V. Promover distintas e atrativas comunidades com forte senso de identidade;
- VI. Preservar áreas verdes e de lazer, terras agrícolas, belezas naturais e áreas ambientais críticas;
- VII. Fortalecer e direcionar o desenvolvimento para as áreas já urbanizadas e comunidades existentes (evitando a expansão da malha urbana);
- VIII. Fornecer uma variedade de opções de transporte;
- IX. Tomar decisões de desenvolvimento previsíveis, justas e rentáveis;
- X. Incentivar a colaboração comunitária e das partes interessadas (instituições pública e privada) nas decisões de desenvolvimento urbano.

Dentro do conceito *Smart Growth*, a figura 2.2 mostra como deveria ser a transição de um ambiente natural, passando pela área rural, por zonas periféricas de baixa densidade urbana, chegando a zona urbana com média densidade população até as áreas centrais de uso misto e as densamente urbanizada, como de centros financeiros por exemplo (comumente conhecida em inglês como CBD – *Central Business District*).

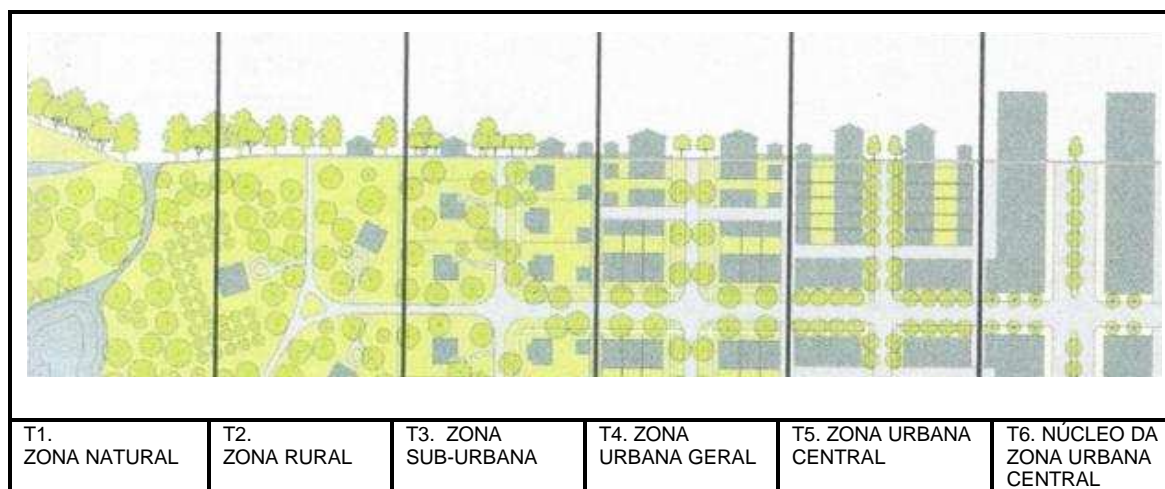


Figura 2.2 – Fases de transição do ambiente natural para áreas urbanizadas.

Fonte: Duany *et al*, 2010a.

Como se pode observar na figura 2.2, a cada estágio o solo natural é modificado para atender as necessidades humanas. Porém, de acordo com Duany *et al* (2010a), o que importa não é forma gradual ou abrupta de como a transição é feita em cada fase do processo e sim, na verdade, se os detalhes de cada zona são internamente consistentes e, assim, as atividades irão se suportar e se adequar mutuamente.

Ainda, Duany *et al* (2010a) conclui afirmando que a logística, a infraestrutura e técnicas que gerenciam um bairro são vitais para orientar a formação de um ambiente urbano mais sustentável, e prover, ao mesmo tempo, a variedade e as necessidades impostas pelo estilo de vida de nossa sociedade moderna.

A abordagem do *Smart growth* prioriza a proteção da qualidade de nossos córregos e fontes de abastecimento de água com base em quatro estratégias:

- Preservação de áreas verdes e superfícies permeáveis;
- Adensamento populacional (evitando a expansão da mancha urbana e longos deslocamentos);
- Reforma e novo uso aos edifícios e/ou reurbanização de bairros.

A U.S. EPA (2001) explica que mesmo com registro de discretos aumentos na densidade urbana, pode se reduzir significativamente os problemas de qualidade de água associados à urbanização. Um estudo na bacia hidrográfica de *Chesapeake Bay* verificou que adensamento populacional requer cerca da metade superfície impermeável em relação a uma zona de baixa densidade populacional, e ainda gera 43% menos poluentes oriundos do *runoff* (escoamento superficial).

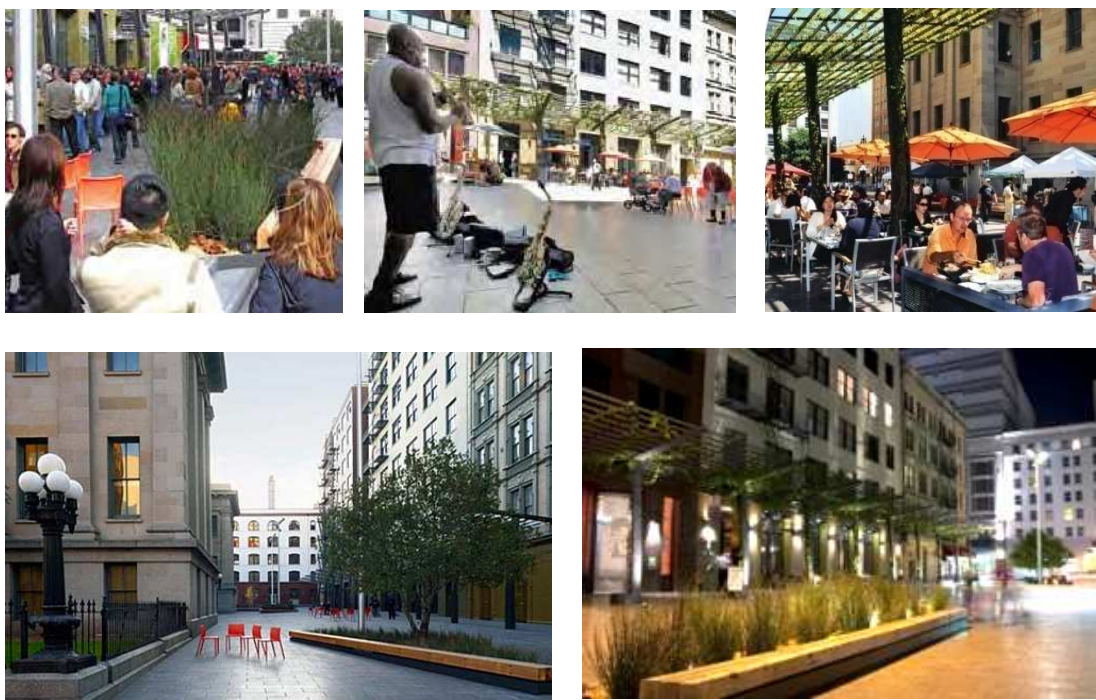
Reutilizar áreas construídas sem uso é outra ótima maneira de preservar espaços para parques e praças. Esta estratégia de planejamento do *Smart Growth* permite que edifícios sejam construídos ou restaurados em áreas já urbanizadas, sem a necessidade de expandir novos loteamentos além da zona urbana e, conseqüentemente, sem precisar pavimentar e criar novas vias públicas (Smart Growth America, 2011).

O *Mint Plaza*, um projeto de revitalização no centro histórico de São Francisco (Estados Unidos), ganhou um prêmio da U.S. EPA⁷ do *Smart growth Achievement Award* em 2010 por seu design inovador. A praça possui superfícies que direcionam a

⁷ Agência de proteção ambiental dos Estados Unidos da América

água da chuva para jardins com sistema de tratamento (*raingardens*)⁸ e para uma bacia de infiltração subterrânea, reduzindo o *runoff* (escoamento superficial) e ajudando a proteger a qualidade da água da Baía de São Francisco. (Figura 2.3).

A praça é considerada um modelo de Design Sustentável em áreas densamente urbanizadas, e que requerem uma quantidade substancial de superfícies pavimentadas e impermeáveis. O *San Francisco Public Utilities Commission* usa essa praça como modelo para outros projetos.(Figura 2.3).



Figuras 2.3 : Vista do Mint Plaza e dos *raingardens* (sistemas de biorretenção).

Fonte: U.S EPA, (*Smart growth Achievement Award*, 2010).

Os benefícios obtidos na qualidade do ar também ajudam a proteger a qualidade da água. O *Smart Growth America* (2011) destaca que ao reduzir as emissões de carbono e a poluição atmosférica, também irá diminuir a quantidade de poluição que cai em nossos corpos hídricos oriundo das águas pluviais contaminadas.

⁸ Técnica de drenagem, comumente conhecida como *raingardens*, ou sistemas de biorretenção ou biofiltração (biofilter).

2.4 A DRENAGEM SUSTENTÁVEL E SUAS VERSÕES INTERNACIONAIS

Durante muitos anos tanto no Brasil como em outros países, afirma Canholi (2005), a drenagem urbana das grandes metrópoles foi abordada de maneira acessória, dentro do contexto do parcelamento do solo para usos urbanos. Na maior parte dessas metrópoles, o crescimento das áreas urbanizadas se processou de forma acelerada e, somente em algumas, a drenagem urbana foi considerada fator preponderante no planejamento da sua expansão. De modo geral, as soluções adotadas para tais problemas apresentam caráter localizado e acabam transferindo o problema para jusante do rio, acrescenta Canholi (2005).

Entretanto, o conceito de projeto de drenagem vem mudando para manter padrões de comportamento da bacia hidrográfica similares àqueles encontrados previamente à urbanização. Esta tendência é positiva, quando se olha o problema pela ótica da variabilidade climática e dos cenários de mudança do clima. Implementar ações que visem minimizar os impactos da urbanização na cobertura vegetal, na bacia hidrográfica e no microclima local, é o passo inicial em prol da sustentabilidade das nossas cidades, que deve ser seguido por planejadores, técnicos multidisciplinares e gestores.

Hoje, felizmente despontam novas práticas sob uma ótica inovadora no gerenciamento das cheias urbanas em diversas cidades no mundo. Trata-se de uma visão focada no desenvolvimento sustentável da drenagem urbana com o objetivo de restituir parcialmente o ciclo hidrológico natural, a estágios próximos ao da fase de pré-urbanização, afirma Prodanoff (2005). Sobretudo, já é possível encontrar diversos exemplos práticos onde engenheiros, planejadores urbanos, paisagistas e outros especialistas tiveram sucesso na reintegração da água na paisagem urbana.

Nos últimos anos vêm sendo aplicados e desenvolvidos em todo o mundo, e mais efetivamente nos países desenvolvidos, novos conceitos de gerenciamento das águas do escoamento superficial em meio urbano. Conhecidas como “*Best Management Practices*” (BMPs) ou técnicas compensatórias, são classificadas como medidas estruturais e não-estruturais que tem o objetivo de amortecer as cheias a partir da sua fonte e ainda a melhoria da qualidade da água proveniente do escoamento superficial, expõe Martins (2004). Essas intervenções têm como base microreservatórios de acumulação, filtros biológicos e químicos e práticas de infiltração. As BMPs são dispostas de forma espacial e combinada na bacia de modo a

aproximar as vazões da fase de pré-urbanização e, ainda, obter o benefício da utilização dessas águas do escoamento superficial para fins não potáveis.

Em condições ideais, BMPs prevêm a proteção da qualidade da água. Como acontece com qualquer medida de controle da poluição, os benefícios obtidos estão diretamente associados com o grau de reflexão, análise e tratamento dado à seleção, concepção, implementação, manutenção e gestão. Além disso, como as influências humanas sobre sistemas aquáticos e terrestres mudam com o passar do tempo, a resposta dos sistemas aos novos escoamentos mudam também. Assim, as práticas de gestão devem continuar a ser flexíveis e receptivas à mudança de condições, no espaço e no tempo (Prodanoff, 2011).

Azevedo *et al.*, (2008) afirma que a combinação de tais medidas estruturais e não-estruturais num contexto de planejamento integrado com o crescimento urbano, bem como, a própria utilização de estruturas da paisagem urbana com funções hidráulicas, permitem uma composição capaz de equacionar o problema do incremento do escoamento superficial - e conseqüentes alagamentos e inundações - de forma mais harmônica e sustentável.

Canholi (2005) explica que a tecnologia de retenção pode ser aplicada de diferentes formas, segundo a situação e a conveniência das administrações municipais. Pode ser realizada em cada lote, mediante pequenos reservatórios associados, como por exemplo, em áreas permeáveis nos pavimentos e pisos. Ou ainda, no âmbito das sub-bacias, em bacias de retenção maiores, fechadas ou a céu aberto. As obras e os dispositivos aplicados para favorecer a reserva dos escoamentos constituem o conceito mais significativo e de amplo espectro no campo das medidas inovadoras em drenagem urbana.

Os reservatórios de amortecimento projetados podem ser distribuídos na paisagem urbana e integrados a praças, parques e áreas de lazer, ou mesmo, ao nível dos loteamentos. Ações de reflorestamento, utilização de pavimentos permeáveis e outras medidas diversas que privilegiem a infiltração, podem ser importantes ferramentas para minimizar o problema de cheias, reduzindo o pico de vazões no sistema de drenagem (Azevedo *et al.*, 2008). Essas medidas, quando projetadas adequadamente de forma integrada, podem trabalhar preventivamente, modificando a distribuição espacial e temporal dos escoamentos, e possivelmente, ainda agregar outros benefícios a comunidade, áreas verdes, recreativas e valor estético ao espaço urbano.

Prodanoff (2011) acrescenta que quando uma nova região for planejada e construída de forma que cada lote, rua e bairro possuam áreas reservadas para a construção de dispositivos de armazenamento e tratamento dos escoamentos das águas pluviais, tanto o custo da implantação do sistema de drenagem propriamente dito quanto o custo da integração paisagística podem não ser significativamente minimizados.

Martins (2004) ressalta que diversos estudos vêm sendo realizados hoje no Brasil com vistas a analisar a eficiência e aplicabilidade destas estruturas, mas em sua maior parte, com o enfoque somente ainda no amortecimento das cheias. Nos países desenvolvidos, como há um maior avanço no uso dessas técnicas, já se observa a preocupação não somente com o aspecto quantitativo, mas com o tratamento e qualidade das águas urbanas - no âmbito da poluição difusa - e suas diversas aplicações práticas.

Atualmente, já é possível encontrar muitos casos aonde os recursos hídricos foram o foco principal na revitalização de áreas centrais da cidade densamente urbanizadas. Ainda, de forma similar, regiões áridas vislumbram as águas pluviais como um recurso potencial, onde as chuvas estão sendo utilizadas localmente de forma benéfica, ao invés de serem rapidamente descarregada como uma espécie de resíduo (Heaney *et al.*, 1999).

Dessa forma, esses novos conceitos de gestão integrada das águas pluviais urbanas se iniciam pelo planejamento e ordenação do uso do espaço, mediante a preservação dos fluxos do balanço hídrico. Essa nova concepção de planejamento urbano integrada é denominada de LID - *Low Impact Development* – aplicado principalmente nos Estados Unidos⁹ e WSUD - *Water Sensitive Urban Design* – amplamente difundido na Austrália.

O LID (ou Desenvolvimento de Baixo Impacto, em português) é uma estratégia de gestão dos recursos hídricos que tem sido adotada em muitas cidades ao redor do mundo nos últimos anos, em especial nos Estados Unidos. É uma abordagem da gestão das águas pluviais e um conjunto de práticas que podem ser usadas para reduzir as enxurradas e as cargas poluentes associadas, gerindo os escoamentos o mais próximo da sua fonte(s) quanto possível. Frequentemente se utiliza um conjunto ou sistema de práticas em pequena escala, interligadas entre si, são micro-soluções

⁹ Referências em LID nos Estados Unidos: U.S Department of Housing and Urban Development, 2003; NAHB Research Center, 2004; U.S. EPA - U.S Environmental Protection Agency, 2000.

interdependentes. As abordagens LID que visam reduzir os impactos nos recursos hídricos podem ser utilizadas em áreas já urbanizadas ou novas áreas urbanas em fase de desenvolvimento e expansão (Prodanoff, 2011).

Ao longo das duas últimas décadas as iniciativas em gestão integrada de águas urbanas, em especial a **drenagem sustentável**, receberam uma série de nomenclaturas ao redor do mundo, como se pode ver logo abaixo:

- *Best Management Practices* - BMPs;
- Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana;
- Integrated Urban Water Cycle Management - IUWCM;
- Gestão Integrada do Ciclo Hidrológico Urbano;
- Sustainable Urban Water Management – SUWM;
- Sustainable Urban Drainage Systems – SUDS;
- Low Impact Development (LID);
- Water Sensitive Urban Design (WSUD)

Contudo, todas estas supracitadas tem ao final o mesmo objetivo que é de minimizar os efeitos da ação humana sobre o ambiente natural, especialmente sobre os recursos hídricos. No capítulo 3 a seguir, como forma de embasamento para esta pesquisa, o conceito australiano *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) será apresentado em maiores detalhes.

Capítulo 3 – Water Sensitive Urban Design – A Referência Australiana em Planejamento e Gestão Integrada

A Austrália é hoje referência mundial em Gestão integrada de águas pluviais. Hoje, várias de suas capitais tem os maiores índices de qualidade de vida do mundo. Por tal razão, é importante aprender tais lições e trazer esse modelo de desenvolvimento para as cidades brasileiras.

Este capítulo vem, portanto, apresentar a abordagem australiana conhecida por *Water Sensitive Urban Design*, sua origem, princípios, objetivos, e principais tecnologias, benefícios e limitações para sua aplicação integrada à paisagem urbana.

3.1 A ORIGEM DO CONCEITO WSUD

Desde o final dos anos 90, houve um aumento no número de iniciativas para melhor gerenciar a gestão do ciclo hidrológico urbano segundo os preceitos da sustentabilidade. Um vasto movimento internacional ocorria em direção à concepção da gestão e do planejamento integrado do solo e da água. O objetivo fundamental desta mudança era a necessidade de prover mais economia e menos dano ambiental por meio de soluções para abastecimento d'água, esgotamento sanitário e águas pluviais.

O termo *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) foi provavelmente usado pela primeira vez em 1994 na Austrália quando WHGM (*Department of Planning and Urban Development of Western Australia*) apresentou um guia para planejamento e projeto de loteamentos residenciais direcionado para a manutenção dos ambientes aquáticos. A concepção foi baseada na formulação de planos estruturais de desenvolvimento

urbano que incorporava múltiplos objetivos da gestão de águas pluviais, envolvendo um processo proativo no qual identificava oportunidades para desenho e projeto da paisagem urbana para serem intrinsecamente ligados com a infraestrutura de drenagem (WONG ET AL, 2000). Pode-se então afirmar que a abordagem integrada do WSUD, foi uma evolução das estratégias em gestão das águas pluviais, que hoje incorporam múltiplos objetivos, como é ilustrado na figura 3.1.

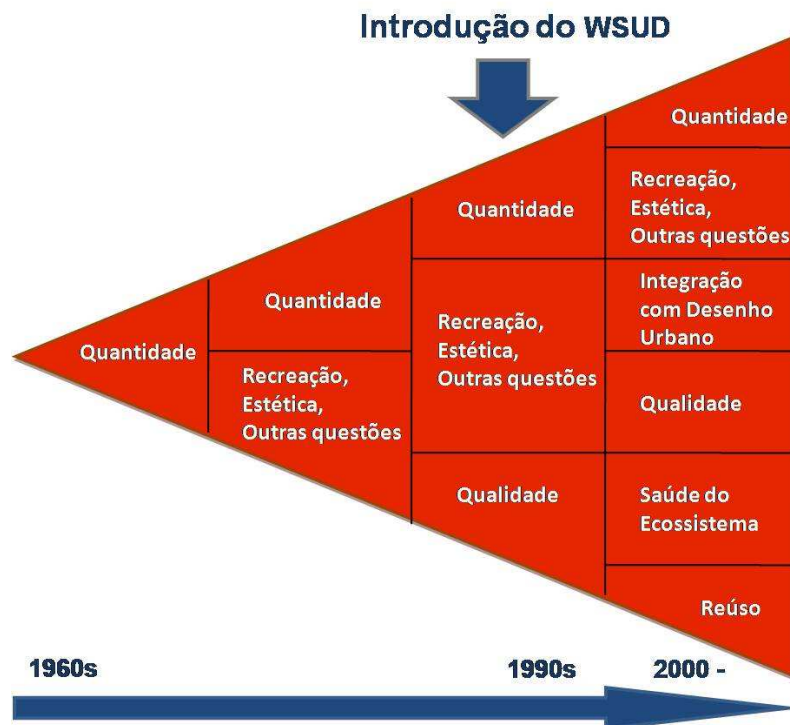


Figura 3.1 – Evolução das estratégias em gestão de águas pluviais e da introdução de WSUD na Austrália.

Fonte: Monash University (Deletic *et al*, 2010 adaptado de Whelans *et al*, 1994)

Desde os anos 60, as metas que antes visavam somente alcançar a redução do escoamento superficial (do *runoff*, com o gerenciamento da quantidade), passaram a agregar questões estéticas e de caráter recreativo, como mostra a figura 3.1. Nos anos 90, com a introdução do conceito de planejamento integrado do WSUD, passou-se a aderir ao fator de tratamento e qualidade da água com vistas a minimizar o impacto da poluição das águas superficiais. Somente, então, na década de 2000 que outras finalidades como de reúso, integração com o desenho urbano e preservação da saúde do ecossistema foram inseridas na prática.

Diante da necessidade de se alcançar objetivos múltiplos das estratégias WSUD mostrados na figura 3.1, Deletic *et al* (2010) afirma que precisa, em geral, de uma **combinação de sistemas** WSUD (“*treatment train*”, em inglês) distribuídos por toda a bacia hidrográfica, para se atingir os resultados requeridos no tratamento das águas, tanto em qualidade quanto quantidade.

Num amplo contexto, WSUD abrange todos os aspectos da gestão do ciclo hidrológico urbano, incluindo as fontes de abastecimento d’água, esgotamento sanitário e águas pluviais. Isto representa uma significativa mudança na forma de tratar os recursos naturais, em especial à água, considerando a infraestrutura de engenharia de recursos hídricos no planejamento e desenho das cidades, em todas as escalas e sob qualquer densidade urbana.

Portanto, essa abordagem está baseada na premissa de que todo processo de desenvolvimento urbano, seja de um novo sítio ou de reurbanização, necessita tratar adequadamente a sustentabilidade dos ambientes aquáticos (Wong, 2006a).

O documento elaborado pela *Association of Bayside Municipalities* da baía de *Port Phillip* na região metropolitana de *Melbourne* (ABM, 2004), expõe os três elementos-chave que conduzem a gestão sustentável das águas pluviais e a concepção do WSUD:

- Planejamento do uso do solo – principal legislação australiana de referência é o *Planning and Environment Act 1987*;
- Proteção Ambiental – sistema legal e mecanismos para prevenir a poluição;
- Gestão das águas urbanas – estrutura política para uso sustentável do recurso água disponível.

Dessa forma, a abordagem WSUD promove elementos proativos no processo de planejamento urbano que facilitam a utilização das *Stormwater Best Management Practices* (BMPs). Contudo, a seleção apropriada das BMPs ocorre perante a avaliação das características e limitações específicas do sítio, da bacia urbana, e questões técnicas relacionadas à engenharia de drenagem, à paisagem urbana, etc (WONG ET AL, 2000).

3.2 OS OBJETIVOS DA PRÁTICA WSUD

O Victorian Stormwater Committee (2006) e o manual WSUD organizado por Wong (2006a) estabelecem a lista dos cinco objetivos da abordagem WSUD direcionada para as águas pluviais:

- Redução do escoamento superficial (*runoff*) e proteção contra enchentes;
- Proteção dos ecossistemas aquáticos naturais e melhoria da qualidade das águas - tratamento e remoção de poluentes;
- Redução da demanda de água potável - armazenamento e reúso das águas pluviais e/ou efluentes;
- Redução dos custos do sistema de drenagem e de infraestrutura em geral e, ao mesmo tempo, valorização estética do espaço urbano - integração dos sistemas de tratamento de águas pluviais com a paisagem urbana;
- Melhoria da qualidade ambiental urbana e do microclima urbano – áreas verdes e incremento no visual paisagístico.

Segundo o manual *WSUD* do *South Australian Government* (DPLG, 2010), existem um número de princípios guia que suportam os objetivos da gestão de águas e da implementação de WSUD na Austrália, em especial na região metropolitana de Adelaide. Estes são apresentados a seguir:

- Incorporar o quanto antes a gestão de águas no processo de planejamento do uso do solo;
- Tratar as questões relativas aos recursos hídricos e a conservação da biodiversidade no nível de bacia e sub-bacia hidrográfica;
- Assegurar que o planejamento da gestão da água tem caráter preventivo, admite a equidade, a conservação da biodiversidade e a integridade ecológica;
- Identificar o valor do recurso água, assegurando sua proteção, conservação e reúso;
- Identificar a necessária solução específica para cada sítio, implementando as apropriadas medidas estruturais e não-estruturais;
- Proteger a integridade ecológica e hidrológica;
- Integrar boa ciência com os valores da comunidade num processo de tomada de decisão;
- Assegurar a justa divisão dos custos.

De acordo com Lloyd *et al* (2001), quatro grande categorias são responsáveis para o avanço e o sucesso na adoção das práticas WSUD, como: tecnologia e design; estrutura legal; custos e avaliação; marketing e aceitação. Lloyd *et al* (2001) completa enfatizando que estas categorias são formadas por componentes como: leis e políticas; padrão de qualidade e aprovação; fundos; custos institucionais; externalidades; líderes; educação ambiental; estudos de caso; ferramentas de design; medidas de desempenho; operação e manutenção.

Há ainda, um guia WSUD organizado pela prefeitura de Melbourne (City of Melbourne, 2010) expõe sobre a filosofia de se **adequar o uso da água segundo o seu propósito** (“*fit-for-purpose water use*”) no intuito de reduzir a demanda de água potável, por meio de fontes alternativas de abastecimento, conforme sua finalidade, e também com equipamentos mais eficientes. O exemplo desta prática é o reuso de águas cinza ou água de chuva na descarga de vasos sanitários e para irrigação de jardins.

Para tal, o guia WSUD supracitado da prefeitura de Melbourne desenvolveu um processo de cinco passos para auxiliar no design, desenvolvimento e avaliação de projetos WSUD, mostrados logo a seguir:

Passo 1 – Encontrar uma forma de reduzir o consumo de água:

- Metas de economias de água (*water savings targets*, em inglês);
- Redução da demanda de água;

Passo 2 – Substituir a água potável por outra fonte alternativa:

- Metas de reúso e reciclagem da água;
- Avaliar as fontes alternativas de água;
- Coletar a água da chuva (do telhado, *rainwater*) e do escoamento superficial (*runoff, stormwater*);
- Reúso de águas cinza;
- Reúso de águas negras.

Passo 3 – Tratar o escoamento superficial antes do deságüe no destino final:

- Padrões de qualidade da água;
- Determinar a carga de poluentes e as devidas medidas de tratamento.

Passo 4 – Aprovação do design e modelagem é necessário para WSUD:

- Considerar a gestão de águas no amplo contexto ambiental (desenho urbano, segurança, patrimônio, emissão de gases de efeito estufa, etc);

- Aplicação conforme a sua escala de projeto no sítio;
- Projeto e uso de modelo hidrológico;
- Aprovação.

Passo 5 – Garantir a avaliação e a manutenção:

- Avaliação;
- Manutenção.

A abordagem WSUD vem sendo incorporada na maioria dos planos, leis e programas de planejamento das bacias hidrográficas e do solo urbano, no qual foi fortemente evidenciada no documento *Melbourne 2030 – Planejamento para o Crescimento Sustentável* (Victoria Government, 2002) e nas suas versões complementares atualizadas.¹⁰

Aliado a esse modelo, a Austrália, em especial a região metropolitana de Melbourne, atua com ampla campanha educacional intitulada “*Nossa água, nosso futuro*”¹¹. A idéia é conscientizar a população para reduzir o desperdício e o consumo diário de água para 155 litros por habitante (*target 155* - slogan usado, “Alvo 155” em português). Numa outra frente, pesquisadores das universidades, profissionais da iniciativa e dos órgãos institucionais se unem em projetos, tanto de abrangência estadual como nacional, para discutir as estratégias de gerenciamento das fontes potáveis de abastecimento e fontes alternativas. Dessa forma, a meta do governo australiano é diminuir o consumo de água potável em 70% *per capita*. Para atingir esta conta, considera-se:

- A redução do consumo per capita em 20% por meio da conscientização ambiental, que leva a menor desperdício, uso de equipamento eficientes e melhor serviço de manutenção;
- Fonte alternativa não-potável de abastecimento com reúso de águas cinzas e negras – redução da demanda de água potável em 25%;
- Fonte alternativa não-potável de abastecimento com reúso de água de chuva – redução da demanda de água potável em 25%;

¹⁰ *Melbourne 2030 – Planning for Sustainable Growth* foi traduzido para português no corpo do texto, embora somente exista a versão em língua inglesa do documento.

¹¹ “*Our Water, our future*”, slogan oficial em inglês do Governo de Victoria.

Embora o conceito WSUD envolva todo o seguimento que abrange o recurso água como: águas pluviais, conservação de água potável, águas subterrâneas, esgoto sanitário (reúso de águas cinzas e negras), esta pesquisa focará somente nas práticas WSUD relacionadas a gestão de águas pluviais.

3.3 AS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS WSUD

Wong (2006a) expõe que para alcançar os objetivos requeridos do WSUD é mais do que simplesmente erguer um alagado construído (*wetland*, em inglês) ou um lago artificial (uma bacia de retenção) isoladamente. Fundamentalmente, a abordagem WSUD adota a integração de apropriadas *Best Planning Practices* (BPPs) com as conhecidas *Best Management Practices* (BMPs). Para compreender melhor a relação entre as BPPs e as BMPs, apresenta-se o esquema hierárquico da figura 3.2.

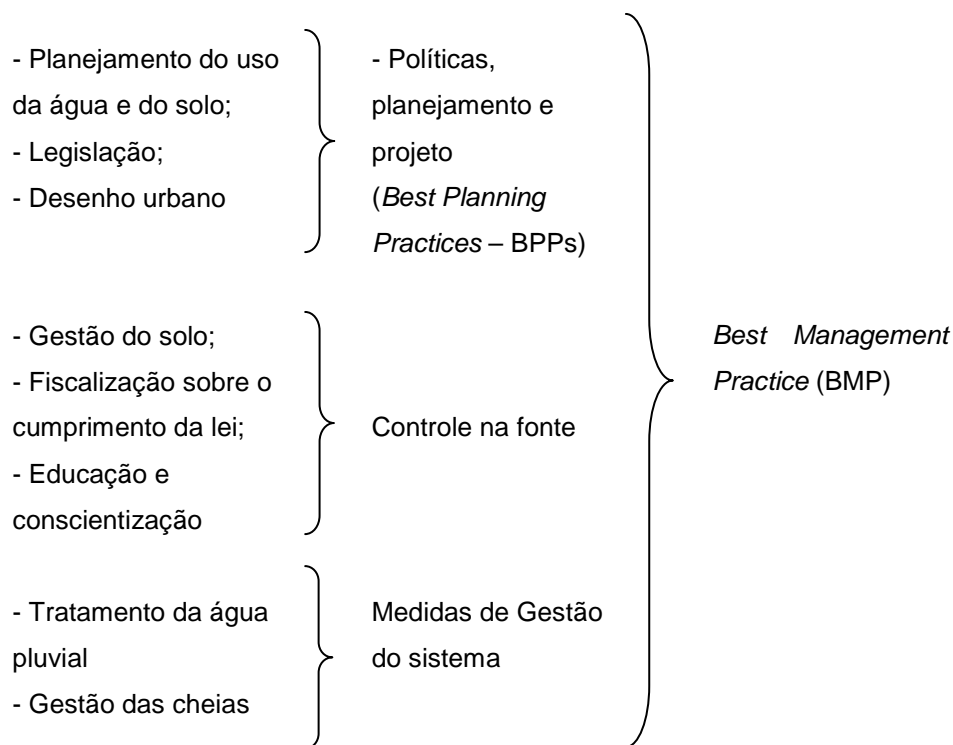


Figura 3.2 - Esquema da integração e hierarquia entre as BPPs e as BMPs.

Fonte: Adaptado de Wong (2006a).

Desta forma, as BPPs podem ser implementadas em nível de estratégias ou de projetos. No primeiro caso, podem propor políticas e regulamentações para se inserir no Plano Diretor das cidades. No estágio de projeto as BPPs podem recomendar ações específicas, como por exemplo (Wong, 2006a):

- A identificação e proteção de solo para autorizar os sistemas de águas pluviais integrados, incorporando localização para armazenamento, locais de drenagem, vazões excedentes e pontos de descarga final;
- A identificação de áreas propícias ou não para expansão urbana;
- A identificação e proteção de espaços públicos, incluindo remanescentes de vegetação nativa, linhas naturais de drenagem, áreas com características recreativas, culturais e ambientais;
- A identificação de opções de medidas de conservação da água em diferentes escalas de projeto.

Já as BMPs se referem a medidas estruturais e não-estruturais de gestão da águas que desempenham funções de prevenção, coleta, tratamento, condução, armazenamento e reúso. Selecionar a técnica BMP apropriada para específico fim (seja de controle da qualidade e/ou quantidade da água) requer uma avaliação de viabilidade. Essa avaliação pode incluir uma considerável série de fatores, tais como análise dos custos (ex: capital e manutenção), aspectos da condutividade hidráulica, etc (Wong, 2006b).

É importante ressaltar que **este capítulo não tem objetivo de apresentar todo o amplo conjunto de tecnologias de drenagem e da gestão de águas pluviais**, nem como expor detalhes construtivos, pois estes envolvem outras áreas de conhecimento ligadas à hidráulica e a modelagem hidrológica. Portanto, expõem-se a seguir os conceitos, finalidades, principais benefícios e limitações sobre algumas dessas técnicas utilizadas dentro da abordagem WSUD:

- Gradeamento;
- Bacias de Sedimentação;
- Valas Vegetadas;
- Sistemas de Biorretenção ou biofiltração;
- Filtro de Areia;
- Alagados Construídos (Wetlands);
- Bacias de Detenção ou Retenção;

- Sistemas de Infiltração;
- Pavimento Poroso;
- Cisterna de Chuva;
- Recuperação de Aquífero;
- Telhados Verdes.

Conforme suas características gerais de projeto, as práticas WSUD podem ser divididas em distintas categorias, tais como: dispositivos de primeira triagem, sistemas de retenção ou retenção, sistemas não-vegetados de infiltração, faixa vegetadas de filtração e sistemas vegetados de filtração. Porém, Deletic *et al* (2010) ressalta que qualquer um destes sistemas pode ser adaptado segundo a necessidade particular da aplicação (uso proposto) e das condições do sítio, desde que as alterações não influam na eficiência do tratamento requerido, seja nos padrões de qualidade da água e/ou no controle do volume escoado superficialmente.

O manual técnico WSUD da Região Metropolitana de Adelaide (DPLG, 2010), apresenta um quadro resumo dessas principais práticas, enfatizando seu grau de aplicabilidade na gestão da qualidade e/ou quantidade da água pluvial, além dos potenciais benefícios e adequabilidade ao sítio urbano (quadro 3.1). Aos leitores que desejarem maiores informações e detalhes técnicos sobre a concepção das práticas WSUD, enumera-se a seguir os manuais que já considerados como referências consagradas na Austrália: ¹²

- Qualidade do Escoamento Superficial Australiano: um manual WSUD (Wong, T. H. F, 2006a);
- Procedimentos WSUD de Engenharia: Águas Pluviais (Melbourne Water *et al.*, 2005);
- Tecnologias de Tratamento das Águas Pluviais: Últimos avanços, princípios e procedimentos de projeto. (Deletic *et al.*, Monash University, Austrália, 2010);
- WSUD Manual Técnico para a Região Metropolitana de Adelaide (DPLG, *South Australia Government*, 2010);
- Manual para Adoção de Sistemas de Biofiltração de Águas Pluviais (FAWB/ Monash University, Austrália, 2009);
- Manual WSUD (City of Melbourne, 2009);

¹² Todos os manuais acima apresentados somente dispõem de versões em língua inglesa.

Quadro 3.1 – Resumo da aplicabilidade das principais práticas WSUD em gestão de águas pluviais.

Medida	Indicação da prática WSUD		Potencial Benefícios	Condicionantes Apropriados no sítio	Condicionantes Não-apropriados no sítio
	Qualidade da água	Quantidade da água			
Redução da Demanda	Baixa	Alta	Redução da quantidade de água potável para o abastecimento humano.	Áreas residenciais, comerciais e industriais	Onde a água não se enquadra aos padrões de qualidade do uso final destinado.
Cisterna de Chuva	Baixa	Alta	Armazenamento para reúso. Remoção de sedimentos do tanque. Reduzir frequência de eventos.	Próximo ao telhado. Sistema é abastecido por gravidade. Deve ser incorporado ao desenho urbano.	Aonde não houver área de telhado para captação. Onde o tanque não é usado exclusivamente para armazenamento de água de chuva.
Sistemas de Biorretenção (escala lote)	Média	Alta	Retenção do volume da água pluvial. Melhoria da qualidade da água.	Escala de lote	Solos argilosos.
Sistemas de Biorretenção (escala – vias públicas)	Alta	Baixa	Remove finas partículas e poluentes solúveis. Valoriza a paisagem urbana. Minimiza frequência de alagamentos e inundações.	Qualquer área urbana de topografia plana.	Locais com declividade íngreme. Nível do lençol freático alto - próximo a superfície.
Telhados Verdes	Média	Média	Retenção do volume da água pluvial. Biodiversidade. Melhoria do microclima.	Telhados planos e com inclinação máxima de 30 graus.	Telhados que não são estruturalmente adequados.
Sistemas de Infiltração	Alta	Média	Retenção do volume da água pluvial. Melhoria da qualidade da água.	Escala de lote e de vizinhança	Solos com baixa capacidade de infiltração. Nível do lençol freático alto - próximo a superfície.

Fonte: Adaptado de DPLG (2010).

(Continuação) Quadro 3.1 – Resumo da aplicabilidade das principais práticas WSUD em gestão de águas pluviais.

Medida	Indicação da prática WSUD		Potencial Benefícios	Condicionantes Apropriados no sítio	Condicionantes Não-apropriados no sítio
	Qualidade da água	Quantidade da água			
Pavimento Poroso	Alta	Média	Detenção e Retenção do escoamento superficial (runoff).	Escala de lote, em vias públicas (calçadas e áreas de passeio) e estacionamentos.	Áreas de tráfego intenso e bacias urbanas com grande quantidade de sedimentos (ou material particulado atmosférico)
Coleta e reúso da água	Média	Alta	Redução da quantidade de água potável para o abastecimento humano.	Escala de vizinhança em áreas residenciais, comerciais e industriais.	Impactos negativos para a população à jusante da Bacia urbana.
Gradeamento	Alta	Baixa	Reduz lixo, macro-poluentes e sólidos grosseiros. Pré-tratamento para outras técnicas.	Escala de vizinhança.	Áreas maiores que 100ha. Canais naturais
Valas Vegetadas	Média	Baixa	Remove médias e finas partículas. Valoriza a paisagem urbana. Reduz o escoamento superficial.	Locais com declividade até 4%.	Locais com declividade íngreme.
Bacias de Sedimentação	Alta	Média	Capture grandes sedimentos. Pré-tratamento para outras técnicas	Escala de vizinhança. Em geral, necessita de mais espaço físico que as outras técnicas.	Onde o incremento do visual paisagístico é desejado.
Alagados Construídos	Alta	Média	Remove médias e finas partículas, e alguns poluentes solúveis. Minimiza frequência de inundações. Armazenamento para reúso da água. Preserva a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos.	Qualquer área urbana de topografia plana. Em geral, necessita de mais espaço físico que as outras técnicas.	Locais com declividade íngreme. Nível do lençol freático alto - próximo a superfície.

Fonte: Adaptado de DPLG (2010).

- Águas Pluviais Urbanas: Manual das Melhores Práticas em Gestão Ambiental (Victoria Stormwater Committee, EPA Victoria, Melbourne Water, CSIRO Publishing, 2006).

3.3.1 Valas Vegetadas

As valas vegetadas (comumente chamadas de *swales or buffer strips*, em inglês) são formadas por simples depressões longitudinais escavadas no solo com função de recolher as águas pluviais, armazenar temporariamente, e em alguns casos, promover sua infiltração (figura 3.3).

Quando estas técnicas são projetadas com finalidade de armazenar a água temporariamente e posteriormente conduzi-la por tubulação, intitula-se de valas vegetadas de biorretenção. E quando estas estruturas também incorporam o papel de infiltrar no solo, são denominadas de valas vegetadas de infiltração (figuras 3.4 e 3.5).



Figura 3.3 – Exemplos de valas vegetadas valorizando o espaço urbano.

Fonte: Melbourne Water, 2005.

As valas vegetadas exercem uma função de pré-tratamento, removendo os poluentes por sedimentação, filtração e absorção no revestimento vegetal e infiltração no solo. Além do controle de escoamentos, esse tipo de técnica proporciona ainda proporciona as seguintes vantagens, afirma Baptista *et al* (2005):

- Baixo custo de construção e manutenção;
- Benefício financeiro, com a redução das dimensões do sistema de drenagem a jusante, ou mesmo sua completa eliminação;

- Ganhos paisagísticos, com a possibilidade de plena integração da estrutura ao projeto paisagístico, resultando em valorização do espaço urbano;
- Benefícios ambientais, com a possibilidade de recarga do lençol freático, no caso das valas de infiltração, e com a melhoria da qualidade das águas de origem pluvial.

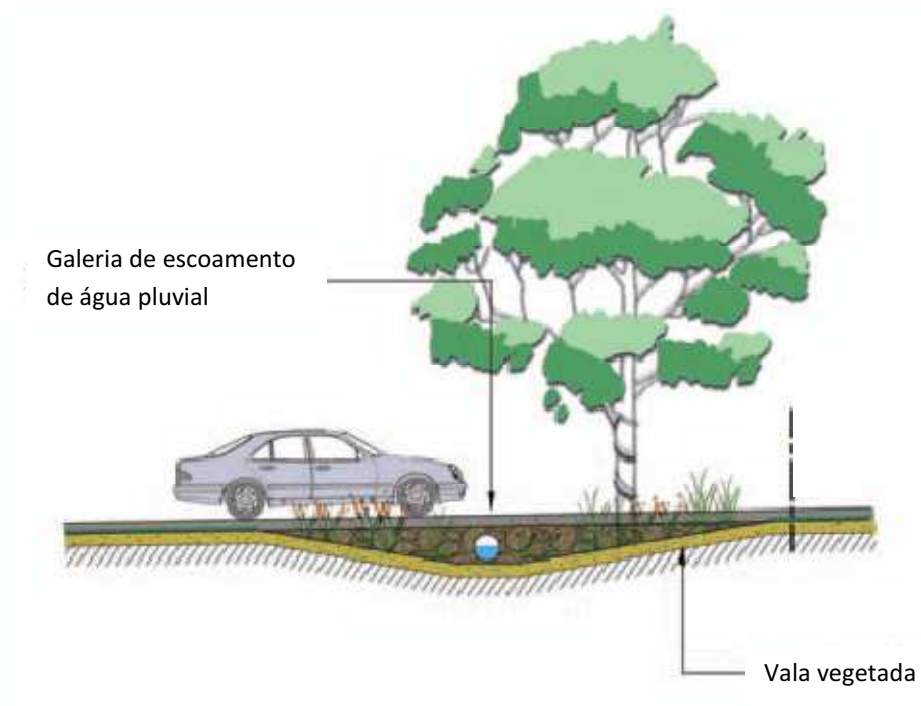


Figura 3.4 – Ilustração de vala vegetada.

Fonte: Melbourne Water, 2005.



Figura 3.5 – Exemplos de passeios com valas vegetadas (calçadas verdes).

Fonte: Melbourne Water, 2005.

Todavia, Baptista *et al* (2005) ressalta que essas tecnologias apresentam restrições de uso em áreas de forte declividade, devido as seguintes razões:

- Perda do potencial de deposição de sedimentos;
- Perda de volume de detenção, obrigando o emprego de compartimentalização;
- Possibilidade de erosão das estruturas.

São tipicamente empregadas em áreas públicas de calçadas e canteiros das ruas. Diferem-se dos demais sistemas de *biorretenção* ou *raingardens* por não possuírem a flexibilidade do design (na forma) e no uso em outras tipologias urbanas.

3.3.2 Sistemas de Biorretenção ou Biofiltração

Sistemas de infiltração têm sido amplamente usados nas últimas décadas como um simples objetivo de redução do escoamento superficial (*runoff*). Porém, estudos recentes realizados pela Monash University na Austrália (Deletic *et al*, 2010) tem apontado significativas vantagens no uso de sistemas de retenção vegetados (biorretenção) na remoção de poluentes, e também, como forma de prevenir de obstrução das tecnologias (comum problema dos sistemas de infiltração que reduz sua eficiência e vida útil).

Ao longo das últimas décadas os sistemas de biorretenção ou biofiltração desenvolveram uma variedade de nomenclaturas inglesas como: *raingardens*, *biofilters*, *biofiltration systems* e *bioretention systems*. O grupo da Monash University ainda ampliou esse leque de opções, com o termo '*bioinfiltration systems*' no qual visam distinguir dos sistemas de infiltração sem vegetação. Os sistemas de bioinfiltração são basicamente sistemas de biofiltração sem tubulação de dreno na parte posterior, a exemplo das valas vegetadas.

Independente da nomenclatura, todas essas variedades tem a característica de um design bastante flexível, permitindo sua aplicação em diversas situação e escalas, como: canteiros e calçadas em vias públicas, lotes, parques, praças, dentre outros. Podem ser projetados no formato de valas, bacias, ou pequenos espaços retangulares com estrutura elevada ou encaixada no subsolo. As figuras 3.6 e 3.7 apresentam exemplos da aplicação de sistemas de biorretenção em canteiros de vias públicas.



Figura 3.6 – Sistema de biorretenção no canteiro central (Zetland, NSW, Austrália).

Fonte: Melbourne Water (2005).

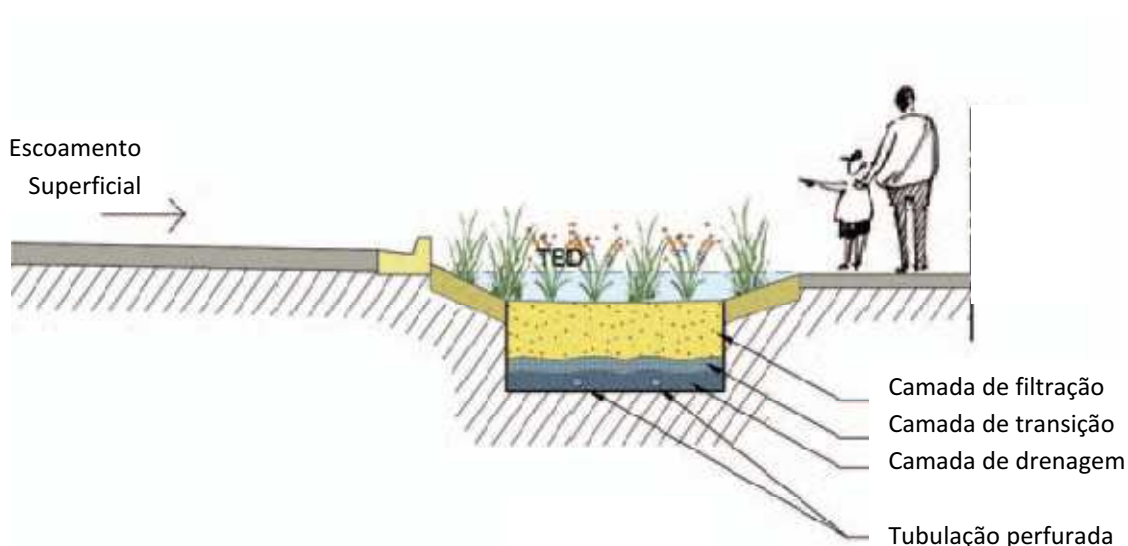


Figura 3.7 – Ilustração do sistema de biorretenção em canteiro central.

Fonte: Melbourne Water (2005)

O design dessas técnicas deve variar segundo a sua finalidade a que se destina o tratamento (qualidade e/ou quantidade) da água de chuva captada, seja ela proveniente do telhado (rainwater) ou do escoamento superficial (stormwater). As figuras 3.8 e 3.9 mostram diferentes formatos de sistemas de biorretenção adequados para projetos em escala de lote - encaixado no solo ou com estrutura elevada. Ambos podem captar tanto a água da chuva do telhado como o escoamento superficial.



Figura 3.8 – Biofiltros encaixado no solo, adequados para projetos em escala de lote.

Fonte: Melbourne Water (2010)

Tanto as tecnologias de biofiltração quanto de bio-infiltração trabalham usando a combinação de sistemas de tratamento físico, químico e biológico. Pesquisas da FAWB (2009) revelam que quando devidamente projetadas, estas podem alcançar excelentes resultados em remoção de poluentes, independentemente da técnica usada, seja por via infiltração direta no solo ou via biofiltração, que conduzirá por tubulação a água tratada até um corpo hídrico receptor.



Figura 3.9 – Ilustrações de biofiltros com estrutura elevada, adequados para projetos em escala de lote.

Fonte: Melbourne Water (2010)

Contudo, FAWB (2009) também adverte que alguns fatores devem ser levados em consideração na hora de escolher esta técnica, tais como:

- Averiguar se a infraestrutura e as condições do sítio, em especial do solo urbano, são adequadas para sistemas de bio-infiltração;
- Seleção das espécies vegetais – o bom desempenho na remoção de poluentes e infiltração varia segundo o tipo de planta utilizado;
- Não são indicadas aonde há águas subterrâneas próximas a superfície;
- Devem ser instalados somente em áreas planas.

As fotos da figura 3.10 apresentam outro exemplo da flexibilidade desses sistemas, no qual podem também ser instalados em parte da calçada ou da faixa de estacionamento, como em pequenos recortes do meio urbano que normalmente ficam sem utilidade.



Figura 3.10 – Sistemas de biorretenção (*bioretention trees*) em vias públicas em Melbourne, Austrália.

Fonte: Foto Riane Nunes, 2009.

3.3.3 Alagados Construídos

Alagados Construídos (ou Wetlands, em inglês) são sistemas artificialmente construídos que tem objetivo simular os ecossistemas de alagados naturais com uso de vegetação densa e com mecanismos capazes de intensificar a sedimentação, tratar e remover os poluentes das águas pluviais, melhorando a qualidade da água.



Figura 3.11 – Exemplos da aplicação de Alagados Construídos.

Fonte: BMT, 2010

Os cinco principais objetivos dos Alagados Construídos são (DPLG, 2010):

- Compensar a perda de alagados naturais (Wetlands) devido à mudança de uso do solo pela urbanização e pela agricultura;
- Melhorar e manter a qualidade da água;
- Atenuar os eventos de inundação;
- Criar habitats que possibilitem a manutenção da fauna e flora em ambientes aquáticos, favorecendo a preservação da biodiversidade;
- Promover áreas verdes e recreativas para a comunidade.



Figura 3.12 – Alagados Construídos no calçadão do prédio do banco NAB (Docklands, Melbourne, Austrália).

Fonte: Centre for Water Sensitive Cities Website, 2010.

De acordo com Melbourne Water (2005), essas tecnologias podem ser aplicadas em diferentes escalas, desde numa dimensão de lote residencial até numa escala regional. Em áreas densamente urbanizadas, elas podem ter uma forma compacta para se adequar ao espaço das vias públicas e/ou dos pátios nos prédios (figura 3.10). Em escalas regionais, estes sistemas podem abranger até uma área de 10ha, promovendo significante habitat para animais silvestres.

Estes sistemas que tem seus níveis d'água elevados durante eventos de chuva e saída do fluxo do sistema é regulada de forma lenta e gradual. Alagados construídos são sistemas rasos e bastante vegetados compostos por duas zonas:

- (i) Zona de entrada (“*inlet zone*” com bacia de sedimentação) para retirada dos macro poluentes;
- (ii) Zona macrófita (macrophyte zone densamente vegetada) para retirada de partículas finas de poluentes e até metais pesados.

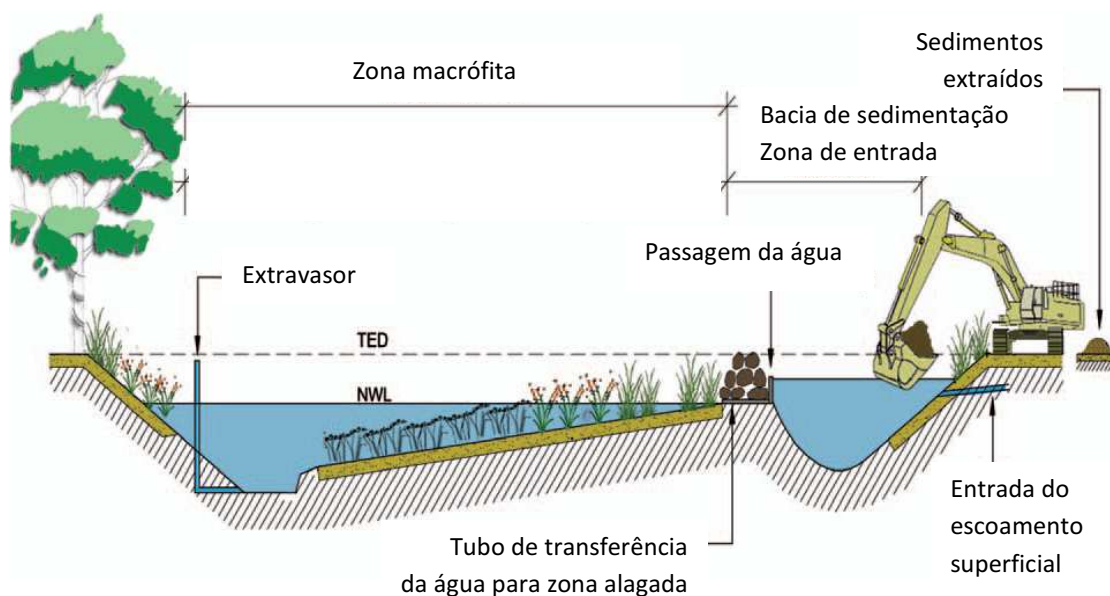


Figura 3.13 – Esquema do projeto de um alagado construído.

Fonte: Melbourne Water (2005).

O princípio básico para o bom desempenho dos Alagados Construídos é a relação entre o tempo de detenção, dimensão e efetividade hidrológica e hidráulica do sistema (com a velocidade) para alcançar os níveis de qualidade da água desejados. Recomenda-se uma média de 72 horas de tempo de detenção, e nunca inferior a 48 horas, para eficazes resultados quanto à remoção dos poluentes da água (DPLG, 2010).

3.3.4 Bacias de Detenção ou Retenção

Segundo Baptista *et al* (2005), a literatura inglesa e algumas obras brasileiras fazem a distinção entre bacias de retenção e detenção. Essencialmente, as **bacias de retenção** mantêm a água de escoamento estocada por longo período com o fim principal de decantação de partículas sólidas e, por esse intermédio, de redução de cargas de poluentes de origem pluvial.

Já as **bacias de detenção** têm por função principal o controle de inundações, onde a redução de carga de poluentes é objetivo secundário. Seu esvaziamento ocorre num tempo relativamente curto, visto que dispõe de um equipamento instalado no fundo da bacia para esvaziamento do escoamento, que permanece em operação durante todo o evento de chuva (figura 3.14).



Figura 3.14 – Bacia de detenção durante forte evento de chuva na Austrália.

Fonte: Department of Planning and Local Government (DPLG, 2010).

Dentro dos princípios WSUD, as bacias de retenção podem ser projetadas para manter água permanentemente, transformando-se em lagos artificiais (*lakes* ou *ponds*, em inglês). Além de armazenar água de chuva para fins de uso não potáveis, estes lagos ornamentais têm a função de valorizar a paisagem urbana, atividades recreativas, e de propiciar a preservação do habitat da fauna e flora nativa (figura 3.15).



Figura 3.15 – Lagos ornamentais com função de bacias de retenção.

Fonte: Melbourne Water, 2005.

No contexto brasileiro, as bacias de retenção são grandes estruturas de acumulação temporária e/ou de infiltração de águas pluviais utilizadas para atender a três funções principais, diretamente relacionadas com a drenagem urbana, afirma Baptista *et al* (2005):

- O amortecimento de cheias geradas em contexto urbano como forma de controle de inundações;
- A eventual redução de volumes de escoamento superficial, nos casos de bacias de infiltração;
- A redução da poluição difusa de origem pluvial em contexto urbano

Melbourne Water (2005) recomenda que os bacias ou lagos devem operar em geral de forma combinada e sequencial (“*treatment train*”), necessitando de outras tecnologias como alagados construídos ou bacias de sedimentação para pré-tratamento da qualidade da água, para então, posterior deságüe no lago. Em algumas situações onde a topografia do sítio é muito acidentada com restrições para instalação de alagados construídos, as bacias de retenção podem ser usadas com finalidade similar de tratamento da qualidade da água. Neste caso, adverte-se que quando projetadas de forma inadequada podem acarretar a eutrofização do sistema.

Ainda, as bacias de retenção podem ser multifuncionais e com diferente formas, explica Baptista *et al* (2005):

- Bacias a céu aberto com espelho d'água permanente (lagos) – podem agregar função de atividades de lazer, áreas verdes, parques, reservas ecológicas, além de elemento para composição de projeto urbanístico (figura 3.15);
- Bacias secas que armazenam água apenas durante eventos de precipitação – podem ser combinadas com praças públicas, áreas verdes e espaços para práticas de esportes como quadras, rampas para skate e ciclovias;
- Bacias de zonas úmidas – são artificialmente construídas semelhantes a várzeas, capazes de armazenar água em pequenas profundidades e extensas áreas, com forte desenvolvimento de vegetação típica;
- Bacias subterrâneas ou cobertas – tipicamente empregadas em zonas urbanas densamente ocupadas onde não resta espaço para implantação de bacias a céu aberto.

Quando introduzida vegetação em suas margens, reduz-se o risco de erosão nas bacias, além de melhorar as condições do ecossistema aquático. Lembrando que estes ambientes exigem uma manutenção regular, tanto para conservar seu valor estético quanto para manter a qualidade da água nos níveis recomendados. Ainda, é válido ressaltar que não são indicados a instalação desses sistemas em localidades próximas aos aeroportos, no intuito de prevenir que bandos de pássaros sobrevoem as rotas de tráfego aéreo.

3.3.5 Pavimento Poroso

A técnica de pavimento poroso, também conhecida por *pervious ou permeable pavements*, são pavimentos dotados por estruturas de revestimento de superfície permeável que permitem a infiltração e a detenção temporária da água pluvial.

Os pavimentos permeáveis tem grande potencial de aplicabilidade, visto que não necessitam de espaço urbano extra para seu uso, além de atender a dupla função de tratamento de melhorar qualidade da água como de reduzir a quantidade do *runoff*. Eles são muito flexíveis e estão disponíveis no mercado sob duas formas: estrutura

modular (pavers) e monolítico (superfícies contínuas de concreto ou asfalto poroso).
figura 3.16.



Figura 3.16: Tipo de pavimento poroso - Modular Hydropave (à direita) e Monolítico Permapave (à esquerda)
Fonte: Monash University, (Deletic *et al*, 2010)

Neste sentido, eles são particularmente adequados para áreas densamente urbanizadas ou situações de projeto de reurbanização (Deletic *et al* , 2010), Dessa forma, o uso do pavimento poroso pode ter por finalidade (DPLG, 2010):

- Remoção de poluentes;
- Promover a retenção (on-site) do runoff, reduzindo os picos de fluxo;
- Reduzir o volume total do escoamento superficial no sítio.

Esta técnica pode ser utilizada para substituir os pavimentos convencionais. É recomendada tanto para zonas residenciais quanto comerciais, desde que haja tráfego leve e baixa carga de sedimentos no local (figura 3.17).



Figura 3.17: Exemplos de aplicação de pavimento permeável
Fonte: Manual Técnico WSUD, Adelaide, Austrália. (DPLG, 2010)

A difusão e aceitação dessa prática necessitam tanto da transferência de conhecimento desses sistemas para sociedade quanto da formação de parcerias entre a comunidade, a iniciativa pública e privada, visto que a execução das calçadas é, em geral, de inteira responsabilidade do proprietário.

3.3.6 Telhados Verdes

Comumente denominados em inglês de *vegetated* ou *green roofs*, a técnica de telhados verdes oferece uma ampla variedade de benefícios que incluem desde:

- Isolamento térmico e acústico
- Melhoria do microclima urbano;
- Economia de energia;
- Captar e filtrar a água da chuva;
- Redução do escoamento superficial (*runoff*);
- Valorização estética.



Figura 3.18: Experimento com uso da técnica de telhados verdes

Fonte: Monash University (Centre for Water Sensitive Cities, 2011).

Os telhados verdes podem ser aplicados numa variedade de áreas cobertas, desde casas residenciais ou comerciais, cobertura de edifícios, além de outros locais como parada de ônibus, etc. (figura 3.19).



Figura 3.19: Aplicação de telhados verdes no Rio de Janeiro.

Fonte: Prodanoff, 2010.

Alguns autores denominam estas técnicas como também de naturalização. Rola (2008) afirma que este sistema é formado, principalmente, por quatro camadas com igual importância: (i) vegetação, (ii) substrato, (iii) drenagem, e (iv) impermeabilizante. Para o uso da técnica da naturalização em grandes centros urbanos, Rola (2008) apresenta uma série de vantagens econômicas, sociais e ambientais no quadro 3.1.

Quadro 3.2 – As vantagens da Naturalização

Vantagens		
Para o proprietário	Para a comunidade	Para o Ambiente
Amplia o tempo de vida da cobertura	Reduz o fluxo superficial de águas pluviais	Previne refluxo de drenagem
Reduz o consumo de ar condicionado durante o verão	Reduz o efeito de ilhas de calor nas cidades	Reduz o impacto do dióxido de carbono
Reduz o consumo de calefação durante o inverno	Reduz a inversão térmica	Remove o nitrogênio contido na água da chuva
Ferramenta de gestão de águas pluviais	Reduz o barulho	Neutraliza o efeito da chuva ácida
Provável de receber incentivos fiscais.	Reduz a demanda de energia	Favorece a consolidação da biodiversidade urbana com pássaros e insetos.
Promove relações públicas	Melhora a qualidade do ar	
Aproveitamento de área sem uso como espaço de jardim	Melhora a estética	

Fonte: ROLA, 2008.

Contudo, estudos de diversas partes do mundo sugerem que os benefícios oriundos desta técnica para gestão de águas pluviais variam em função das especificidades de cada lugar, desde o design e tamanho do telhado até as condições climáticas locais.

Capítulo 4 - A Estrutura Metodológica do BLUE Plan

Mesmo diante dos avanços apresentados nos capítulos precedentes relativos às tecnologias para captação, retenção, tratamento e uso para fins não-potáveis das águas das pluviais em áreas predominantemente urbanas, verifica-se que há ainda uma significativa carência de instrumentos e métodos que possam realizar a interface entre o processo de planejamento e desenho urbano com o projeto e a implementação das tecnologias em drenagem sustentável, a exemplo das práticas WSUD.

Todavia, para que tal inovação aconteça faz-se necessário que tais instrumentos existam e sejam divulgados na forma de manuais (procedimentos) e incorporados com a legislação urbanística vigente, de modo que os projetos de drenagem sejam realizados de forma conjunta com o desenho urbano das cidades.

Assim, a pergunta seria não mais o POR QUÊ, e sim, COMO desenvolver tais procedimentos para promover a inserção das técnicas em drenagem dos engenheiros hidrólogos no trabalho dos urbanistas no processo de construção da paisagem urbana?

A resposta para tal questionamento é apresentada a seguir por meio da metodologia proposta para esta pesquisa.

4.1 OS PRINCÍPIOS GERAIS DO BLUE PLAN

Após contextualizado o problema que norteia esta pesquisa, decidiu-se criar para este estudo uma metodologia intitulada de **BLUE Plan** (*Benchmarking for Liveable Urban Environments*) com o objetivo de ordenar procedimentos para integrar as tecnologias australianas WSUD (drenagem sustentável) no processo de planejamento e desenho das cidades.

O BLUE Plan abrange diferentes escalas de projetos, como também, áreas de domínio público ou privado. Ainda, é importante ressaltar que o emprego das tecnologias WSUD nesta pesquisa de tese limita-se ao escopo da gestão de águas pluviais.

Os sete princípios gerais que nortearam a elaboração desta metodologia, descritos na figura 4.1, foram baseados em referências consagradas internacionalmente como: *Melbourne 2030 - Planning for sustainable growth* (Departamento de Infraestrutura - Victoria, Austrália, 2002), *State Planning Policies Framework (Victoria Planning Scheme, 2007)*, e na obra *Cities as Sustainable ecosystems: Principles and practices* (Newman & Jennings, 2008) que enumera os *The Ten Melbourne Principles for Sustainable Cities (United Nations Environment Program/ International Environmental Technology Center – UNEP/IETC, 2002)*.

- I. **Inovação:** instituir critérios para integração da gestão de águas pluviais no planejamento e desenho urbano das cidades, inserindo design inovador e usos múltiplos para maximizar a funcionalidade dos espaços e o visual paisagístico;
- II. **Adaptabilidade:** criar procedimentos padrão passíveis de serem aplicados e/ ou adaptados em qualquer localidade urbana - em diferentes tipologias, escalas e domínios (público ou privado);
- III. **Parceria:** expandir e promover a cooperação entre diversas frentes de trabalho visando o bem-estar comum e a sustentabilidade;
- IV. **Capacitação:** capacitar e conscientizar profissionais, como também fomentar a participação da comunidade local;
- V. **Resiliência:** identificar a vulnerabilidade ambiental do sítio em análise, e buscar estratégias para aumentar a sua resiliência frente aos impactos das mudanças climáticas e/ou outras intervenções antrópicas relativas à gestão do uso do solo e gestão das águas;
- VI. **Identidade:** implementar atributos distintos nos espaços urbanos com base nos princípios WSUD, de modo a marcar e reconhecer sua identidade pelo design, otimização da qualidade ambiental urbana, e contribuição para valorização sócio-cultural do lugar ou vizinhança;
- VII. **Sustentabilidade:** primar pela preservação do meio ambiente (em especial, redução do impacto da urbanização nos corpos hídricos e no ciclo hidrológico), minimizar os custos do sistema de drenagem, melhorar a qualidade de vida da população com corredores verdes e mais áreas de recreação (figura 4.1).



Figura 4.1 – Os sete princípios gerais do BLUE Plan

Fonte: Elaboração própria, 2010.

A obra “*Smart Growth Manual*” de Duany *et al* (2010a) também forneceu importante instruções para o embasamento desta metodologia. Outras contribuições foram as publicações sobre *Ecologically Sustainable Development* (ESD - VicUrban, 2003), *WSUD Guidelines*, em especial: *WSUD Technical Manual - Great Adelaide Region* (South Australia Government, 2010), “*Australian Runoff Quality*” organizado por Wong (2006a) e *WSUD Engineering Procedures: Stormwater* (Melbourne Water, 2005).

Além disso, como forma de auxiliar na direção e desenvolvimento dos procedimentos do BLUE Plan, fez necessário relembrar os **objetivos específicos** traçados para esta pesquisa, apresentados anteriormente na introdução desta tese, a seguir:

- Estudar as prescrições urbanísticas, legislação, códigos e normas afins, examinando exemplos brasileiros e internacionais;
- Estudar as tecnologias WSUD, observando os principais elementos de projeto, aplicação, benefícios e limitações de cada uma delas;
- Desenvolver um método que possibilite a inserção das tecnologias WSUD, de acordo com a legislação de uso e ocupação do solo urbano, em diferentes tipologias e escalas - como lotes (edifício), passeios e vias

públicas (áreas de circulação) e de vizinhança (praças, parques, etc), sejam em áreas urbanas de domínio público ou privado.

Antes, porém, de se deter a pormenores da estrutura metodológica, prefere-se clarificar a nomenclatura inglesa *liveability* do termo BLUE Plan. O advérbio *liveability*, ou mesmo adjetivo *liveable*, são hoje termos amplamente utilizados na Austrália, Europa e Estados Unidos acerca das questões urbanas e socioambientais. Nos Estados Unidos esta terminologia tem escrita em inglês ligeiramente diferente, sendo conhecida por “*livability*” como advérbio ou “*livable*” como adjetivo. No Brasil, esse termo vem sendo traduzido para o português como “*habitabilidade*” ou “*condições de vida*”, num sentido um pouco diferenciado de “qualidade de vida” (Linguee, 2011; Grunert da Fonseca & Silva, 2011). Segundo fontes do Departamento das Comunidades e Governo local do Reino Unido e das referências publicadas pelo Governo de Victoria (Austrália), pode-se explicar que:

“Um espaço urbano *liveable* é determinado pelos atributos do seu entorno, serviços oferecidos e qualidades ambientais que promovam o bem-estar e a satisfação das pessoas em residirem naquele lugar”

O documento Melbourne 2030 (*State of Victoria, Department of Infrastructure, 2002*), expõe na sua política 5.5 os princípios gerais que representam as características de uma *liveable* vizinhança, onde dentre os tópicos presentes destaca-se o de “Desenvolvimento integrado ao meio ambiente” no qual expõe que uma *liveable* vizinhança deve possuir: melhor eficiência energética, conservação da água, gestão de águas pluviais urbanas e tratamento de efluentes, menor desperdício, reduzida geração de lixo e poluição do ar.

Ainda, a empresa australiana de consultoria SGS Economics and Planning, explica que a palavra *liveability* pode ser interpretada de várias maneiras, mas ela prefere defini-la no sentido de como bem (ou satisfatoriamente) uma cidade ou região funciona. Isso remete às necessidades do cidadão e aos requisitos de eficiência e conforto no tocante a infraestrutura de transportes, qualidade do ar e da água, conservação da biodiversidade, acesso à moradia, vitalidade cultural e adequados espaços públicos e áreas de recreação. Contudo, em virtude da ampla aplicação do termo, define-se para fins práticos desta pesquisa de tese que a nomenclatura *liveability* ou *liveable* faz menção direta às questões equacionadas na figura 4.2.

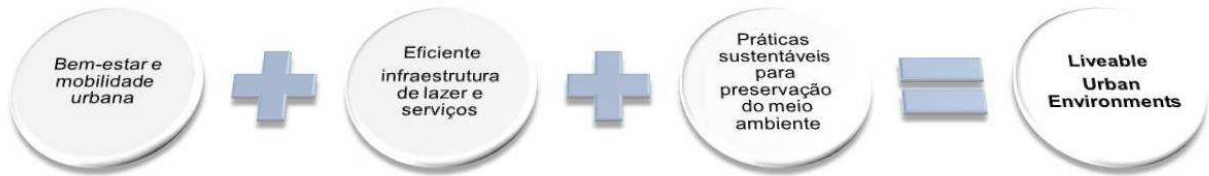


Figura 4.2 – “Equação” da Liveability

Fonte: Elaboração própria, 2010.

4.2 A ESTRUTURA GERAL DO BLUE PLAN

Para uma melhor compreensão acerca de todo procedimento metodológico, apresenta-se um fluxograma da estrutura geral do BLUE Plan, no qual é constituída por 3 estágios (figura 4.3):

- Estágio 1: Revisão dos princípios gerais de WSUD e suas tecnologias;
- Estágio 2: Revisão do processo de planejamento urbano;
- Estágio 3: Integração dos parâmetros, desenvolvimento das etapas e os procedimentos para inserção das tecnologias WSUD no planejamento e desenho urbano.

É importante mencionar que os estágios 1 e 2 podem também ser efetuados tanto em seqüência quanto em paralelo, mas o terceiro estágio somente deve ser iniciado após o término de ambos.

4.2.1 ESTÁGIO 1: Revisão dos Princípios Gerais de WSUD

Para um melhor entendimento acerca da aplicabilidade das tecnologias WSUD o estágio 1 do BLUE Plan foi dividido em 3 divisões de trabalho, conforme apresentado no fluxograma da figura 4.3:

- Conhecimento dos princípios básicos e objetivos WSUD (1A);
- Aprendizado dos elementos-chave para o design das tecnologias (1B);
- Estudo de projetos WSUD e visitas técnicas (1C).

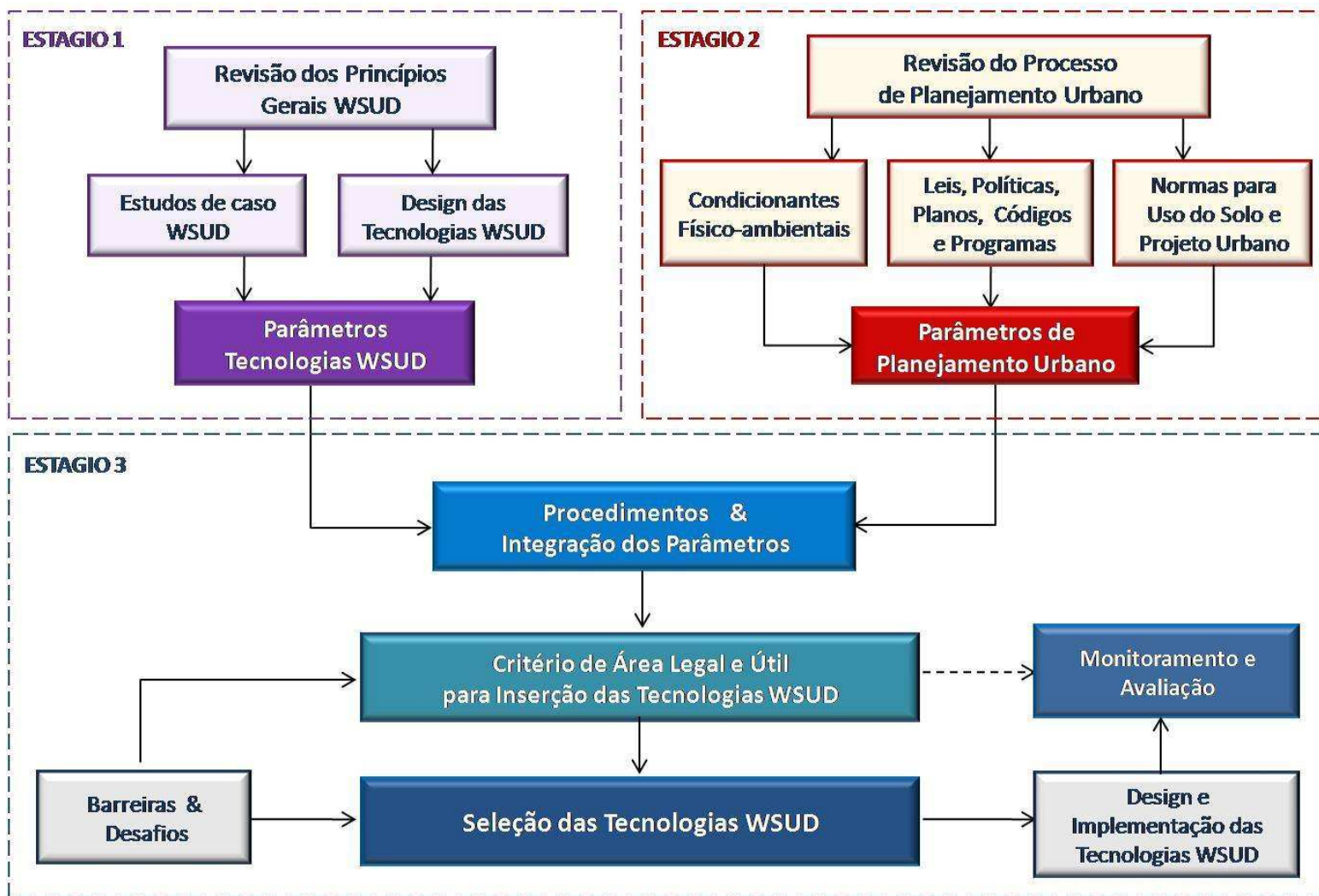


Figura 4.3 – A Estrutura Geral do BLUE Plan
 Fonte: Elaboração própria, 2010.

Contudo, após a revisão de literatura apresentada sobre o tema WSUD no capítulo 3 desta tese, convém de início somente lembrar os cinco objetivos WSUD citados por Wong (2006a):

- Redução do escoamento superficial (*runoff*) e proteção contra enchentes;
- Proteção dos ecossistemas aquáticos naturais e melhoria da qualidade das águas - tratamento e remoção de poluentes;
- Redução da demanda de água potável - armazenamento e reúso das águas pluviais e/ou efluentes;
- Redução dos custos do sistema de drenagem e de infraestrutura em geral e, ao mesmo tempo, valorização estética do espaço urbano - integração dos sistemas de tratamento de águas pluviais com a paisagem urbana;
- Melhoria da qualidade ambiental urbana e do microclima urbano – áreas verdes e incremento no visual paisagístico.

A etapa 1B refere-se ao estudo dos elementos-chave para design das 12 principais tecnologias WSUD, como: a aplicabilidade, escala, benefícios e limitações de cada uma. Essas questões já foram trabalhadas no capítulo anterior, basta somente agora listá-las e lembrá-las no quadro 4.1.

Na seqüência, como parte da etapa 1C, enumeram-se os diversos projetos e tecnologias WSUD visitados na região metropolitana de Melbourne entre os anos de 2009 e 2010. Os registros destas visitas técnicas são apresentados em maiores detalhes nos anexos desta tese.

- Pavimento poroso e reservatório de água de chuva enterrado na escola Syndal South Primary School;
- Gradeamento, 2 sistemas biofiltração, bacia de retenção e valas vegetadas no Fairfield Park;
- Sistemas de biorretenção em vias públicas no bairro de Richmond;
- Alagados construídos, biofiltro e canteiros de árvores com sistemas de biorretenção, pavimento poroso e reservatório de água de chuva enterrado no bairro de Docklands;
- Projeto do bairro Officer planejado com tecnologias WSUD;
- Valas vegetadas, Sistemas de biorretenção, wetland e lago ornamental no bairro de Lynbrook Estate;
- Biofiltro na reserva ambiental de Banyan.

Quadro 4.1 – Tecnologias WSUD em gestão de águas pluviais escolhidas para esta pesquisa

Tecnologias WSUD em gestão de águas pluviais	
01	Gradeamento (captura de macro-poluentes e/ou sólidos grosseiros)
02	Bacias de Sedimentação
03	Vala ou trincheira de infiltração vegetada (Swales)
04	Sistemas de bioretenção (biofiltro)
05	Filtro de areia
06	Alagados construídos
07	Bacia de detenção ou retenção (Ponds)
08	IS - Sistemas de Infiltração (trincheiras, poços, valas)
09	IS - Pavimento Poroso
10	Cisterna de chuva de superfície
11	Cisterna de chuva enterrada
12	Recuperação de Aquífero
13	Telhados Verdes

Fonte: Elaboração própria, 2010.

No Brasil, foram também efetuadas visitas técnicas nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, citadas a seguir:

- Bacia de detenção – Área da antiga fábrica da Sharp, Região Metropolitana (RM) de São Paulo, 2008;
- Bacia de detenção off-line do Rio Aricanduva – RM de São Paulo, 2008;
- Ampliação e recuperação das margens do Rio Aricanduva – RM de São Paulo, 2008;
- Corredor linear de recreação as margens do Rio Aricanduva – RM de São Paulo, 2008;
- Bacia de detenção multifuncional - área de recreativa para skate, bicicleta e quadra poliesportiva – Porto Alegre, 2011;
- Bacia de Detenção subterrânea e multifuncional - área verde e quadra de esportes – Porto Alegre, 2011.

Durante as visitas técnicas, pode-se conferir que os projetos implementados na região metropolitana de Melbourne atendem a diferentes finalidades, como: armazenagem (retenção/detenção) para redução da demanda de água potável; controle do fluxo do escoamento superficial (*runoff*) e proteção contra inundações; consumo consciente da água e educação ambiental; manutenção e controle da qualidade dos corpos hídricos com tratamento e reúso de efluentes, dentre outros.

O aprendizado “in loco” sobre o emprego das tecnologias WSUD nas variadas escalas e tipologias, e uma melhor compreensão acerca da sua concepção, design, função, benefícios, principais características e limitações da técnica foram de grande valia para a criação de uma **guia e dos parâmetros** para o primeiro estágio desta metodologia. Este guia é aqui denominado como um *check-list* será útil para avaliar os principais elementos de design das tecnologias WSUD, como também, traçar um perfil da cada tecnologia WSUD e verificar sua adequação na área urbana selecionada ou proposta para futuro desenvolvimento de um projeto (ver quadro 4.2).

Quadro 4.2. Os parâmetros de design das tecnologias WSUD

Check-list dos principais elementos de design das tecnologias WSUD	
01	Propósito da tecnologia WSUD - ex: tratamento e proteção da qualidade da água, proteção contra enchente (redução do escoamento superficial), armazenamento e reúso da água de chuva.
02	Adequação a escala urbana proposta: lote, vias públicas, vizinhança e regional.
03	Locação estratégica na bacia hidrográfica (ex. Perto da fonte ou a jusante).
04	Área impermeabilizada da bacia a ser tratada (mínima dimensão requerida pela tecnologia WSUD para alcançar os índices hidrológicos adequados e de tratamento na remoção de poluentes).
05	Desempenho hidrológico - carga hidráulica (altura da lamina do escoamento), recorrência e/ou período de retorno, requerimentos para proteção contra enchentes.
06	Desempenho no tratamento (fluxo e taxa de remoção de poluentes esperados).
07	Qualquer pré-tratamento requerido.
08	Oportunidades e limitações relativas a bacia hidrográfica (características do solo, declividade, vegetação nativa exigida).
09	Requerimentos de manutenção exigidos.
10	Infraestrutura existente ou exigida.
11	Barreiras sócio-culturais e institucionais (capacitação, valor estético e cultural, consciência ambiental quanto aos benefícios da tecnologia, etc)

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Todavia, convém destacar que em alguns casos todos os parâmetros listados podem não ser utilizados para uma tecnologia WSUD em particular. Ainda, é conveniente ressaltar que não é objetivo desta pesquisa, ensinar como deve se projetar tais tecnologias, e sim, introduzir as técnicas no processo de planejamento e desenho urbano, informando de forma criteriosa em quais espaços e situações é possível inserir tais técnicas nas cidades.

4.2.2 ESTÁGIO 2: Revisão do Processo de Planejamento Urbano

O segundo estágio do BLUE Plan tem como intuito, primeiramente apontar os princípios gerais que norteiam o planejamento urbano e, por conseguinte, selecionar parâmetros dentro da legislação urbanística que possam ser possam fornecer subsídios para integrar as gestão de águas pluviais e as tecnologias WSUD. Para tal, buscou-se trabalhar na pesquisa com 3 grupos distintos que envolvem e complementam o tema de planejamento urbano.

O primeiro grupo (2A) denomina-se **atributos e condicionantes físico-ambientais** de onde lista todos os aspectos e características naturais que devem observados previamente numa localidade ou região ao realizar um projeto urbanístico. O segundo grupo (2B) abrange toda a fonte de **legislação urbanística** que deve ser considerada nas fases de planejamento, desenvolvimento, ou mesmo, revitalização de qualquer área urbana, servindo de base para a próxima etapa de trabalho. O terceiro grupo (2C), então, focaliza os **requerimentos específicos para o uso ordenado do solo urbano**, tais como tipologias, zoneamentos, normas construtivas, densidade, dentre outros.

Os aspectos mencionados no grupo 2A deram origem aos parâmetros e ao *check-list* no intuito de ordenar a descrição das características físico-ambientais da área a ser estudada, relatando o quanto crítico, relevante ou particular tais atributos podem ser, e principalmente, o quanto estes podem influenciar positivamente ou apresentar limitações ao desenvolvimento de um projeto urbano integrado a gestão de águas pluviais.

A importância do trabalho do grupo 2B reside não somente no conhecimento das leis, normas e prescrições urbanísticas em vigor de certa localidade, mas sobretudo, na oportunidade de se analisar o perfil pró-ativo ou conservador ou mesmo

reativo ligado às questões ambientais naquele país, região ou cidade. Este fato pode demonstrar logo no início uma série de elementos favoráveis ou não para implementação do BLUE PAn, ou seja, talvez um passo inovador grande demais para a realidade local. Contrariamente, pode se deparar com uma base legislativa fraca, porém com gestores públicos e comunidade bastante envolvidos com a temática ambiental, vislumbrando um cenário otimista e um potencial significativo para o desenvolvimento do BLUE Plan na cidade.

Somente após o estudo das referências do grupo 2B, foi possível desenvolver um trabalho mais específico do grupo 2C relativo ao uso e ordenamento do solo urbano. Esta etapa foi um passo fundamental para o desenvolvimento dos critérios propostos nesta metodologia, ao realizar tratamento de dados mensuráveis como dimensões e recuos do loteamento (área construída), taxa de ocupação, densidade, geometria e classificação das ruas e avenidas, planejamento de espaços públicos e áreas verdes, dentre outros. Assim, os grupos 2B e 2C de trabalho complementam os parâmetros urbanísticos do estágio 2 desta metodologia, mostrados no quadro 4.3.

É importante mencionar que estes parâmetros descritos no quadro 4.3 foram baseados principalmente nos seguintes documentos:

- Plano Diretor de Natal (Prefeitura do Natal, Estado do Rio Grande do Norte, 2007);
- Lei de adequação do Plano Diretor de Curitiba ao Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/01 (Câmara Municipal de Curitiba, Estado do Paraná, 2004);
- Livro "*Site Analysis: a contextual approach to sustainable land planning and site design*" (LAGRO JR., 2008);
- Victoria Planning Provisions (Victoria State Government, 2007);
- Melbourne Planning Scheme (Melbourne City Council, 2010).

Ao analisar os diversos aspectos dos 3 grupos elaborados, pode-se eleger os três principais parâmetros em planejamento urbano que serão os elementos norteadores do BLUE Plan: **escala, tipologia (uso do solo) e densidade**. Juntos, estes três elementos elucidam o princípio da adaptabilidade desta metodologia, fornecendo múltiplos arranjos e, por consequência, diferentes critérios e resultados alternativos segundo as especificidades de cada localidade e do projeto desejado.

Quadro 4.3. Os parâmetros de planejamento urbano do estágio 2 do BLUE Plan

Check-list dos principais elementos de Planejamento e Desenho Urbano	
Grupo 2A: Atributos e condicionantes físico-ambientais	01 População, densidade e taxa de crescimento
	02 Hidrologia – águas superficiais e subterrâneas
	03 Ecossistema marinho
	04 Vegetação – parques, árvores isoladas, flora e fauna nativa
	05 Microclima urbano e amenidades
	06 Topografia – elevações, declives, orientação
	07 Geologia – propriedades do solo
	08 Qualidade da água
	09 Qualidade do ar
	10 Riscos naturais (planície de inundação, erosão, deslizamento, etc)
Grupos 2B e 2C: Normas para uso do solo, projeto e desenho urbano	11 Zoneamento, subdivisões, reservas, restrições e áreas especiais
	12 Uso do solo - Residencial, Industrial, Comercial, Uso misto e Público
	13 Escala: lote, vias públicas, vizinhança, regional
	14 Densidade e/ou tipologia dos edifícios (ex: multifamiliar, condomínio vertical ou horizontal; uso misto residencial + comercial)
	15 Estágio de desenvolvimento: áreas já construídas ou novos sites
	16 Patrimônio, marco cultural e/ou característica singular do site
	17 Normas urbanísticas e construtivas para loteamentos
	18 Geometria e normas para vias públicas e estacionamento
	19 Normas para parques, jardins e áreas verdes, espaços públicos, de recreação e lazer (uso público ou privado)
	20 Elementos do desenho urbano (equipamentos e mobiliário)
	21 Infraestrutura urbana e services

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Esses múltiplos arranjos estão exemplificados na figura 4.4, e mostram como tais elementos possibilitam diferentes combinações que irão influenciar diretamente no critério de fração de área legalmente disponível, recomendada para emprego das tecnologias WSUD.

Além disso, a figura 4.4 evidencia que cada escala e tipologia de uso do solo necessitam, muitas vezes, de elementos de desenho urbano diferenciados, segundo sua utilidade e/ou caráter estético na paisagem urbana. Estes elementos, por sua vez, podem ou não contribuir para o emprego das suas tecnologias WSUD, mediante sua funcionalidade e dimensão no espaço urbano.

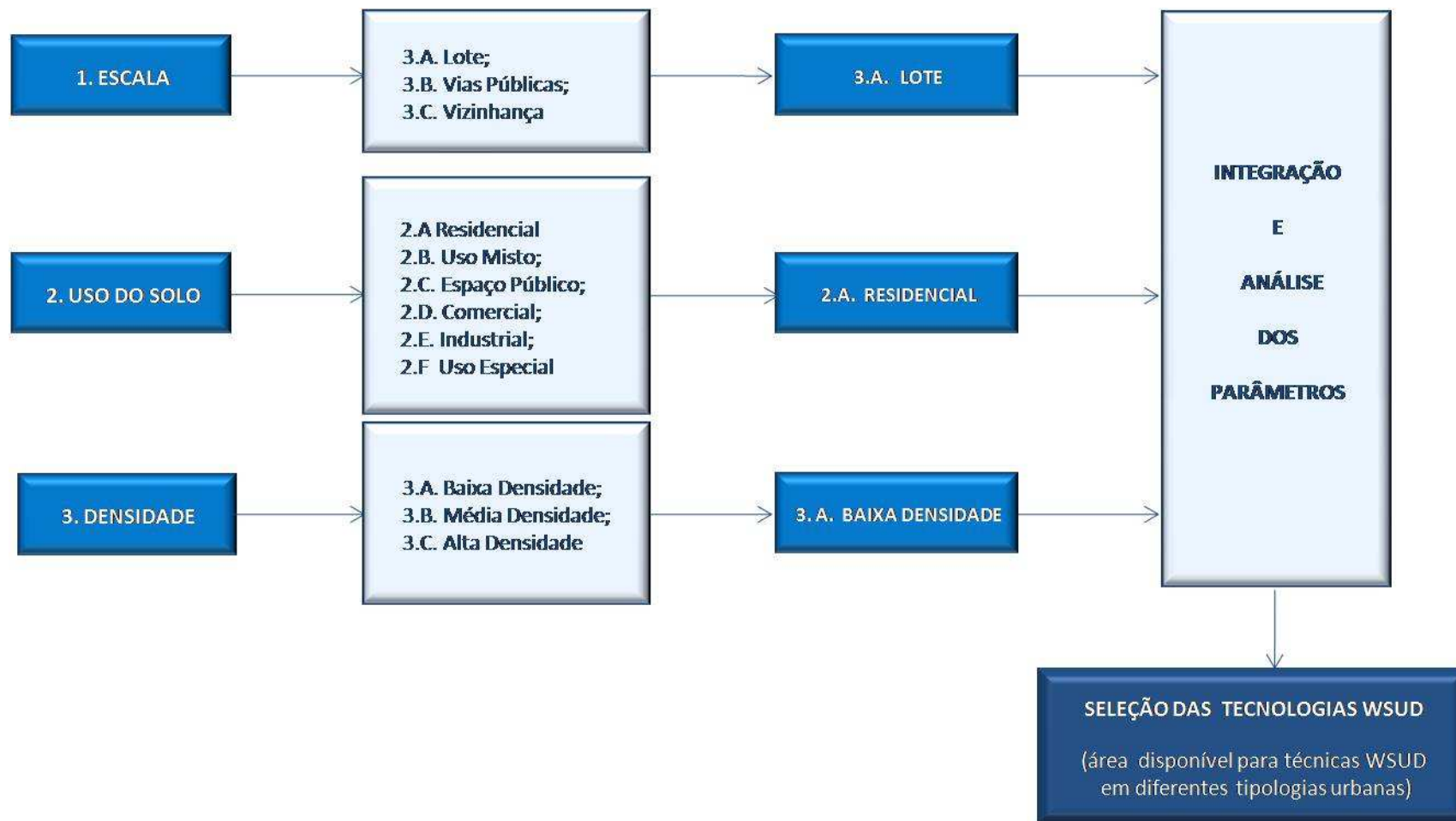


Figura 4.4: Os parâmetros urbanísticos e seus múltiplos arranjos

Fonte: Elaboração própria, 2010.

4.2.3 ESTÁGIO 3: A integração dos parâmetros

O estágio 3 tem a finalidade de integrar os parâmetros dos estágios 1 e 2, apresentados nas tabelas 4.2 e 4.3, referentes respectivamente as tecnologias WSUD e ao planejamento urbano.

Ao observar as características técnicas e os elementos de design dos sistemas WSUD no estágio 1 e os diversos tópicos inerentes da área de planejamento urbano no estágio 2, para então estabelecer a inter-relação entre os mesmos, resolveu-se criar um guia de procedimentos no intuito de ordenar o processo de integração entre estes distintos campos de atuação.

Assim, o item 4.3 a seguir irá descrever em detalhes a construção de tais procedimentos e, paralelamente, a inserção dos referidos parâmetros neste guia.

4.3 A CONSTRUÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DO BLUE PLAN

O guia de procedimentos do BLUE Plan tem a função de auxiliar profissionais no projeto e planejamento de um ambiente urbano qualquer - seja ele, de domínio privado ou público - a conceber este plano num formato integrado à gestão de águas pluviais. Em linhas gerais, os procedimentos do BLUE Plan têm o objetivo de orientar cada etapa do processo, desde a descrição da área até a análise e a inferência do potencial de área urbana legalmente disponível para inserção das tecnologias WSUD. E ao final, em caso positivo, selecionar as técnicas adequadas, segundo as características do local e outros parâmetros de aplicabilidade, detalhados mais adiante (figura 4.5).

O primeiro procedimento do BLUE Plan é denominado de **Políticas de planejamento urbano (PR.1)**, onde norteia os trabalhos iniciais para uma explanação geral acerca das legislações urbanísticas, ambientais e outras normas relacionadas com o ordenamento de uso do solo da região em estudo. O segundo procedimento é intitulado de **Condicionantes do sítio (PR.2)** propondo a descrição dos principais elementos que caracterizam o espaço urbano a ser analisado como localidade, estágio de desenvolvimento, tipologia, escala e densidade. Após a caracterização da área de estudo dirigida pelo segundo procedimento, o terceiro procedimento chamado de **Normas urbanísticas e construtivas (PR.3)** vem para designar a averiguação das dimensões, geometria, restrições legais e ambientais particulares da região,

atualmente declaradas nos códigos de obras, prescrições urbanísticas do plano diretor, dentre outras leis vigentes.



Figura 4.5 – Os procedimentos do BLUE Plan

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Já o quarto procedimento nomeado de **análise do layout e desenho do sítio (PR.4)** vem a elencar todos os elementos de projeto possíveis para aquela tipologia urbana, realizando uma análise espacial sobre o desenho, uso e necessidades atuais ou futuras do lugar. Por conseguinte, o procedimento quinto denominado de **Oportunidades e Limitações para Implantação das Tecnologias WSUD (PR.5)** vem avaliar os atributos naturais e de infraestrutura do sítio, conferindo os elementos de desenho (evidenciados no estágio 1) que são mandatórios e restritivos para projeto e implantação de uma ou mais tecnologias WSUD.

O procedimento sexto intitulado **Crítério de Área Legal Útil do Sítio (PR.6)** é o resultado da união de todos os procedimentos, especialmente o de análise do layout e desenho do sítio, onde é definido o “local alvo” e percentual/fração de área útil, conforme as leis vigentes, para uso e desempenho adequado das tecnologias WSUD. Estes percentuais irão variar conforme a escala, tipologia e densidade do lugar.

O sétimo procedimento chamado de **Seleção das Potenciais Tecnologias WSUD (PR.7)** faz menção análise e inferência do potencial da área disponível para inserção das tecnologias WSUD, mediante espaço e infraestrutura satisfatórios para seu eficiente desempenho.

Por fim, o oitavo procedimento denominado de **Monitoramento e Avaliação (PR.8)** tem a função de fechar o ciclo do processo. A etapa de monitoramento deve ser somente executada quando as tecnologias WSUD foram levadas ao estágio de projeto e de implementação. No entanto, o procedimento de avaliação pode efetuado em duas situações distintas. Na primeira, após a confirmação de construção dos sistemas WSUD, dando continuidade ao processo. Numa segunda situação, quando não há sucesso nos procedimentos anteriores (PR.5 ou PR.6 ou PR.7) e o BLUE Plan precisará ser realizado novamente. Neste caso, deve-se fazer uma avaliação sobre o que necessita ser alterado ou aprimorado na área em questão. Lembrando que esta avaliação pode incluir desde mudança de local, de escala de projeto, de técnica WSUD, devido à aferição de impedimentos por questões urbanísticas legais, ou mesmo, de limitações espaciais e/ou naturais do sítio urbano.

Após a explicação dos procedimentos, faz-se necessário, porém expor uma observação adicional de como o BLUE Plan será aplicado. O guia terá um formato geral com estrutura e procedimentos iguais, mas com diferentes parâmetros adotados segundo a escala, tipologia e densidade do projeto urbano em estudo. Sobretudo, o **fator escala** será determinante para condução dos procedimentos e, assim, para tal, o guia foi elaborado em três partes independentes propiciando seu emprego de modo autônomo nas três diferentes escala de projeto:

- Lotes;
- Vias públicas (ruas, calçadas, avenidas e estacionamentos);
- Praças e parques (espaços públicos, incluindo áreas verdes, para convívio social, recreação e esportes).

Ainda em relação ao parâmetro escala, a figura 4.6 tem o propósito de evidenciar à medida que espaço físico se amplia, aumentam-se as oportunidades para implementação das tecnologias WSUD nas comunidades urbanas. Pode-se atribuir diversos fatores para ratificar esta ilustração, como mais espaço físico disponível, redução dos custos de investimento, maior área de abrangência da bacia urbana, melhores condições para tratar e reduzir o escoamento superficial (*runoff*), dentre outros. Além disso, há a vantagem e a facilidade para planejamento e execução da

obra, dado o menor número de gestores (públicos ou privados) envolvidos por metro quadrado de área urbana.

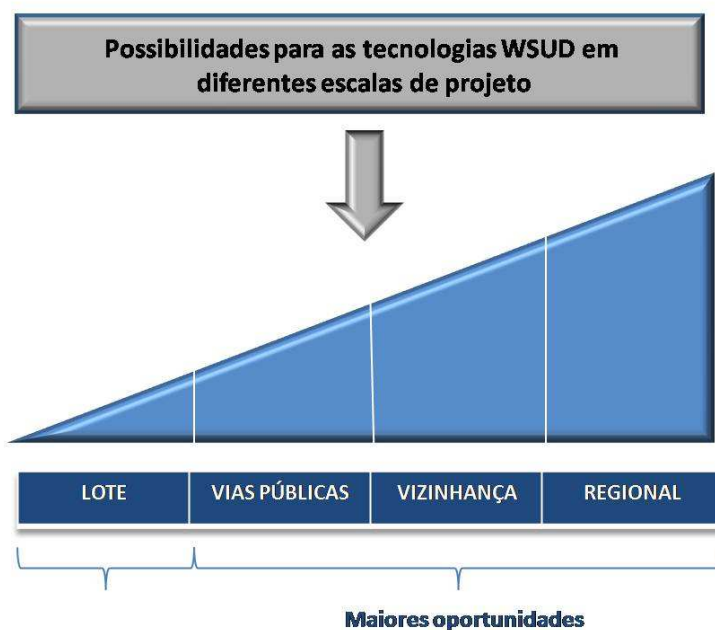


Figura 4.6 – Potencial das tecnologias WSUD segundo sua escala

Fonte: Elaboração própria, 2010.

4.4 PARÂMETROS DO BLUE PLAN PARA ESCALA DE LOTE

Para a composição dos parâmetros do BLUE Plan para escala de lote foram tomadas como base as prescrições urbanísticas presentes em planos diretores, código de obras e código de posturas ligadas à escala de projeto em específico. Além das consagradas referências em WSUD *do South Australia Government (2010)*, Wong (2006a) e de Melbourne Water (2005) já citadas neste capítulo.

No quadro 4.4 é possível observar todos os procedimentos e seus respectivos parâmetros de análise para escala de lote. Ainda, é importante ressaltar que os parâmetros do procedimento 3 (PR.3) são os elementos-chave para a realização das etapas posteriores, aqui denominadas de PR.4, PR.5, PR.6, etc.

Quanto ao procedimento 6 (PR.6), o quadro 4.5 apresenta os parâmetros de densidade urbana aplicados à escala de lote, de onde o resultado é a atribuição de um **Critério de Área Legal e Útil** para os lotes como espaço disponível e potencialmente viável para o emprego de tecnologias WSUD.

Quadro 4.4 – Quadro Resumo do BLUE Plan para escala de lote.

Procedimentos	Parâmetros e critérios para escala de lote
PR.1. Políticas de Planejamento Urbano	Parâmetros do Plano Diretor, código de obras e código de posturas da tabela 4.3 pertinentes a escala de lote.
PR.2. Condicionantes do Sítio	<ul style="list-style-type: none"> A. Estágio de Desenvolvimento; B. Tipologia; C. Escala; D. Densidade Urbana;
PR.3. Normas urbanísticas e construtivas	<ul style="list-style-type: none"> A. Taxa de Ocupação Máxima; B. Recuo ou afastamento frontal mínimo; C. Recuos ou afastamentos laterais mínimos; D. Recuo ou afastamento posterior mínimo; E. Espaço aberto ou descoberto privado mínimo; F. Taxa de área permeável mínima; G. Gabarito ou máxima altura permitida;
PR.4. Análise do layout e do desenho do sítio	<p>Programa de necessidades segundo cada tipologia e uso específico, por exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - varanda, garage, estacionamento, e qualquer outra área coberta edificada; - Jardim, horta, área gramada; - qualquer área pavimentada para fins de lazer ou serviço; - Piscina, quadra de esportes, playground, churrasqueira; - Áreas para equipamentos como: gás, lixo, gerador, central de ar-condicionado, etc.
PR.5. Oportunidades e Limitações para Implantação das tecnologias WSUD	<ul style="list-style-type: none"> A. Propriedades e capacidade de infiltração do solo; B. Topografia e escala de lote; C. Infraestrutura existente; D. Área disponível, dimensão do lote, densidade urbana. E. Outros parâmetros presentes no quadro 4.2
PR.6. Critério de Área Legal e Útil do Sítio	Ver tabela 4.5
PR.7. Seleção das potenciais tecnologias WSUD	Ver tabela 4.6
PR.8. Manutenção e avaliação	A forma e periodicidade são determinadas de acordo com cada caso e tipo de tecnologia implementada

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Este cálculo foi feito com base principalmente em dois parâmetros do PR.3: de *Taxa de Ocupação Máxima* (área construída no lote) e de *Taxa de Área Permeável Mínima*, mediante a avaliação destes em diversos planos diretores de cidades brasileiras e australianas.

Ainda, faz-se necessário enfatizar que o critério do BLUE Plan na escala de lote não deve ser aplicado em localidade onde a taxa de área construída é maior do que de 80% da área total do lote. Esta **exceção** se refere a exemplos como de centros históricos e centros comerciais (em inglês comumente conhecido por *Central Business District* – CBD) onde, em geral, os prédios não possuem recuos frontais e laterais. Outro caso particular não recomendado se refere a localidades como do bairro de Copacabana, na cidade do Rio de Janeiro, pelas mesmas razões supracitadas. Outra **exceção** que se deve acrescentar ao PR.6 se refere às técnicas de telhados verdes, visto que este critério somente contabilizada o percentual de espaço livre e/ou permeável do lote, e não a área (de telhado) edificada.

O quadro 4.6 mostra o resultado do procedimento 7 (PR.7) para seleção das potenciais tecnologias WSUD na escala de lote. Os critérios adotados para a aplicabilidade de cada tecnologia foram baseados nos dados e viabilidade dos procedimentos precedentes, em especial, nos parâmetros do PR.5. Porém, os resultados apresentados podem variar segundo as particularidades de cada região, seja por questões urbanísticas, legais ou mesmo, por condicionantes físico-naturais locais.

Quadro 4.5 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil do Sítio

PR.6 – Potencial Área para Inserção das Tecnologias WSUD			
CRITÉRIO PARA ESCALA DE LOTE	BAIXA DENSIDADE	MÉDIA DENSIDADE	ALTA DENSIDADE
Faixa Padrão Mundial	20%-50%	20%-40%	20%-30%
Sítio Urbano em Análise	Dentro da faixa percentual, podendo variar de acordo as prescrições urbanísticas do local		

Fonte: Elaboração própria, 2010.

A questão da densidade foi analisada sob o ponto de vista de como este parâmetro pode influenciar espacialmente a ocupação de lote, observando a relação da área construída (impermeabilizada) e o espaço livre (permeável) disponível,

contudo, sem expandir a análise desde parâmetro para a escala regional de toda a bacia hidrográfica urbana.

Quadro 4.6 – PR.7: Seleção das tecnologias WSUD para escala de lote

Tecnologias WSUD	Aplicabilidade para escala de lote
01 Gradeamento	–
02 Bacias de Sedimentação	□
03 Vala vegetada	●
04 Sistemas de bioretenção (biofiltro)	●
05 Filtro de areia	–
06 Alagados Construídos	○
07 Bacia de detenção ou retenção	□
08 IS - Sistemas de Infiltração (trincheiras, poços, valas)	●
09 IS - Pavimento Poroso	●
10 Cisterna de chuva de superfície	●
11 Cisterna de chuva enterrada	●
12 Recuperação de Aquífero	–
13 Telhados Verdes	●

Legenda: Melhor opção ●; Aplicável ○; Aplicável off-line □; Não- aplicável –

Fonte: Elaboração própria, 2010.

4.5. PARÂMETROS DO BLUE PLAN PARA ESCALA DE VIAS PÚBLICAS

Antecipadamente, deve esclarecer a razão sobre importância da inserção das tecnologias WSUD em vias públicas. Deve-se lembrar, primeiramente, que grande parte das áreas impermeabilizadas das bacias hidrográficas urbanas advém de espaços relacionados ao transporte como, ruas, avenidas e estacionamentos. Este fato, não somente gera um aumento do escoamento superficial (runoff) e de eventos de alagamentos, como propicia a degradação na qualidade dos corpos hídricos.

Nas últimas três décadas, pesquisas relatam que o escoamento das águas pluviais (*runoff*) contribui significativamente para a poluição nas vias urbanas (Bernhardt et al., 2008, EPA, 1992 apud Morison, 2009). Por exemplo, o U.S. EPA aponta as águas pluviais como a maior fonte de poluição das águas costeiras da América. Além disso, uma quantidade significativa de poluentes, variando entre macro poluentes e partículas contaminantes solúveis, é gerada por superfícies pavimentadas urbanas, no qual estudos indicam também a correlação entre a quantidade de poluentes e volume de tráfego da estrada (Driscoll *et al.*, 1990 apud Wong *et al.*, 2000).

Para a elaboração dos parâmetros do BLUE Plan para escala de vias públicas foi necessário compreender a geometria e classificação das vias numa malha viária. Para tal, deve-se aqui fazer menção, primeiramente, a estudos e manuais técnicos que embasaram esta fase do BLUE Plan, tais como:

- Urban Road Design, guidelines and Environmental considerations (Austroads, 2002, 2003a, 2003b);
- The Geometric Design of Roads. (Underwood, 1991, Australia);
- Melbourne Planning Scheme: Clause 56.06 – Access and mobility management (guidelines); Clause 36.04 – Road Zone (2010);
- Street design guidelines for Landcom Projects (Morrish, In press);
- Technical report: Water Sensitive Road Design - Design Options for Improving Stormwater Quality of Road Runoff. (Wong, et al, 2000);
- Legislação e parâmetros técnicos de infraestrutura de circulação viária em no Brasil (Gondim, 2001);
- Programa Passeio Livre: regras para arrumar a sua calçada (Prefeitura de São Paulo);
- Decreto No. 45.904 – Padrão arquitetônico para as calçadas da cidade de São Paulo.

Com base nessas referências, foram estudadas a classificação das ruas, sua geometria e design, de onde se apresenta nos quadro 4.7 e 4.8 a seguir as categorias e definições adotadas por Gondim (2001) em sua pesquisa por diversas legislações e cidades brasileiras.

Quadro 4.7: Definição hierárquica do sistema viário

DEFINIÇÃO HIERÁRQUICA DO SISTEMA VIÁRIO

Vias Expressas:

São vias de trânsito rápido com dois sentidos de tráfego, separadas por canteiro central e acessos controlados por faixas laterais paralelas ou por rampas de interconexão viária.

São apropriadas para a circulação de linhas de ônibus expresso ou de VLT (Veículos Leves sobre Trilhos), para ligações interurbanas ou para a conexão entre zonas urbanas e suburbanas, onde se concentram pólos industriais e de comércio atacadista.

Vias Arteriais

Vias de tráfego intenso utilizadas para interligar zonas com alto poder de produção ou áreas de PGT (Pólos Geradores de Tráfego). Devido ao alto volume de trânsito, estes corredores tornam-se atraentes para instalações de novos PGT.

Nestas vias se encontram níveis acentuados de poluição atmosférica, sonora e visual, requerendo maior arborização nas calçadas para mitigar o problema.

Vias coletoras

São vias principais de ligação, entre vias locais e arteriais, ou entre localidades próximas. A função das vias coletoras é distribuir o tráfego através da cidade, o que implica em um tipo de uso intermediário, entre aquele correspondente às vias locais, mais adequadas ao trânsito de vizinhança, e às vias arteriais, favoráveis ao tráfego para distâncias maiores.

As vias coletoras de uso comercial atraem considerável número de pedestres, ciclistas e usuários de veículos motorizados, aumentando o potencial de conflitos e, portanto, necessitando de calçadas confortáveis e de infraestrutura para bicicletas.

Vias locais

São vias de tráfego de caráter essencialmente de vizinhança para acesso aos lotes e prédios situados em áreas residenciais.

Nelas se prioriza a reserva de espaços para a circulação de pedestres e veículos não-motorizados, restringindo o acesso do tráfego de passagem de veículos automotores.

Travessas (Lanes)

São vias de passagem para acesso aos lotes e prédios, situados principalmente em áreas comerciais e de prédios históricos. Podem também ser identificadas em bairros residenciais.

Nelas a presença de veículos automotores pode ser proibida ou restrita. A prioridade de circulação nessas vias é dos pedestres, ciclistas e outros veículos não-motorizados.

Fonte: Adaptado de Gondim, 2001.

Em seguida, após estudada as definições básicas e classificação das vias, pode-se eleger os principais elementos de desenho urbano dos logradouros públicos:

- Calçadas (faixa de recuo da edificação, de passeio/circulação e de mobiliário urbano);

- Ciclovias;
- Pista de Rolamento (composta de uma ou mais faixas para circulação de veículos);
- Faixa de Estacionamento;
- Faixa lateral para circulação de veículos (em vias expressas);
- Canteiros centrais e laterais.

Quadro 4.8 – Classificação das vias públicas

Classificação Viária	Tipo de tráfego predominante	Velocidade Máxima	Estacionamento
Expressa	Tráfego de passagem de longo percurso. Circulação prioritária: carros, ônibus e caminhões	110 Km/h a 80 Km/h	Não permitido
Arterial	Tráfego de passagem de longo e médio percurso. Circulação prioritária: carros e ônibus.	60 Km/h	Permitido apenas fora da via em áreas de recuo na calçada (baías)
Coletora	Tráfego de passagem e local. Circulação prioritária: carros, pedestres e ciclistas	40 Km/h	Permitido ao longo da via
Local	Tráfego local. Circulação prioritária: pedestres e ciclistas	30 Km/h	Permitido ao longo da via
Travessas	Tráfego local. Circulação prioritária: pedestres e ciclistas	30 Km/h	Permitida com restrições

Fonte: Adaptado de Gondim, 2001.

Os parâmetros de **velocidade** e de **volume de tráfego** também são fatores importantes a serem considerados no estudo, pois estes influem na qualidade das águas superficiais e no volume do fluxo do escoamento superficial. Para tal, estes aspectos estão interligados ao porte e a categoria das vias, a acessibilidade e a tipologia de uso do solo, visto que áreas comerciais de alta densidade urbana têm, em geral, maior área impermeabilizada, maior fluxo de veículos, e conseqüentemente maior impacto sobre a dinâmica hidrológica, na quantidade e qualidade do runoff (escoamento da água da chuva). Estes impactos devem, portanto, serem considerados na hora da escolha do tipo de tecnologia WSUD a ser empregada no sítio urbano. Em seguida, tendo exposto as definições básicas e classificação das vias, pode-se estudar e eleger parâmetros de análise para escala de vias públicas,

visto que os procedimentos se mantêm inalterados em todas as escalas de projeto do BLUE Plan (ver quadro 4.9).

Quadro 4.9 – Quadro Resumo do BLUE Plan para escala de vias públicas.

Procedimentos	Parâmetros e critérios para escala de Vias Públicas
PR.1. Políticas de Planejamento Urbano	Parâmetros da tabela 4.3 pertinentes a escala de Vias e logradouros públicos, presentes em Plano Diretor, código de obras, código de posturas e outras normas
PR.2. Condicionantes do Sítio	A. Estágio de Desenvolvimento; B. Tipologia; C. Escala; D. Classificação Funcional das vias
PR.3. Normas urbanísticas e construtivas	A. Volume do tráfego; B. Velocidade máxima permitida; C. Pista de Rolamento (circulação de veículos); D. Faixa de estacionamento; E. Calçada e faixa arborizada; F. Ciclovia; G. Avenida marginal; H. Canteiros centrais e/ou laterais
PR.4. Análise do layout e do desenho do sítio	A. Perfil da via e geometria: dimensionamento, largura máximas e mínimas segundo sua classificação; B. Todos os elementos de desenho, inc. tipo de meio-fio e canteiros de jardim; C. Detalhamento do mobiliário urbano: Postes, lixeiras, árvores, telefones públicos, paradas de ônibus (ponto, abrigo, baias); D. Verificar a alocação do espaço para infraestrutura de: esgoto, gás, água, drenagem, telefone.
PR.5. Oportunidades e Limitações para Implantação das tecnologias WSUD	A. Propriedades e capacidade de infiltração do solo; B. Topografia e escala de lote; C. Infraestrutura existente; D. Área disponível, dimensão do lote, densidade urbana. E. Outros parâmetros presentes no quadro 4.2
PR.6. Critério de Área Legal e Útil do Sítio	Ver tabela 4.10
PR.7. Seleção das potenciais tecnologias WSUD	Ver tabela 4.11
PR.8. Manutenção e avaliação	A forma e periodicidade são determinadas de acordo com cada caso e tipo de tecnologia implementada

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Novamente, deve-se focar atenção nos parâmetros do procedimento 3 (PR.3) intitulado de Normas urbanísticas e construtivas, no qual são os elementos-chave para a realização das etapas posteriores, aqui denominadas de PR.4, PR.5, PR.6, etc.

No procedimento 4 (PR.4), deve se analisar além do perfil e da geometria das vias, todos os elementos de desenho, incluindo inclusive o tipo de meio-fio utilizado, características construtivas dos canteiros ajardinados, e presença e dimensão da faixa de área gramada no desenho das calçadas. Nesta escala de projeto deve-se verificar ainda a forma de alocação do espaço para infraestrutura de esgoto, gás, água, drenagem, telefone, etc. Igualmente, nesta etapa deve se observar a uso do espaço das calçadas para o mobiliário urbano e equipamentos como: postes, lixeiras, árvores, telefones públicos, paradas de ônibus (podendo ser do tipo ponto, abrigo ou baias).

Quanto ao procedimento 6 (PR.6) para o **Critério de Área Legal e Útil** para escala de vias públicas, pode-se notar que a técnica de pavimento poroso foi analisada em separado em relação as demais tecnologias WSUD. Esta escolha se deve ao amplo potencial de aplicação destas tecnologias nesta escala de projeto, mais especificamente nas calçadas das vias (ver quadro 4.10).

Além disso, deve-se ressaltar que o cálculo destas áreas é contabilizado o espaço requerido para mobiliário urbano sendo, portanto, não contabilizado somente a área total desde elementos da via, mas sim a metade e a quarta parte da largura destes.

Quadro 4.10 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil das vias públicas

PR.6 – Potencial Área para Inserção das Tecnologias WSUD					
Classificação das Vias Públicas					
	Travessas	Pequenas Vias Locais	Vias Locais	Vias Coletoras	Vias Arteriais
Tecnologias WSUD	10%-25%	5%-15%	10%-25%	5%-25%	7.5%-35%
Pavimento Poroso	10%-50%	10%-25%	5%-20%	5%-15%	2.5%-10%

Fonte: Nunes *et al*, 2011a.

No quadro 4.10, o critério para pavimento poroso é dado pela proporção da largura da calçada em relação à largura total da via. A faixa percentual estabelecida justifica-se por duas razões principais: (i) variação do padrão das vias (classificatório e

de dimensão) nos diferentes países; (ii) diferentes posturas (reativa, conservadora e pró-ativa) entre iniciativa pública e privada para aderir a iniciativas ambientais.

Para contextualizar tais justificativas, observou-se uma tendência na Austrália e nos Estados Unidos quanto à presença de avenidas com canteiros (em inglês *verges*) laterais e centrais mais largos que em muitas cidades Européias e brasileiras. Em relação à postura das instituições, a pesquisa e publicações de Morrison (2008, 2009) mostram o comportamento de diversos órgãos na Austrália, inclusive utilizando-se de uma nomenclatura (classificação) bem mais detalhada. Esta diferenciação será apresentada no capítulo 5 na aplicação do BLUE Plan numa cidade australiana.

Quadro 4.11 – PR.7: Seleção das potenciais tecnologias WSUD na escala de vias públicas

Aplicabilidade das tecnologias WSUD na escala de via pública						
WSUD Technologies	Classificação das Vias públicas					
	Travessas	Pequenas Vias Locais	Vias Locais	Vias Coletoras	Vias Arteriais	
01	Gradeamento	—	—	□	□	□
02	Bacias de Sedimentação	—	—	□	□	□
03	Vala vegetada (Swales)	—	○	○	●	●
04	Sistemas de bioretenção (biofiltro)	●	●	●	●	●
05	Filtro de areia	—	—	—	○	○
06	Alagados Construídos	—	—	□	□	○
07	Bacia de detenção e/ou retenção	—	—	—	□	□
08	IS - Sistemas de Infiltração (trincheiras, poços, valas)	—	—	○	○	○
09	IS - Pavimento Poroso	●	●	●	●	●
10	Cisterna de chuva de superfície	—	—	—	—	—
11	Cisterna de chuva enterrada	—	—	—	—	—
12	Recuperação de Aquífero	—	—	—	—	—
13	Telhados Verdes	—	—	—	—	—

Legenda: Melhor opção ●; Aplicável ○; Aplicável off-line □; Não- aplicável —
 Fonte: Nunes *et al*, 2011a.

Ainda, o procedimento 7 (PR.7) para seleção das potenciais tecnologias WSUD na escala de vias públicas é aqui dividido nas quatro categorias das ruas, conforme pode ser visto no quadro 4.11. Importante ressaltar que estes resultados mostram as possibilidades de aplicação das técnicas WSUD, porém, a adequabilidade de cada tecnologia pode variar em virtude dos condicionantes físico-naturais locais, como também, em consequência de particularidades no desenho e geometria das vias daquela localidade.

4.6 PARÂMETROS DO BLUE PLAN PARA ESCALA DE VIZINHANÇA

Para o desenvolvimento desta etapa da pesquisa, foram utilizados como referência os seguintes documentos:

- Melbourne Planning Scheme: Clause 36 - Public Use Zones e clause 52.01 - Public open space contribution and subdivision (2010);
- Minimum Standards for Open Space – Scottish Executive Social Research (2005);
- Open space strategies - Best practice guidance. CABE Space. Commission for Architecture & the Built Environment, Greater London Authority (2009);
- Rethinking Open Space - Open space provision and management: a way forward. The Scottish Executive CRU (2001);
- Open Space Strategy – Manningham City Council (2004);
- Growing Green: An environmental sustainability plan for the city of Melbourne's open space and recreation facilities (2003).

Segundo Melbourne Planning Scheme (2010), as zonas de uso público podem ser classificadas conforme o quadro 4.12 a seguir. Embora as zonas de uso público possam abranger todos os usos citados no quadro 4.12, esta pesquisa optou por desenvolver parâmetros da escala de vizinha do BLUE Plan para as zonas de recreação e de parques públicos. Para tal, baseado nessas referências supracitadas neste item, pode se estabelecer as categorias adotadas para o BLUE Plan para Espaços públicos na escala de vizinhança (quadro 4.13).

Importante destacar que a escala de vizinhança adotada para o BLUE Plan faz referência a uma área que possa atender a uma parcela, ou mesmo, toda a comunidade de um bairro. Contudo, sua área de abrangência irá variar segundo a

tipologia e uso do espaço, características da bacia hidrográfica urbana e objetivo do projeto de gestão de águas pluviais.

Quadro 4.12 – Zonas de Uso Público

Zonas de Uso Público	Tipologia ou Uso
Zonas de Uso Público	<ul style="list-style-type: none"> - Locais de Prestação de Serviço; - Estabelecimentos de Saúde e Ensino; - Centros comunitários; - Setor de Transporte; - Cemitério e Crematório; - Instituições municipais, estaduais e federais; - Outros Usos Públicos
Parques públicos e zonas de recreação	<ul style="list-style-type: none"> - Atividades Recreativas; - Atividades Esportivas; - Rede social para comunidade; - Fins de drenagem; - Proteção e preservação de áreas de significativo valor ecológico
Zonas de Vias Públicas	Circulação, transporte e estacionamento

Fonte: Melbourne Planning Scheme, Particular Provisions, Cláusula 36, (2010).

Ainda que o foco da escala de vizinhança do BLUE Plan seja as zonas de uso público da tabela 4.13, esta escala, porém, pode também se adequar a um **conjunto ou bairro residencial**, a exemplo do caso de *Lynbrook State*, situado na região metropolitana de Melbourne (Austrália), o qual foi referenciado como uma das visitas técnicas desta pesquisa, com registro do local em anexo.

Quadro 4.13 – Categorias de Espaços Públicos para a Escala de Vizinhança

Categorias de Espaços Públicos do BLUE Plan	
01	Corredores verdes e Parques Lineares
02	Parques e Jardins (domínio público ou privado)
03	Espaços para atividades esportivas
04	Praças e áreas recreativas
05	Pequenos recortes urbanos (sem uso definido)

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Após a definição das categorias de espaços públicos pode-se examinar e eleger parâmetros de análise para escala de Vizinhança, lembrando que os procedimentos se mantêm inalterados em todas as escalas de projeto do BLUE Plan (ver quadro 4.14).

No PR.4 denominado de **Análise do Layout e do Desenho do Sítio**, faz-se necessário observar inicialmente os objetivos e o zoneamento dos usos múltiplos destinados ao local, como também, a alocação de espaço para futuros projetos e novas atividades. Em seguida, devem-se mapear todas as áreas edificadas e impermeabilizadas.

Igualmente, de posse do dimensionamento de todos os equipamentos de lazer e esportes, deve-se realizar o layout de tais elementos no desenho urbano do sítio, incluindo os de mobiliário urbano e infraestrutura, como: bancos, postes de luz, abrigo contra sol e chuva, telefones públicos, postos de informação turística, lixeiras e canteiros, dentre outros já existentes no local.

Em geral, quanto ao **Critério de Área Legal e Útil** (PR.6) para escala de vizinhança, dispõe de significativa área para inserção das tecnologias WSUD. Porém, observou-se a presença de barreiras de ordem legal em algumas das categorias de espaço público. Desse modo, cada caso deve ser analisado em particular de forma a aferir a viabilidade legal de uso do espaço disponível para fins de drenagem, perante o órgão responsável da prefeitura.

Contudo, verificou-se que não há um padrão legal estabelecido para área mínima (ou máxima) para as referidas categorias de espaço público da tabela 4.13. Algumas cidades na Europa e na Austrália atribuem padrões mínimos de áreas verdes, estabelecidos por quilômetro quadrado de área verde por habitante (área verde/hab) ou por percentagem mínima de 5% por área (do bairro ou do município), respectivamente.

O procedimento de seleção das potenciais tecnologias WSUD (PR.7) para a escala de vizinhança também foi dividido nas cinco categorias de espaço público (citadas quadro 4.13). Estes resultados apresentam as possibilidades de aplicação das técnicas WSUD, porém, como não há um padrão legal de dimensionamento destas áreas, a adequabilidade de cada tecnologia irá variar segundo as particularidades de cada caso, guiados pela viabilidade de cada procedimento do BLUE Plan, em especial, dos parâmetros do PR.5 (quadro 4.15).

Quadro 4.14 – Quadro Resumo do BLUE Plan para escala de vizinhança.

Procedimentos	Parâmetros e critérios para escala de Vizinhança
PR.1. Políticas de Planejamento Urbano	Parâmetros da tabela 4.3 pertinentes a escala de Vias e logradouros públicos, presentes em Plano Diretor, código de obras, código de posturas e outras normas
PR.2. Condicionantes do Sítio	<ul style="list-style-type: none"> A. Estágio de Desenvolvimento: B. Tipologia e uso: C. Escala: D. Categoria dos espaços públicos:
PR.3. Normas urbanísticas e construtivas	<ul style="list-style-type: none"> A. População beneficiada (área verde Km²/hab); B. Plano de manejo (inc. histórico, objetivos e usos múltiplos) C. Área do parque ou praça (área verde Km²/área bairro); D. Proximidade e localização; E. Acesso e articulação com o bairro e/ou cidade; F. Identidade, valor individual e ambiental para conservação; G. Funcionalidade, manutenção e futuros usos possíveis.
PR.4. Análise do layout e do desenho do sítio	<ul style="list-style-type: none"> A. Categoria e usos múltiplos do espaço público; B. zoneamento e tipologia das atividades; C. Área total e área requerida por equipamento urbano ou atividade; C. Layout dos principais equipamentos urbanos; D. Layout da área edificada e demais áreas impermeabilizadas; E. Área impermeabilizada de contribuição da bacia hidrográfica.
PR.5. Oportunidades e Limitações para Implantação das tecnologias WSUD	<ul style="list-style-type: none"> A. Propriedades e capacidade de infiltração do solo; B. Topografia; C. Infraestrutura existente; D. Área total e espaço disponível; E. Outros parâmetros presentes no quadro 4.2
PR.6. Critério de Área Legal e Útil do Sítio	Presença de significativa área útil, porém, com barreiras de ordem legal para inserção das tecnologias WSUD.
PR.7. Seleção das potenciais tecnologias WSUD	Ver tabela 4.15
PR.8. Manutenção e avaliação	A forma e periodicidade são determinadas de acordo com cada caso e tipo de tecnologia implementada

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Lembrando, por fim, que o BLUE Plan tem o intuito de verificar diferentes escalas de espaços urbanos, avaliando as áreas legais disponíveis de cada uma delas. Em paralelo, estudar a viabilidade para adequar as tecnologias WSUD, perante a análise de outros condicionantes em conjunto, como: técnicos de drenagem, características físico-naturais do sítio e particularidades da legislação local.

Quadro 4.15 – PR.7: Seleção das potenciais tecnologias WSUD na escala de Vizinhança

Aplicabilidade das tecnologias WSUD para Espaços Públicos						
Tecnologias WSUD	Categoria adotada para Espaços Públicos					
	Corredores Verdes	Parques & Jardins	Esp. Ativ. Esportivas	Praças & A. Lazer	Recortes Urbanos	
01	Gradeamento	□	●	○	●	—
02	Bacias de Sedimentação	□	○	□	□	—
03	Valas vegetadas	●	●	●	●	●
04	Sistemas de bioretenção (biofiltro)	●	●	●	●	●
05	Filtro de areia	○	○	□	○	○
06	Alagados Construídos	○	●	○	●	○
07	Bacia de Detenção e Retenção	□	●	□	○	—
08	IS - Sistemas de Infiltração (trincheiras, poços, valas)	○	○	○	○	○
09	IS - Pavimento Poroso	○	○	●	●	—
10	Cisterna de chuva de superfície	—	—	○	—	—
11	Cisterna de chuva enterrada	●	●	●	●	—
12	Recuperação de Aquífero	●	●	—	—	—
13	Telhados Verdes	—	—	—	—	—

Legenda: Melhor opção ●; Aplicável ○; Aplicável off-line □; Não-aplicável —

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Capítulo 5 - Aplicação do BLUE Plan na Austrália

Convém aqui lembrar que a estrutura metodológica do BLUE Plan foi idealizada no Brasil, porém desenvolvida durante o estágio PDEE/CAPES¹³ entre os anos de 2009 e 2010 na *Monash University*, situada na região metropolitana de Melbourne, Estado de Victoria, Austrália. As atividades de pesquisa foram realizadas sob a orientação da professora Ana Deletic, junto ao Departamento de Engenharia Civil e da equipe de pesquisadores do *Centre for Water Sensitive Cities – Monash Sustainability Institute (MSI)*.

Durante o curso do estágio PDEE/CAPES, foi também realizado um estudo de caso na região metropolitana de Melbourne, mais especificamente na cidade de Manningham, no bairro de Doncaster Hill. Ao retornar ao Brasil, foi dado então prosseguimento ao caso brasileiro, fazendo, contudo, as devidas adaptações e aprimoramentos. O caso brasileiro desenvolvido na cidade de Guarantã do Norte (no Estado de Mato Grosso, Região Amazônica) será apresentado no capítulo 6.

Antes, porém, de iniciar a descrição do estudo de caso australiano neste capítulo, deve-se ressaltar uma breve comentário sobre a aplicação do BLUE Plan. Toda a itemização, procedimentos e parâmetros apresentados a seguir foram extraídos do capítulo 4, referente à estrutura metodológica do BLUE Plan. Lembrando aqui que:

- Todos os parâmetros de planejamento urbano serão aqui denominados de **PA(P. Urb)**, podendo ser também encontrados no quadro 4.3;
- Todos os parâmetros das tecnologias WSUD serão aqui denominados de **PA (WSUD)**, podendo ser também encontrados no quadro 4.2;
- Todos os procedimentos do BLUE Plan serão aqui denominados de **PR**, podendo ser também encontrados na figura 4.5.

¹³ Programa de Doutorado no Brasil com Estágio no Exterior (PDEE), popularmente conhecido como “Doutorado Sanduíche”, financiado pelo Governo Brasileiro, Ministério da Educação e Agência CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

5.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DO CASO AUSTRALIANO

A região metropolitana de Melbourne (RMM) pertence ao estado de Victoria. É segunda metrópole mais populosa da Austrália, considerado o centro financeiro e multicultural do país. O governo de Victoria estima que a população irá atingir a faixa dos 5 milhões de habitantes na RMM em 2030 (State Government of Victoria, 2008), figura 5.1.



Figura 5.1: Localização da cidade de Melbourne na Austrália

Fonte: State Government of Victoria, 2002.

A RMM tornou-se referência nacional em gastronomia, eventos culturais e esportivos e lazer ao ar livre, visto que é a metrópole que possui mais parques e área verde no país. Recentemente, a *Economist Intelligence Unit* (EIU, 2011)¹⁴ divulgou em uma de suas pesquisas que a cidade de Melbourne se tornou a número 1 no *ranking* mundial em *Liveability* (condições de vida ou moradia ou, ainda, habitabilidade). As cidades foram classificadas após serem submetidas à uma avaliação de 30 fatores qualitativos e quantitativos distribuídos dentro de cinco grandes categorias:

¹⁴ O relatório da pesquisa intitulado de “*A Summary of the Liveability Ranking and Overview*”, realizado em 2011, deve somente estar disponível no começo de 2012 no site www.eiu.com.

- Estabilidade;
- Serviços em saúde pública;
- Cultura e meio ambiente;
- Educação;
- Infraestrutura.

A RMM é formada por 31 municípios e banhada por duas baías: Port Phillip Bay e Western Port. A região se caracteriza por clima relativamente seco, temperatura média anual de 15 graus (e média mínima de 5 graus), com presença de ondas de calor no verão oscilando entre 40 e 45 graus. Sua média pluviométrica situa-se na faixa 600mm (City of Melbourne, 2010), figura 5.2.



Figura 5.2: Localização da cidade de Manningham na Região Metropolitana de Melbourne, Austrália.

Fonte: DSE/Victoria Government, 2002.

O Bairro de Doncaster Hill situa-se na cidade de Manningham e abrange uma área de 58 hectares. O local é hoje considerado um dos pólos de desenvolvimento da região metropolitana de Melbourne, no qual visa concentrar grande oferta de serviços, comércio, eficiente infraestrutura de transporte, e parques com áreas de uso público para atividades de lazer e esportes (figura 5.3).



Figura 5.3: Perspectiva da vista aérea de Doncaster Hill

Fonte: MCC, 2002

O governo de Victoria planeja para o local a adoção de tipologias de uso do solo variadas (incluindo as de uso misto), com áreas residenciais divididas em zonas de alta, média e baixa densidade urbana, separadas por faixas de transição como parques, ruas e avenidas, etc. Esta estratégia de planejamento enfatiza a criação de mais zonas de alta densidade populacional na RMM como forma de conter a expansão da mancha urbana.

Diante do cenário de aumento populacional de 3,7 milhões para 5 milhões de habitantes no ano de 2030, o governo de Victoria (2002) planejou a estrategicamente a criação de uma fronteira para limitar da área urbana, com intuito de preservar sua biodiversidade, sua bacia hidrográficas e sua fontes de abastecimento de água.

5.2 APLICAÇÃO DO BLUE PLAN NA AUSTRÁLIA

Os itens apresentados a seguir obedecem à estrutura metodológica do BLUE Plan mostrada no capítulo 4 desta pesquisa.

5.2.1 PROCEDIMENTO I – Políticas de Planejamento Urbano (PR.1)

O principal documento que regula o uso do solo urbano na Austrália é intitulado de “*Planning Scheme*”, que tem a mesma função do Plano Diretor no Brasil, mas como um nível de detalhamento bem maior. A título de ilustração, o “*Melbourne Planning Scheme*” possui um vasto sumário e um total de 1024 páginas dividido em várias seções, onde todas as cidades do Estado de Victoria devem obedecer o mesmo modelo de planejamento, apresentado no quadro 5.1 a seguir.

Quadro 5.1 – A estrutura da Manningham Planning Scheme

SEÇÃO	CLAUSULA	CONTEÚDO GERAL
User Guide	1 - 9	Guia de instruções
State Planning Policy Framework	10-19	<ul style="list-style-type: none"> - Princípios, metas e questões estratégicas - As 9 diretrizes-chaves do documento Melbourne 2030 - Lista das políticas dentro de 6 tópicos: assentamento, meio ambiente, moradia, desenvolvimento econômico, infraestrutura, particular usos e desenvolvimento.
Local Planning Policy Framework	20-29	<ul style="list-style-type: none"> - Balanço das Estratégias do Município: perfil do município, visão, diretrizes para uso do solo e desenvolvimento. - Políticas Municipais de Planejamento: desenho urbano, patrimônio ambiental, cultural e arquitetônico, ESOB e outras particular provisões
Zones Requirements	30-39	<ul style="list-style-type: none"> - Operação das Zonas: - Tipo de uso e ocupação permitido em cada zona urbana.
Overlays Requirements	40-49	<ul style="list-style-type: none"> - Operação dos Overlays; - Requerimentos adicionais para subdivisão, construção, atividades que interfiram no solo urbano.
Particular Provisions	50-59	<ul style="list-style-type: none"> - Operação das “Particular Provisions”; - Requerimentos para qualquer uso e desenvolvimento específico.
General Provisions	60-69	<ul style="list-style-type: none"> - Definições, informação no uso deste documento, e outros assuntos relacionados ao mesmo.

Fonte: Melbourne Planning Scheme (2009)

Outras legislações complementares investigadas relativas ao uso e ocupação do solo para Região Metropolitana de Melbourne, Estado de Victoria, cidade de Manningham e, especificamente, para o bairro de Doncaster Hill foram:

- VPP – Victoria Planning Provisions (State Planning Policies, 2007);
- Melbourne 2030 (DSE/VIC, 2002) e posteriores versões complementares;
- Melbourne Planning Scheme (Manningham City Council - MCC, 2009);
- Manningham Planning Scheme (MCC, 2010a) – principalmente as cláusulas 54, 55 e 56;
- Doncaster Hill Strategy (MCC, 2004);
- Ecologically Sustainable Development (ESD) principles (City of Melbourne);
- Doncaster Sustainability Guidelines (MCC, 2010b)
- Doncaster Hill Precinct 1 Masterplan – Draft for community consultation (MCC, 2009);
- Delivering WSUD: Final Report of CLEAN Stormwater – a Planning Framework (Association of Bayside Municipalities);
- WSUD – Knox City Council (MDG Landscape Architects & KLM Development Consultants);

Dentre os documentos supracitados, faz necessário ressaltar a importância direta como fonte de dados para este estudo de caso – o Doncaster Hill Strategy (MCC, 2004). Este documento foi elaborado com a finalidade de complementar as regulamentações do Manningham Planning Scheme (MCC, 2010a), com plano de desenvolvimento e prescrições urbanísticas de uso e ocupação do solo específicas para o bairro de Doncaster Hill.

5.2.2 PROCEDIMENTO II – Condicionantes do Sítio (PR.2)

O procedimento 2 (PR.2) foi realizado com base em dados secundários da prefeitura de Manningham dos documentos citados no PR.1. Este procedimento tem por objetivo apresentar as características gerais do sítio em estudo - neste caso, do bairro de Doncaster Hill:

- a) População - estima-se pelo governo local um número de 120mil habitantes até o ano de 2021, ou seja, um incremento de 8.300 novos moradores;
- b) Clima - a média anual é 15 °C, com mínimas no inverno em torno de 5 graus e média no verão em torno de 25 °C, com eventual presença de ondas de calor que podem atingir a marca dos 45 °C;
- c) Índice pluviométrico mensal = a média anual de 600mm na região metropolitana de Melbourne (ver tabela 5.1);

Tabela 5.1 – Médias mensais de temperatura e de índice pluviométrico da região metropolitana de Melbourne

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura média diária máxima (°C)											
26.0	26.5	23.9	20.1	16.6	13.5	13.0	14.3	16.4	19.0	21.5	24.2
Número médio de dias com temperatura máxima >= 35 °C											
3.4	2.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.6
Temperatura média diária mínima (°C)											
13.5	14.1	12.6	10.1	8.3	6.2	5.3	5.8	7.0	8.4	10.1	11.9
Número médio de dias com temperatura mínima <= 2.0 °C											
0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	2.4	3.5	2.1	1.1	0.3	0.1	0.0
Índice pluviométrico médio (mm)											
44.2	40.3	38.3	46.8	42.8	40.0	36.7	46.5	49.1	57.3	58.7	47.9

Fonte: Doncaster Hill Sustainability Guidelines (MCC, 2010).

- d) Topografia - a região metropolitana de Melbourne é plana em sua maioria, porém Doncaster Hill se situa em um dos pontos mais altos da região, a uma altura de 127 metros que proporciona um belo visual para as montanhas de Dandenongs e Kinglake (Ranges), para o Yarra river e para área central de Melbourne;
- e) Qualidade da água – as fontes de abastecimento de água são devidamente preservadas, fato que permite que chegue água potável na torneira de todos os moradores da região de Melbourne.

5.2.3 PROCEDIMENTO III - Normas Urbanísticas e Construtivas (PR.3)

As informações sobre o bairro foram adquiridas junto a entrevistas com instituições de planejamento urbano, drenagem urbana e do setor ambiental (ex. WSUD, ESD e sustentabilidade) do município de Manningham durante o evento “*Doncaster Hill Developer Expo*” em junho de 2010.

Além disso, foram realizadas reuniões com profissionais da iniciativa privada, em especial engenheiros e arquitetos da empresa AECOM com experiência em projetos na linha WSUD.

Os itens apresentados a seguir são parte integrante dos parâmetros de planejamento urbano apresentada no estágio 2 do BLUE Plan, quadro 4.2 do capítulo 4. Os números e informações, por sua vez, para cumprimento do PR.3, são fonte de dados secundários disponibilizados pela prefeitura de Manningham (documentos citados no PR.1).

[PA (P. Urb) 12] - Localização e estágio de desenvolvimento:

- A área de estudo situa-se no bairro de Doncaster Hill, cidade de Manningham, região metropolitana de Melbourne, estado de Victoria, Austrália;
- Doncaster se localiza numa distância aproximada de 14km ao da centro da cidade de Melbourne (CDB – Central Business District);

- Embora o bairro ainda disponha de alguns vazios urbanos, esta já se encontra num estágio de desenvolvimento com infraestrutura urbana consolidada;
- O documento Melbourne 2030 (Governo de Victoria, 2002) destaca a área como um dos novos pólos de desenvolvimento da região metropolitana de Melbourne denominado de “*Principal Activity Centre*”, no qual deve ter zonas de uso-misto, loteamentos residenciais de alta densidade populacional, shopping center, sistema integrado de transporte, parques, áreas de lazer e prática de esportes.

[PA (P. Urb) 13] - Escala do projeto:

- O estudo de caso australiano abrange 2 escalas de projeto: lote e vias públicas;
- A razão para não inclusão da escala de vizinhança é porque o bairro já dispõe de um projeto realizado pela empresa AECOM que agrega as tecnologias WSUD integrada à paisagem urbana. Este projeto situa-se numa área pública denominada “*Precinct 1 – Civic and Education*”, que dispõe tanto de escola (de primeiro grau), biblioteca, galeria de arte, quanto de áreas verdes, como espaço para atividades de lazer e prática de esportes. O projeto é fruto de uma parceria entre do “*Department of Planning & Community Development*” da prefeitura de Manningham e a companhia de águas “*Melbourne Water*”.

[PA (P. Urb) 14] - Zoneamento, subdivisões e áreas de uso especial:

- Conforme o documento Doncaster Hill Strategy (MCC, 2004) o bairro de está dividido em 7 zonas (precincts), ilustrado na figura 5.4;
- A área de estudo destinada a escala de lote está localizada no *Precinct 2* chamado de “*South East Doncaster Boulevard*”, enquanto que a proposta para escala de vias públicas foi escolhido o *Precinct 6* denominado de “*North West Doncaster Boulevard*”.

[PA (P. Urb) 15] - Tipologia do uso do solo (residencial, pública, uso misto, etc):

De acordo com o documento Doncaster Hill Strategy (MCC, 2004), o *Precinct 2* chamado de “*South East Doncaster Boulevard*”, obedece as seguintes características:

- Área total: 82.123m²;
- Potencial número de moradias = 1126 (área = 95.710m²);
- Área proposta para comércio e ou serviços = 10.000 m²;
- Planejado para zona de alta densidade urbana, tanto uso residencial, comercial quanto de serviços como cafés e restaurantes, etc;
- A zona residencial deve ser planejada com edifícios multifamiliares, no qual os projetos devem propor apartamentos diversificados, variando tanto em área quanto em tipologia (ex: 1 quarto até 3 ou mais quartos).

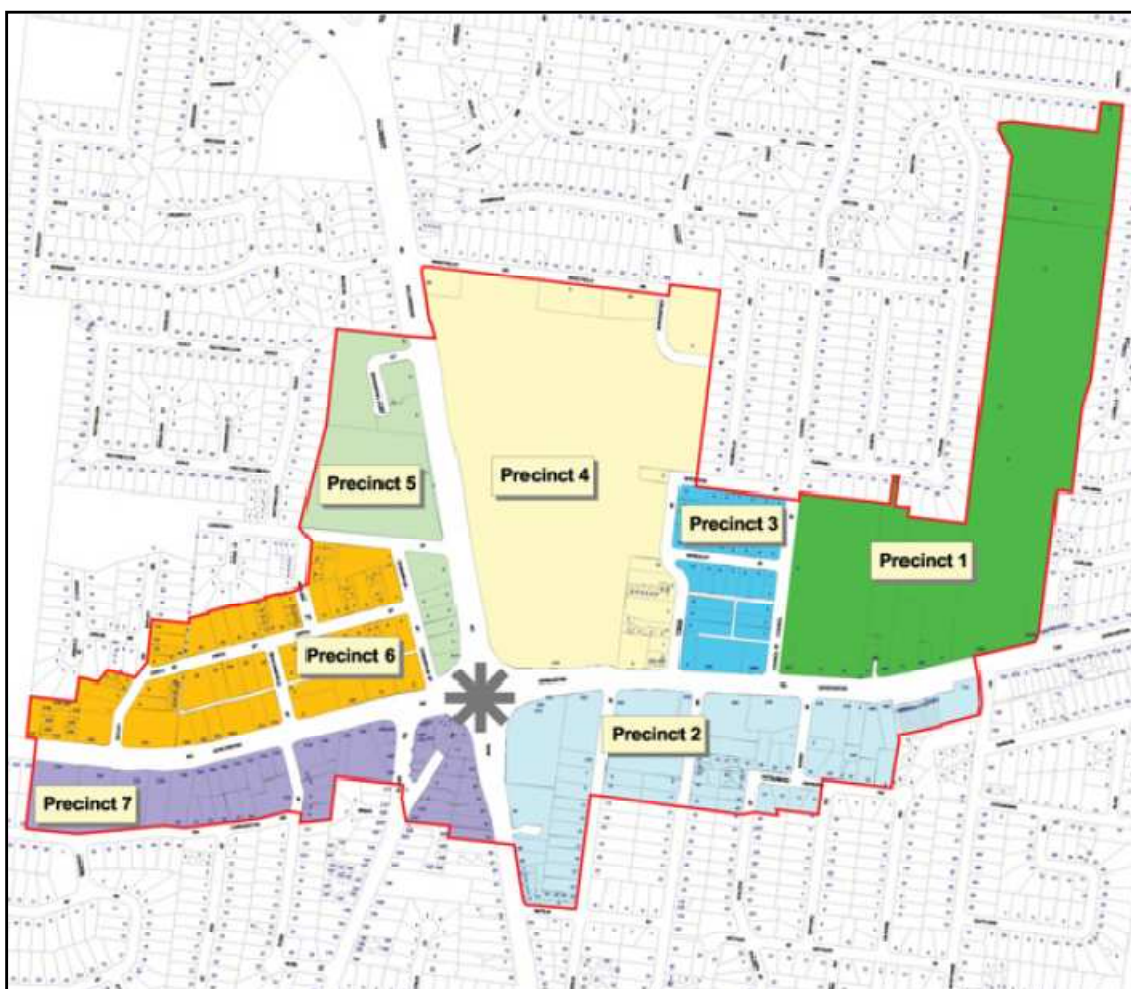


Figura 5.4 : Zoneamento do Bairro de Doncaster Hill.

Fonte: Doncaster Hill Strategy, (MCC, 2004)

O *Precinct 6* chamado de “*North West Doncaster Boulevard*”, segundo o documento *Doncaster Hill Strategy* (MCC, 2004), possui uma área menor e um perfil mais comercial, com locais de uso misto (residencial com prestação de serviço ou comércio) e as seguintes características:

- Área total: 64.575m²;
- Potencial número de moradias = 855 (área = 72.675m²);
- Área proposta para comércio e ou serviços = 2.500 m².

[PA (P. Urb) 16] - Densidade e tipologia dos edifícios:

Segundo a Australian Bureau of Statistics (ABS, 2010), a maioria dos lotes da região metropolitana de Melbourne varia de 500 a 1000 metros quadrados. In *Doncaster Hill*, a predominância dos lotes no *Precinct 2* é de 1000 metros quadrados.

O *Precinct 2* foi planejado pela prefeitura de *Manningham* para acomodar alta densidade urbana, tanto para o setor comercial quando para o residencial. É uma estratégia do governo australiano para conter os limites da expansão urbana e antigo modelo de planejamento baseado exclusivamente em residências unifamiliares em zonas urbanas de baixa densidade populacional. Porém, para melhor esclarecer acerca do parâmetro densidade, expõe um quadro 5.2 elaborado pelo governo de *South Australia* sobre os dados referentes à densidade urbana tipicamente empregada no país.

Quadro 5.2: Categorias de Densidade Urbana empregadas na Austrália

Densidade Urbana	Pavimento	Hab/ha
Baixa Densidade	1- 2	11 – 22dw/ha
Média Densidade	3 - 4	23 – 45dw/ha
Alta Densidade	5 ou mais	Greater than 45dw/ha

Fonte: *South Australia Government* (2010).

[PA (P. Urb) 18] - Normas construtivas e urbanísticas local:

A legislação urbanística da região metropolitana de Melbourne e do Estado de Victória é estabelecida no mesmo formato da Victoria Planning Provision (VPP, 2007) e da Melbourne Planning Scheme (City of Melbourne, 2009). Para estes municípios, assim como para a cidade de Manningham, as principais cláusulas nas *Planning Scheme* referentes às normas de uso e ocupação no lote são:

- Clause 54: One Dwelling on a lot;
- Clause 55: More than one Dwelling on a lot;
- Clause 56: Residential subdivision

Especificamente para o bairro de Doncaster Hill, a prefeitura de Manningham criou o documento Doncaster Hill Strategy (MCC, 2004) que complementa as atribuições do Manningham Planning Scheme (MCC, 2010). Os parâmetros urbanísticos para uso e ocupação do solo do bairro de Doncaster Hill, estabelecidos por este documento pela prefeitura de Manningham são:

- Máxima taxa de ocupação no lote = 60%;
- Recuo frontal mínimo = 5m;
- Recuos laterais mínimos = total de 4,5m;
- Recuo posterior mínimo = 5m;
- Mínimo espaço aberto privado = 20%;
- Mínima área permeável = 20%;
- Altura máxima da edificação (gabarito) = 29m (ou 10 andares) – específico para o lote da categoria 2B do Precinct 2.

[PA (P. Urb) 19] - Geometria e classificação das vias públicas:

Os dados coletados para o desenvolvimento deste parâmetro do caso australiano foram:

- Urban Road Design: a guide to the geometric design of major urban roads. Australia. (Austroads, 2002).
- Street Design Guidelines for Landcom Projects. GM Urban Design and Architecture (Morrish, In press).

- Clauses 36.04 – Road Zone e 56.06. Manningham Planning Scheme. (MCC, 2010);
- Clauses 56.06 – Access and mobility management (guidelines). Manningham Planning Scheme. (MCC, 2010);
- The Geometric Design of Roads. Monash University, Australia, (Underwood, 1991).

Dentre os documentos estudados, alguns se utilizam de uma classificação ligeiramente diferente ou mais detalhada que a outra, tanto dentro da Austrália quanto em comparação com as nomenclaturas comumente usadas no Brasil, embasadas neste trabalho com a referência da extensa pesquisa de Gondim (2001). Para tal, apresenta-se o quadro 5.3 abaixo compilando as diferentes categorias desta classificação da geometria das vias.

Quadro 5.3 – Compilação das nomenclaturas de vias públicas

Nomenclaturas de Vias Públicas				
CONVENCIONAL	PESQUISA GONDIM	GUARANTÁ DO NORTE (MT) BRASIL	MELBOURNE AUSTRALIA	ADOTADA NESTA PESQUISA
Expressa	Expressa	Estrutural	Freeways	-
Arterial	Arterial I Arterial II	Principal	Arterial (ou Major Roads)	Arterial
Coletora	Coletora I Coletora II	Coletora	Coletoras ou Connector I e II	Coletora
Local	Local I Local II	Local	Local (ou Acess places I e II);	Local
-	-	-	Minor Local;	Local de menor porte
-	-	-	Acess ways	
-	-	-	Lanes	Travessas

Fonte: Elaboração própria, 2011.

Conforme pode ser visto no quadro 5.3, o documento Manningham Planning Scheme e o Estado de Victoria se utilizam de uma classificação para as vias mais detalhada do que as usuais conhecidas. São sete categorias: Arterial I, Arterial II,

Connector I, Connector II, Access place I e II, Access ways e lanes. Por isso, esta pesquisa resolveu adotar uma classificação intermediária.

[PA (P. Urb) 22] - Descrição do Sistema de infraestrutura: abastecimento de água, esgoto e drenagem:

- O manual WSUD (City of Melbourne) afirma que a região metropolitana de Melbourne é abastecida por suas torneiras com água potável. O esgoto sanitário doméstico e industrial é tratado antes da disposição final nas baías de Port Phillip e de Westernport;
- A Austrália, em geral, emprega o sistema de esgotamento sanitário do sistema de drenagem. Porém, as galerias de águas pluviais despejam todo seu volume diretamente nos rios, córregos ou lagos sem qualquer tipo de tratamento. Por esta razão, destaca-se a importância do uso das tecnologias WSUD para coleta e tratamento, mesmo que não seja o objetivo principal de armazenar e reutilizar esta água;
- O bairro de Doncaster Hill já possui infraestrutura convencional de abastecimento de água, saneamento e drenagem. Há, contudo, possibilidades e interesse da prefeitura de Manningham de implementar os elementos WSUD na paisagem urbana, principalmente sistemas de biofiltração e calçadas verdes (valas e/ou faixas vegetadas) nas vias públicas.

5.2.4 PROCEDIMENTO IV - Análise do Layout e Desenho do Sítio (PR.4)

Para a realização do PR.4, faz-se necessário dividir cada objeto de estudo na sua referida escala de análise. Porém, antes disso a figura 5.5 mostrará uma planta de situação indicando o contexto no qual se situa a área de estudo, e respectivos objetos de estudo, como:

- O lote 2b no Precinct 2;
- A rua Fifth (street) no Precinct 6.

a) Aplicação do PR4 para Escala de Lote:

No caso australiano, o lote 2B do Precinct 2 no bairro de Doncaster Hill do município de Manningham (região metropolitana de Melbourne) foi escolhido para aplicação do BLUE Plan na escala de lote. Os dados do local foram adquiridos por meio de documentos online disponibilizados pela prefeitura. A seguir mostra o valor de área do lote, relembra-se outras informações básicas e, na sequência, o programa de necessidades e usos específicos sugeridos para o local no quadro 5.4:

- Área do lote = 1.000m²
- Gabarito máximo = 29m ;
- Taxa de ocupação máxima = 60%
- Alta densidade urbana – sugere-se a construção de um edifício multifamiliar.



Figura 5.5 – Localização das áreas de estudo em Doncaster Hill

Fonte: Doncaster Hill Strategy (MCC, 2004).

Durante a este procedimento, deve-se lembrar que existem áreas construídas que **não são computáveis**, nos Plano Diretores em geral, no cálculo do Coeficiente de aproveitamento do lote, tais como: pergolados, beirais, caramanchões, guaritas, garagens, depósitos de lixo, depósitos de gás; casas de máquinas e subestações.

Portanto, estes elementos devem ser considerados no BLUE Plan durante a análise do layout do sítio, pois em alguns casos a localização e o espaço físico ocupado por estes elementos pode até inviabilizar o emprego de alguma tecnologia WSUD.

Quadro 5.4 - Usos específicos propostos para o lote 2B em Doncaster Hill, Austrália.

Programa básico para condomínio residencial vertical em Doncaster Hill	
Apartamentos	Apartamentos de 1, 2 e 3 quartos
Administração	<ul style="list-style-type: none"> - Sala do síndico do condomínio; - 1 wc; - Guarita; - Depósito;
Recreação e Atividades físicas	<ul style="list-style-type: none"> - Playground; - Jardim ornamental no recuo frontal - Quadra de esportes; - Área de recreação gramada; - Churrasqueira, área de lazer com pequeno pátio coberto; - Salão de festas; - Sauna
Educação ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Horta;
Serviços de Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> - Estacionamento para moradores e visitantes - Lixo, gás, casa de máquinas; - reservatório d'água elevado; - Cisterna de água chuva e outras tecnologias WSUD

Fonte: Elaboração própria, 2011.

b) Aplicação do PR.4 para Escala de Vias Públicas:

Além dos documentos citados no parâmetro de geometria das vias do PR.3, vale destacar outras referências importantes para o PR.4 quanto a análise espacial do sítio e para questões ligadas ao impacto ambiental dessa categoria de escala de projeto, tais como:

- Environmental Considerations for Planning and Design of Roads. (Austroads, 2003a), Austrália.
- Guidelines for Treatment of Stormwater Runoff from the Road Infrastructure. (Austroads, 2003b), Austrália.
- Street Design Guidelines for Landcom Projects. GM Urban Design and Architecture (Morrish, In press).

Para cumprimento do PR.4, apresenta-se na tabela 5.2 com os elementos de desenho da rua Fifth, escolhida ilustrativamente para esta pesquisa. Além o quadro 5.5 mostra o típico mobiliário urbano usado na região metropolitana de Melbourne.

Tabela 5.2 - Geometria da Rua Fifth (street)

ELEMENTOS DE DESENHO	RUA FIFTH (STREET)
Volume do tráfego	Até 3.000 veículos
Velocidade máxima	50Km/h
Pista de Rolamento	7,0m
Faixa de Estacionamento	2,3m
Calçada e faixa arborizada	2 x (2,0m + 1,5m)
Ciclovia	-
Avenida marginal	-
Canteiros centrais e laterais	-
Largura total	16,30m

Fonte: Manningham Planning Scheme, 2010a.

5.2.5 PROCEDIMENTO V - Oportunidades e Limitações para Implantação das Tecnologias WSUD (PR.5)

Para realização deste procedimento, devem-se observar as recomendações do Estágio 1 do BLUE Plan, em especial, dos parâmetros de design das tecnologias WSUD apresentadas no quadro 4.2 do capítulo 4 desta pesquisa.

Quadro 5.5 - Típico mobiliário urbano na região metropolitana de Melbourne

Mobiliário urbano presente nas vias públicas em Melbourne	
Elementos de desenho urbano com sistema WSUD	Arborização adequada para melhorar microclima local e tratamento do escoamento superficial (<i>runoff</i>);
	Jardineiras e canteiros;
	Vagas para estacionamento (com pavimento poroso, sistemas de infiltração e biorretenção);
	Bancos;
	Abrigo de ponto de ônibus;
	Calçadas verdes (passeios com faixas ou valas vegetadas)
Equipamentos Urbanos	Hidrantes;
	Bicicletários;
	Caixa de correios;
	Caixas para coleta seletiva (lixéiras para resíduos sólidos orgânicos e recicláveis);
	Sinalização de trânsito para deficientes

Fonte: Elaboração Própria, 2011.

Nesta etapa, o auxílio do trabalho de um engenheiro da área de drenagem se faz fundamental, para estudar a viabilidade técnica das práticas WSUD. Para tal, este procedimento (PR.5) serve para fazer uma pré-seleção das tecnologias de drenagem segundo as características da bacia urbana em estudo.

[PA (WSUD) 1] - A primeira recomendação dada a qualquer estudo está presente no parâmetro 1 da tabela 4.2, deve ser a definição do objetivo que deseja atingir com a implementação da tecnologia WSUD. Para o caso do bairro de Doncaster Hill assumi-se que as tecnologias devem ter a função de:

- Captação, tratamento, armazenamento e reúso para fins não-potáveis na área do lote;
- Tratamento do escoamento superficial para proteção da qualidade da água dos corpos receptores;
- Detenção e redução do *runoff*, (escoamento superficial) nas vias públicas prevenção de alagamentos e/ou inundações;
- Uso das tecnologias WSUD associadas com árvores e vegetação específica (para adequado tratamento) nas vias públicas para melhoria do microclima urbano.

[PA (WSUD) 2] – Averiguar quais tecnologias são adequadas para escala de lote e vias públicas:

- Escala de lote: as mais recomendadas e usualmente utilizadas na Austrália são os sistemas de biorretenção, valas vegetadas e cisterna de chuva;
- Escala de vias públicas: as mais recomendadas e usualmente utilizadas na Austrália são os sistemas de biorretenção, valas vegetadas, trincheiras de infiltração. As tecnologias de gradeamento, filtro de área podem também ser indicadas em alguns casos;
- Para ambas escala de projeto - a técnica de pavimento permeável (e/ou poroso) pode ser indicada. Porém esta ainda não é tão difundida na Austrália quanto na Europa, mas já há interesse tanto da iniciativa privada quando da institucional em disseminar a mesma;
- Para ambas escala de projeto – pode ser implementado um outro projeto WSUD numa de escala de vizinhança com sistemas combinados off-line (“*treatment train*”), que interligam as técnicas previamente citadas principalmente como as tecnologias de bacias de sedimentação, alagados construídos, bacias de retenção ou detenção;

[PA (WSUD) 8] – aspectos da bacia hidrográfica urbana são essenciais para bom desempenho das tecnologias WSUD, como:

- Sistemas biorretenção somente podem ser usados em áreas planas, relevos com declividade acima de 4% não são adequados;
- Averiguar as características do solo – solo com baixa capacidade de infiltração são deve ser implementado valas, trincheiras e outros sistemas de infiltração;
- A Austrália tem realizado ao longo desses últimos 10 anos diversos testes laboratoriais com diferentes espécies nativas, não sendo portanto um fator limitante a escolha de planta adequada para os sistemas vegetados.

[PA (WSUD) 10] – Infraestrutura presente (ou não) no sítio urbano também deve ser averiguada:

- Doncaster Hill já possui pavimentação e a infraestrutura instalada em suas vias públicas, isto pode ser um fator limitante que inviabilize a proposta;
- O subsolo urbano também deve ser mapeado para análise da infraestrutura existente e de aspectos particulares do solo;

- Doncaster Hill ainda possui alguns loteamentos sem área edificada, que podem facilmente ser adequados ainda na fase de projeto com as tecnologias WSUD.

Ressalta-se que a escolha definitiva da técnica somente poderá ser efetuada após o PR.7 (seleção das potenciais tecnologias WSUD), mediante a análise em detalhes de todos os parâmetros WSUD da tabela 4.2. Deve-se também fazer uso de modelagem hidrológica (softwares como MUSIC, Stormnet, etc) usando os dados da área impermeabilizada da bacia, índice pluviométrico, dentre outros elementos, para simular a eficácia do design do sistema WSUD proposto.

5.2.6 PROCEDIMENTO VI – Critério de Área Legal e Útil do Sítio (PR.6)

O procedimento 6 referente ao critério de área legal e útil do sítio, teve aplicações distintas para o lote residencial e para a via pública em Doncaster Hill, segundo os parâmetros de cada escala do BLUE Plan explicados anteriormente.

a) Resultados do PR.6 para Escala de Lote:

As faixas percentuais propostas para o município de Manningham foram calculadas com base na legislação do *Manningham Planning Scheme* (Plano Diretor), no qual atribui o valor para Taxa Máxima de Ocupação de 60% e da Taxa Mínima de Permeabilidade de 20% para área total do lote.

Doncaster Hill é um bairro que agrega desde zonas de baixa densidade quanto de alta densidade. As áreas de transição entre estas zonas são normalmente delimitadas por ruas, avenidas ou praças, parques e áreas de lazer. No caso do lote 2B selecionado para este estudo ele se localiza numa área de alta densidade urbana, no qual o Critério de Área Legal e Útil determinado é a faixa percentual de 20%-30% para potencial área do lote disponível para inserção das tecnologias WSUD (tabela 5.3).

A relação entre densidade urbana e área livre aqui estudada nesta pesquisa, mostra que as áreas de baixa densidade dispõem de maior espaço disponível, potenciais neste caso as tecnologias WSUD. Entretanto, trabalhos realizados pela U.S. EPA (2006) afirmam que zonas de alta densidade quando analisadas numa escala regional, trazem mais benefícios que as zonas baixa densidade, pois gere

menos área impermeabilizada, menor quantidade de escoamento superficial (*runoff*) e menos área construída por moradia.

Tabela 5.3 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil para escala de lote

PR.6 – Potencial Área para Inserção das Tecnologias WSUD			
CRITÉRIO PARA ESCALA DE LOTE	BAIXA DENSIDADE	MÉDIA DENSIDADE 20%-40%	ALTA DENSIDADE
Faixa Padrão Mundial	20%-50%		20%-30%
Doncaster Hill	20%-40%	20%-35%	20%-30%

Fonte: Nunes *et al*, 2011b.

b) Aplicação do PR.6 para Escala de Vias Públicas:

Conforme explicado no capítulo 4, o *Critério de Área Legal e Útil* (PR.6) para escala de vias públicas, a técnica de pavimento poroso foi analisada em separado em relação às demais tecnologias WSUD. Esta escolha se deve ao amplo potencial de aplicação destas tecnologias nesta escala de projeto, mais especificamente nas calçadas das vias.

No caso da rua Fifth em Doncaster Hill, classificada como uma via local, a faixa percentual encontrada foi calculada com base na proporção da largura da calçada em relação à largura total da via. Já o cálculo para as demais tecnologias é dado pela proporção da soma dos demais elementos da via (ex. faixa de estacionamento, canteiros, além da calçada, com exceção da pista de rolamento) em relação à largura total da rua.

Pode-se verificar na tabela 5.4 que para ambos os casos, há espaço físico disponível para futura implementação das tecnologias WSUD. Além disso, deve-se lembrar que o cálculo destas áreas é contabilizado o espaço requerido para mobiliário urbano sendo, portanto, não contabilizado somente a área total desde elementos da via, mas sim a metade e a quarta parte da largura destes.

Tabela 5.4 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil para escala de vias públicas

Potencial Área para Inserção das Tecnologias WSUD - Caso Australiano	
FIFTH STREET - DONCASTER HILL	CRITÉRIO PARA ESCALA DE VIA LOCAL
Tecnologias WSUD	10%-25%
Pavimento Poroso	5%-20%

Fonte: Elaboração própria, 2010.

5.2.7 PROCEDIMENTO VII – Seleção das Potencias Tecnologias WSUD (PR.7)

Após a realização de todos os procedimentos e a compilação da informação, pode recomendar as tecnologias mais adequadas para o caso do bairro de Doncaster Hill, na região metropolitana de Melbourne, Austrália.

a) Resultados do PR.7 para Escala de Lote:

Para o caso do lote 2B do Precinct 2 em Doncaster Hill, verificou que cinco tecnologias são consideradas melhor opção para o sítio, podendo estas serem também visualizadas na tabela 5.5:

- Vala Vegetada;
- Sistemas de biorretenção (biofiltro ou raingardens);
- Sistemas de Infiltração não vegetados (ex, trincheira ou valas);
- Pavimento Poroso;
- Cisterna de chuva enterrada;
- Telhados verdes.

Dada as características propostas pela lei municipal para o lote 2B que envolve principalmente a área construção de um edifício residencial multifamiliar para acomodar alta densidade populacional, todos os sistemas WSUD supracitados dispõem de design e aspectos técnicos favoráveis a sua instalação neste sítio.

Contudo, recomenda-se a preferência de sistemas vegetados de biorretenção (ou invés dos de infiltração não vegetados) como vala de infiltração ou biofiltros pela sua flexibilidade na forma e alta capacidade na remoção de poluentes finos e sólidos solúveis (figura 5.6). As técnicas de pavimento poroso, cisterna de chuva enterrada (ou de superfície com formato compacto) e telhados verdes são também ideais para terrenos com restrição de espaço físico.

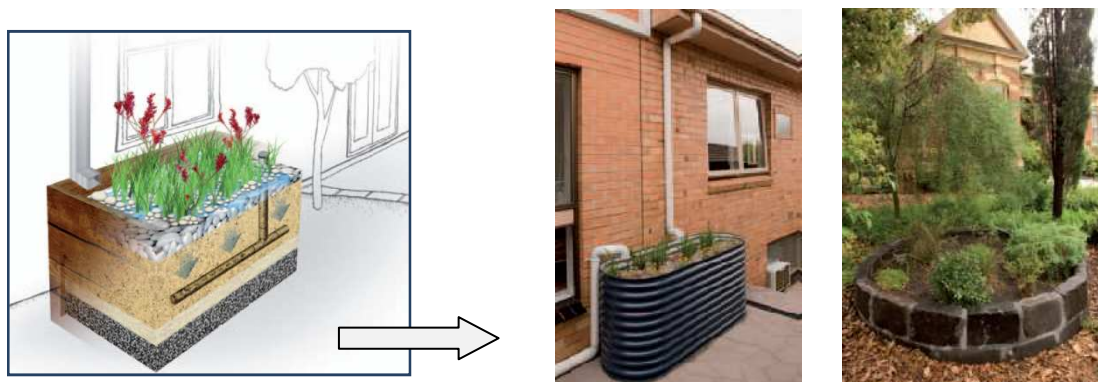


Figura 5.6 – Exemplos de biofiltros com estrutura elevada em escala de lote.

Fonte: Melbourne Water, 2010.

a) Resultados do PR.7 para Escala de Vias Públicas:

Dada as condições climáticas locais e a boa infraestrutura urbana, como design das calçadas, materiais empregados, serviço de manutenção e limpeza pública, as técnicas de pavimento poroso são altamente recomendadas para a Rua Fifth (Street) em Doncaster Hill (figura 5.7).

Por ser classificada como uma via local, onde não possui tráfego superior a 3.000 veículos e, conseqüentemente, a Rua Fifth não irá gerar grande quantidade de poluentes, como óleos, graxas e metais. Por isso, a coleta e o tratamento do escoamento superficial (*runoff*, em inglês) podem ser facilmente resolvidos com o uso de biofiltros e/ou pavimento poroso. (figuras 5.8, 5.10 e 5.11).

Tabela 5.5 – PR.7: Seleção das tecnologias WSUD para o caso Australiano

Resumo das propostas BLUE Plan para Doncaster Hill		
Tecnologias WSUD	ESCALAS	
	Lote	Vias Públicas
1. Gradeamento	—	□
2. Bacias de Sedimentação	□	□
3. Vala Vegetada	●	●
4. Sistemas de Biorretenção	●	●
5. Filtro de Areia	—	○
6. Alagados Construídos	○	□
7. Bacia Detenção/Retenção	□	□
8. SI – Sistemas de Infiltração (poços, trincheiras e valas)	●	○
9. SI - Pavimento Poroso	●	●
10. Cisterna de Chuva de Superfície	○	—
11. Cisterna de Chuva de Enterrada	●	—
12. Recuperação de Aquífero	—	—
13. Telhados Verdes	●	—

Legenda: Melhor opção ●; Aplicável ○; Aplicável off-line □; Não- aplicável —

Fonte: Elaboração própria, 2010.

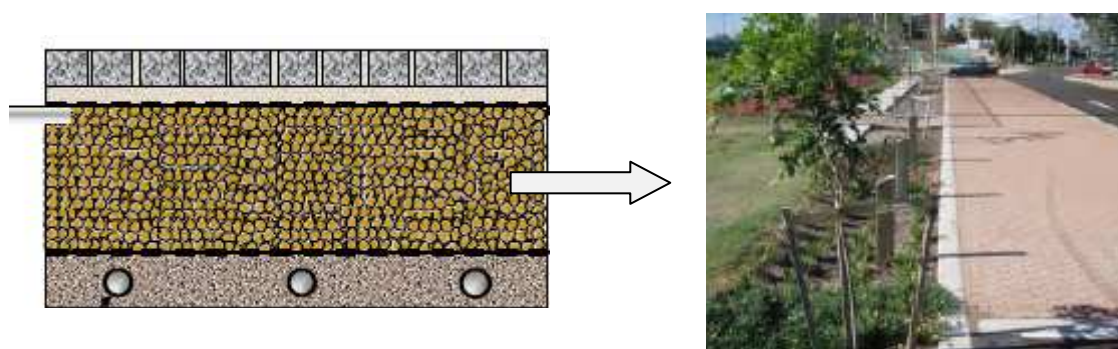


Figura 5.7 – Esquema e foto da técnica de pavimento poroso em canteiros públicos.

Fonte: BTM, 2010.



Figura 5.8 – Exemplos de aplicação *biofiltros* em canteiros públicos e em lote.

Fonte: Monash University (FAWB, 2009)

Outra possibilidade para Rua Fifth é a implementação de técnicas mais simples como as valas ou faixas vegetadas de infiltração (comumente conhecidas no Brasil como calçadas verdes), que se caracterizam pelo desenho de faixas gramadas no sentido longitudinal das calçadas ou canteiros, com o benefício da construção de menos pavimento impermeável no bairro (figura 5.9).



Figura 5.9 – Exemplos de valas ou faixas vegetadas (calçadas verdes)

Fonte: Monash University (FAWB, 2009)

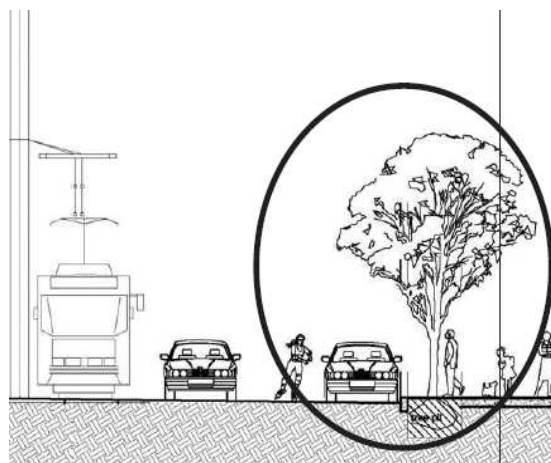


Figura 5.10 – Esquema de perfil de via com sistema de biofiltração (planter box)

Fonte: WSUD Guidelines,(City of Melbourne Council, 2010).

A geometria da Rua Fifth, conforme as prescrições de sua categoria de porte local, pode ainda oferecer a aplicação off-line de forma combinada com outros sistemas WSUD (processo do *treatment train*) situados em outras vias do bairro de Doncaster Hill. Para esta opção de cadeia de tratamento, é recomendado o uso de biofiltros (e/ou valas vegetadas e/ou pavimento poroso) conectados a jusante da bacia hidrográfica com alagados construídos (ou wetlands, que inclui a bacia de sedimentação) e, ao final do processo, o deságüe em bacia de retenção (artificiais) ou naturais como lagoas ou córregos.

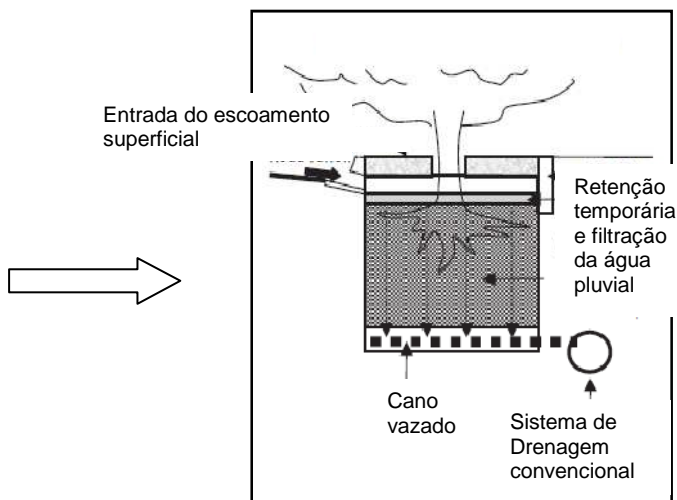


Figura 5.11 – Foto e esquema de detalhe construtivo do biofiltro (planter box)

Fonte: Nunes, R.T.S. (2009) e Manual WSUD (City of Melbourne Council, 2010).

5.3 SÍNTESE DA APLICAÇÃO DO BLUE PLAN NA AUSTRÁLIA

Quadro 5.6 – Síntese da aplicação do BLUE Plan na escala de lote na Austrália

Procedimentos	Parâmetros e critérios para escala de lote
PR.1. Políticas de Planeamento Urbano	Cláusulas, 54, 55, 56 - Manningham Planning Scheme (MCC, 2010, Plano Diretor Municipal) Doncaster Hill Strategy (e outros citados no PR.1)
PR.2. Condicionantes do Sítio	A. Estágio de Desenvolvimento: em fase de projeto B. Tipologia: edifício residencial multifamiliar C. Escala: Lote D. Densidade Urbana: alta densidade
PR.3. Normas urbanísticas e construtivas	A. Taxa de Ocupação Máxima (área construída)= 60% B. Recuo ou afastamento frontal mínimo = 5m C. Recuos ou afastamentos laterais mínimos = 4,5m (soma) D. Recuo ou afastamento posterior mínimo = 5m E. Espaço aberto privado mínimo = 20% F. Taxa de área permeável mínima = 20% G. Gabarito ou máxima altura permitida = 29m
PR.4. Análise do layout e do desenho do sítio	Programa de necessidades a tipologia e uso específico, por exemplo: - varanda, garage, estacionamento, e qualquer outra área coberta edificada; - Jardim, horta, área gramada; - qualquer área pavimentada para fins de lazer ou serviço; - Quadra de esportes, sauna, playground, churrasqueira; - Áreas para equipamentos como: gás, lixo, gerador, central de ar-condicionado, etc.
PR.5. Oportunidades e Limitações para Implantação das tecnologias WSUD	A. Propriedades e capacidade de infiltração do solo; B. Topografia e escala de lote; C. Infraestrutura existente; D. Área disponível, dimensão do lote, densidade urbana. E. Outros parâmetros presentes no quadro 4.2
PR.6. Critério de Área Legal e Útil do Sítio	Ver tabela.5.3
PR.7. Seleção das potenciais tecnologias WSUD	Ver tabela 5.5
PR.8. Manutenção e avaliação	A forma e periodicidade são determinadas de acordo com cada caso e tipo de tecnologia implementada

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Quadro 5.7 – Síntese da aplicação do BLUE Plan na escala de vias Públicas na Austrália

Procedimentos	Parâmetros e critérios para escala de Vias Públicas
PR.1. Políticas de Planejamento Urbano	Manningham Planning Scheme (MCC, 2010) Doncaster Hill Infrastructure Report (MCC, 2003) Outros citados no PR.1
PR.2. Condicionantes do Sítio	A. Estágio de Desenvolvimento: em funcionamento B. Tipologia: residencial e de uso misto C. Escala: via pública D. Classificação Funcional: via local
PR.3. Normas urbanísticas e construtivas	A. Volume do tráfego = até 3.000 veículos; B. Velocidade máxima permitida = até 50Km/h; C. Largura da pista de rolamento = 7m; D. Faixa de estacionamento = 2,3m; E. Calçada e faixa permeável (verge) = 2.0 + 1.5m; F. Ciclovia = não consta; G. Avenida marginal = não consta; H. Canteiros centrais e/ou laterais = não consta
PR.4. Análise do layout e do desenho do sítio	A. Perfil da via e geometria: dimensionamento, largura máximas e mínimas segundo sua classificação; B. Todos os elementos de desenho, inc. tipo de meio-fio e canteiros de jardim; C. Detalhamento do mobiliário urbano: Postes, lixeiras, árvores, telefones públicos, paradas de ônibus (ponto, abrigo, baias); D. Verificar a alocação do espaço para infraestrutura de: esgoto, gás, água, drenagem, telefone.
PR.5. Oportunidades e Limitações para Implantação das tecnologias WSUD	A. Propriedades e capacidade de infiltração do solo; B. Topografia e escala de lote; C. Infraestrutura existente; D. Área disponível, dimensão do lote, densidade urbana. E. Outros parâmetros presentes no quadro 4.2
PR.6. Critério de Área Legal e Útil do Sítio	Ver tabela 5.4
PR.7. Seleção das potenciais tecnologias WSUD	Ver tabela 5.5
PR.8. Manutenção e avaliação	A forma e periodicidade são determinadas de acordo com cada caso e tipo de tecnologia implementada

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Capítulo 6 - Aplicação do BLUE Plan no Brasil

Conforme citado no início do capítulo 5, a estrutura metodológica do BLUE Plan foi idealizada no Brasil, porém desenvolvida durante o estágio PDEE/CAPES¹⁵ entre os anos de 2009 e 2010 na *Monash University*, situada na região metropolitana de Melbourne, Estado de Victoria, Austrália. As atividades de pesquisa foram realizadas sob a orientação da professora Ana Deletic, junto ao Departamento de Engenharia Civil e da equipe de pesquisadores do *Centre for Water Sensitive Cities – Monash Sustainability Institute (MSI)*.

Durante o curso do estágio PDEE/CAPES, foram realizados dois estudos de caso: o primeiro na região metropolitana de Melbourne (bairro de Doncaster Hill), apresentado anteriormente no capítulo 5. O segundo estudo de caso foi desenvolvido após retorno ao Brasil e posterior aprimoramento e adaptações metodológicas na cidade de Guarantã do Norte, no Estado de Mato Grosso. A realização do caso brasileiro foi viabilizada mediante o apoio do centro de pesquisa IVIG/COPPE/UFRJ¹⁶ e sua parceria com o DNIT¹⁷ (Ministério dos Transportes) no plano de Desenvolvimento Regional e Sustentável da área de influência da BR-163, na Região Amazônica Brasileira.

Antes da apresentação do caso brasileiro, convém aqui ressaltar sobre a aplicação do BLUE Plan que toda a itemização, procedimentos e parâmetros apresentados a seguir foram extraídos do capítulo 4, referente à estrutura metodológica do BLUE Plan. Lembrando aqui que:

- Todos os parâmetros de planejamento urbano serão aqui denominados de **PA(P. Urb)**, podendo ser também encontrados no quadro 4.3;

¹⁵ Programa de Doutorado no Brasil com Estágio no Exterior (PDEE), popularmente conhecido como “Doutorado Sanduíche”, financiado pelo Governo Brasileiro, Ministério da Educação e Agência CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

¹⁶ IVIG - Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais da COPPE/UFRJ.

¹⁷ DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (Ministério dos Transportes, Brasília).

- Todos os parâmetros das tecnologias WSUD serão aqui denominados de **PA (WSUD)**, podendo ser também encontrados no quadro 4.2;
- Todos os procedimentos do BLUE Plan serão aqui denominados de **PR**, podendo ser também encontrados na figura 4.5.

6.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DO CASO BRASILEIRO

O projeto da BR-163 do DNIT do Governo Federal abrange diversas cidades pertencentes a três estados do país: Mato Grosso, Pará e Amazonas, ligando a cidade de Cuiabá (MT) até o porto no município de Santarém (PA). De acordo com PRAD¹⁸ da BR-163 (DNIT, 2007a), as obras viárias nestes trechos rodoviários constituem empreendimento diferenciado dos demais realizados ou em curso no País, pois sua locação em área de fronteira de desenvolvimento na Amazônia amplia substancialmente a atenção das partes interessadas em todas as esferas: governamental, privada, organizações não-governamentais, populações na sua área de influência e do público em geral (figura 6.2).

O documento do PBA¹⁹ da BR-163 (DNIT, 2007b) adverte que a pavimentação rodoviária tende a induções de pressões sobre essas áreas, provocando a intensificação de impactos que afetarão a já fragilizada e limitada capacidade administrativa das Prefeituras municipais na prestação de serviços. A implantação de uma rodovia em zona urbana estabelece um conflito entre o espaço viário e o espaço urbano, gerando sérios impactos negativos para ambos. Esses impactos afetam o desempenho operacional da rodovia e provocam a perda da qualidade de vida dos núcleos urbanos.

Além disso, obras de engenharia em geral, particularmente as rodoviárias, interferem significativamente no meio ambiente, notadamente quando implantadas sem o cumprimento de requisitos, critérios técnicos, procedimentos operacionais e medidas de controle e ações para prevenir e reduzir os impactos ambientais decorrentes. Lembrando que o *Passivo Ambiental* de um empreendimento corresponde ao total das *externalidades* (impactos) ambientais, não amortizados (no caso, não mitigados, controlados etc.), gerados pelo empreendimento sobre o meio ambiente, natural e antrópico, na sua área de influência (DNIT, 2007a).

¹⁸ PRAD - Programa de Recuperação de Áreas Degradadas.

¹⁹ PBA – Plano Básico Ambiental da BR-163 e Programa de Apoio Técnico às Prefeituras.

A cidade de Guarantã do Norte está situada ao extremo norte do estado de Mato Grosso, sendo parte integrante do grupo de municípios que recebe os benefícios dos Programas Ambientais da BR-163, voltados para a prevenção, mitigação e compensação dos impactos ambientais na Região Amazônica Brasileira (figura 6.1).



Figura 6.1 – Localização da cidade de Guarantã do Norte

Fonte: IBGE, 2011.

O município foi criado em 13 de maio de 1986 pela Lei nº. 5.008. O município de Cuiabá deu origem ao município de Chapada dos Guimarães, que, por sua vez, deu origem ao município de Colíder, do qual se originou o município de Guarantã do Norte. O nome Guarantã tem origem de uma árvore típica da região, com o nome científico de *Esenbeckia leiocarpa*, da família das rutáceas. Adotou-se o termo "do Norte" para diferenciar a cidade mato-grossense de outra, denominada Guarantã, no Estado de São Paulo. A cidade se destaca pela agricultura perene e de subsistência, pelo extrativismo mineral e pela pecuária com sistema de cria e corte.

PLANO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA A ÁREA DE INFLUÊNCIA DA BR-163

MACRORREGIÕES DO PLANO AMAZÔNIA SUSTENTÁVEL - PAS

2.1

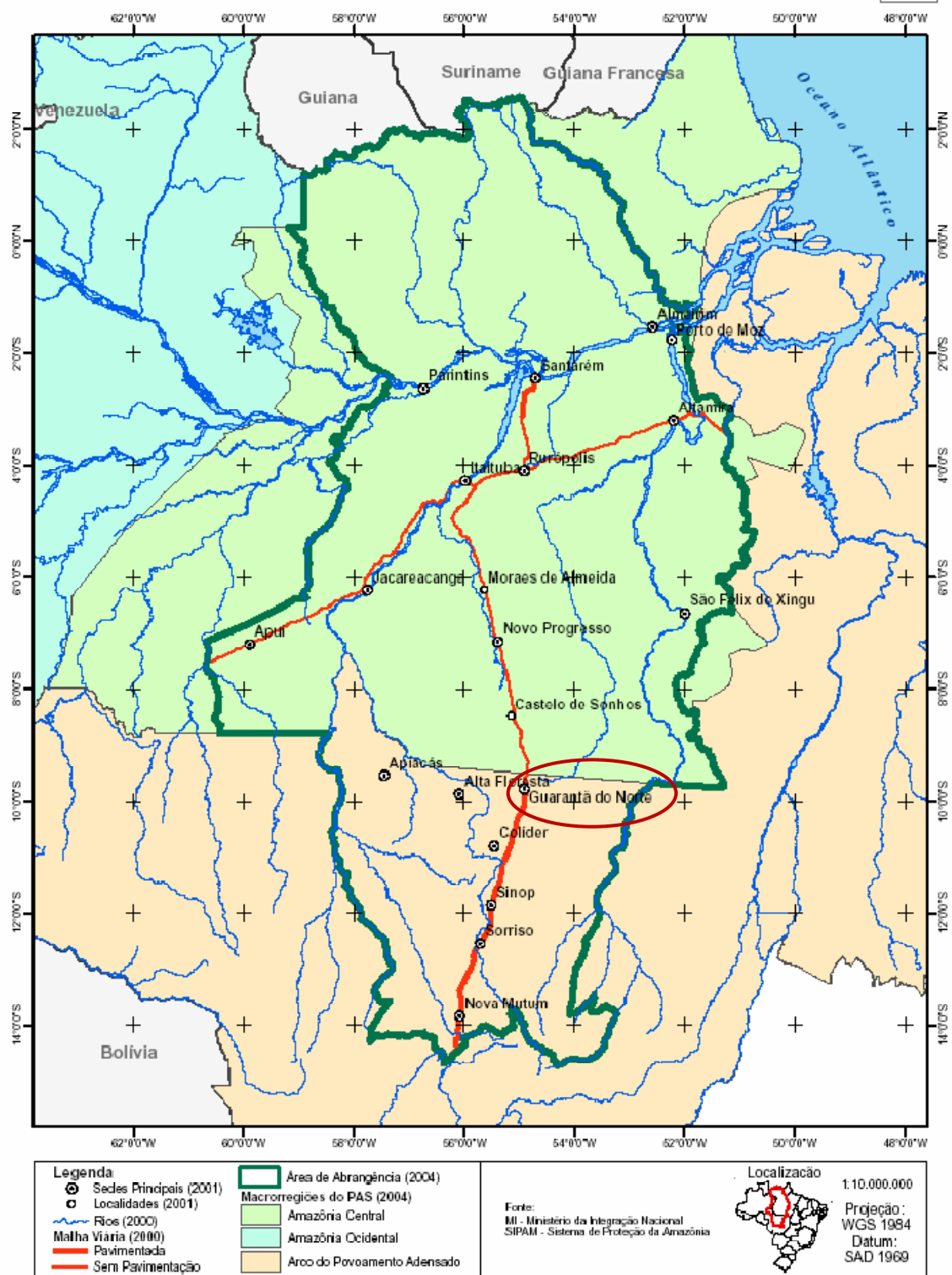


Figura 6.2 - Área de influência do Plano para Amazônia Sustentável (PAS).

Fonte: PCSS – Plano Cuiabá-Santarém Sustentável (DNIT, 2005).

6.2 APLICAÇÃO DO BLUE PLAN NO BRASIL

Os procedimentos apresentados a seguir obedecem à estrutura metodológica do BLUE Plan mostrada no capítulo 4 desta pesquisa.

6.2.1 PROCEDIMENTO I – Políticas de Planejamento Urbano (PR.1)

Como primeiro procedimento para desenvolvimento do estudo na cidade de Guarantã do Norte, foi verificado os seguintes documentos:

- Plano Diretor de Guarantã (em fase de aprovação durante o estudo);
- Código de posturas (em fase de aprovação durante o estudo);
- Anteprojeto de lei do Código de Obras (em fase de aprovação durante o estudo);
- Plano Básico Ambiental – PBA: BR-163 - Trecho: Rurópolis/PA - Guarantã/MT;
- Programa de Apoio Técnico às Prefeituras municipais;
- Programa de Apoio ao Desenvolvimento Regional;
- Plano Cuiabá-Santarém Sustentável – PCSS.

Além disso, foram realizadas reuniões e entrevistas com engenheiros e arquitetos que atuam nas secretarias de infraestrutura, educação, saúde e do comércio do município. Em seguida, proferidas palestras para este público em particular sobre a experiência Australiana na implementação de tecnologias WSUD em gestão de águas pluviais integrada ao desenho e planejamento urbano.

6.2.2 PROCEDIMENTO II – Condicionantes do Sítio (PR.2)

A cidade de Guarantã do Norte (MT) possui uma área territorial de 4.713,04 km² e aproximadamente 34 mil habitantes. O município dista 2.516km do Porto de

Paranaguá e 2.473 km do Porto de Santos. Situa-se a 345 metros acima do nível do mar, com média das temperaturas em torno de 24 graus centígrados (PCSS, 2005).

A taxa anual de crescimento da população do município é de 3,56%, sendo que a população do Estado cresce a uma taxa de 2,40% ao ano e o Brasil 1,64% ao ano. A densidade demográfica do município é igual a 7,2 habitantes para cada km², enquanto que no Estado de Mato Grosso é de 3,2 habitantes por km² e no Brasil é de 21,9 habitantes por km² (PCSS, 2005), tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Aspectos Físico-ambientais de Guarantã do Norte

ASPECTOS FÍSICOS	INDICADORES
Localização Geográfica	Macrorregião Norte Matogossense, Microrregião Colíder.
Área Geográfica	4.713,04 km ²
População 2006*	34.113 hab
Densidade demográfica	7,2 hab/km ²
Altitude	345 metros acima do nível do mar.
Distância da Capital	725Km
Limites	Novo Mundo, Matupá e Estado do Pará.
Solo predominante	Glei pouco úmido (Tb distrófico a moderado textura média relevo plano), Afloramentos Rochosos.
Relevo	Planalto Residual norte de Mato Grosso. Serra do Cachimbo.
Hidrografia	Grande Bacia do Amazonas.
Clima	Equatorial quente e úmido.
Temperatura	A temperatura média é de 24° C, com maior máxima de 40° C e menor mínima de 4° C.
Pluviosidade	A precipitação média anual é de 2.750 mm, com intensidade máxima em janeiro, fevereiro e março.
Coordenadas	09°56'37" latitude sul e 54°54'37" longitude oeste.
Data de Fundação	13/05/1986.

Fonte: PCSS, 2005.

Um dos principais aspectos naturais levantados na Cidade de Guarantã do Norte é a diferença entre os índices pluviométricos mensais entre as estações chuvosas e secas, conforme pode ser observado na figura 6.3 a seguir. Isto remete a uma situação de abundância em oferta de água e escassez das fontes de abastecimento nos períodos secos.

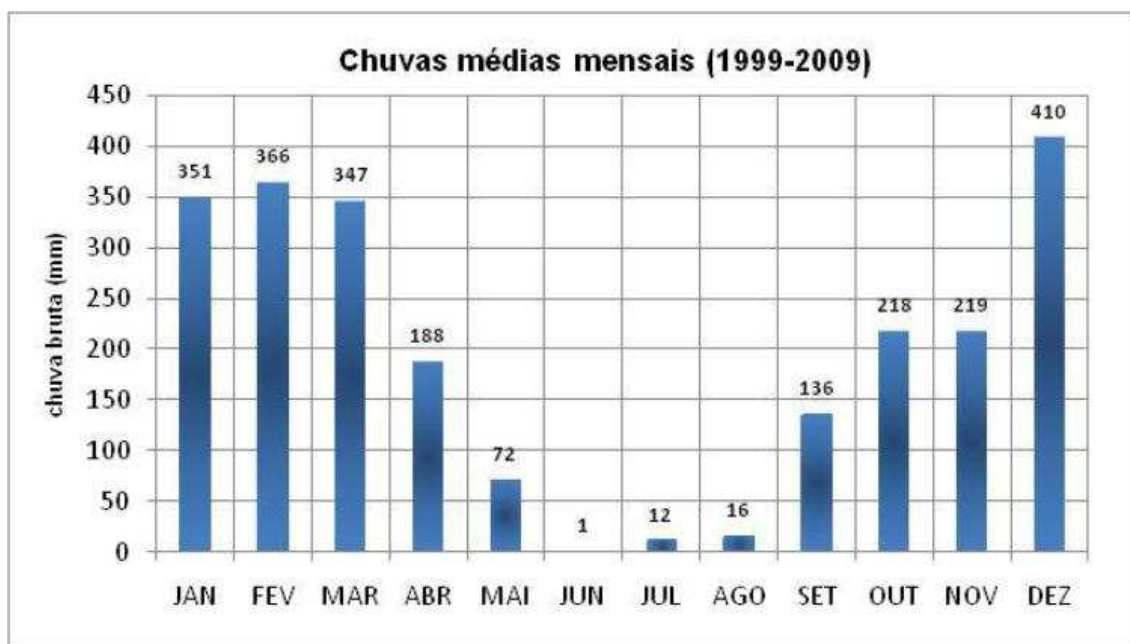


Figura 6.3 – Distribuição das chuvas médias mensais entre os anos de 1999 e 2009 no município de Guarantã do Norte - MT.

Fonte: Banco de dados Hidrometeorológicos – SNIRH, 2010.

6.2.3 PROCEDIMENTO III – Normas Urbanísticas e Construtivas (PR.3)

As informações elaboradas sobre o de Guarantã do Norte foram organizadas com base no material coletado na secretaria de infraestrutura do município, relatórios de pesquisa do instituto IVIG/COPPE/UFRJ dos projetos relativos ao programas de desenvolvimento regional da Amazônia (e da BR163), visitas técnicas, entrevistas e levantamento “in loco” realizadas entre o segundo semestre de 2010 e o primeiro de 2011.

[PA (P. Urb) 12] - Localização e estágio de desenvolvimento:

A área de estudo compreende 2 bairros na divisão territorial do município: Parque do Lago e Jardim Vitória na cidade em Guarantã do Norte (MT).

Na abordagem da gestão dos recursos hídricos, a área em questão está situada na sub-bacia hidrográfica do Horizonte, onde se inclui a nascente, o córrego Novo Horizonte e o Lago Municipal.

Segundo a macrozona urbana do ordenamento territorial do Plano Diretor, a cidade de Guarantã do Norte se divide em 3 zonas:

- Zona Urbana Consolidada – ZUC,;
- Zona Urbana em Consolidação – ZUEC;
- Zona Urbana em Expansão – ZUE.

A área de estudo situa-se na Zona Urbana em Consolidação (ZUEC), no qual as características do estágio de desenvolvimento dessa região são apresentadas no quadro 6.1 a seguir.

[PA (P. Urb) 13] - Escala do projeto:

O estudo de caso será desenvolvido na cidade em Guarantã do Norte (MT) seguindo a metodologia BLUE Plan proposta, na qual envolve três distintas escalas de projeto: lote, vias públicas e de vizinhança (que inclui praças, parques, áreas verdes, espaços públicos, áreas de recreação e prática esportivas).

Pensando numa melhor integração do projeto e melhor possibilidade estudo dentro de uma bacia hidrográfica, os objetos de estudo (e suas respectivas escalas do projeto) selecionados estão situados no mesmo bairro (quadra) e mesma sub-bacia hidrográfica do Horizonte.

Quadro 6.1 – Descrição do estágio de desenvolvimento da área de estudo no Brasil

SEÇÃO II – Da Zona Urbana em Consolidação (ZUEC)

Art.15 A Zona Urbana em Consolidação, ZUEC, caracteriza-se por:

- I. Densidade construtiva média a baixa, com capacidade de adensamento;
- II. Predominância de uso residencial;
- III. Carência de equipamentos públicos;
- IV. Infraestrutura parcialmente instalada;
- V. Sistema viário caracterizado pela baixa capacidade de tráfego;
- VI. Grande quantidade de vazios urbanos, com incidência de imóveis não edificados, subutilizados e não utilizados;
- VII. Potencial ambiental reduzido com necessidade de implementação de medidas de recuperação e preservação ambiental;
- VIII. Existência de centralidades locais incipientes;
- IX. Ocorrência de bairros que exigem a transposição das barreiras de mobilidade urbana em razão da Rodovia Federal BR-163 e da Rodovia Estadual MT-419.

Art.16 São objetivos da Zona Urbana em Consolidação:

- I. Melhorar a integração entre os bairros;
- II. Implantar novos usos e atividades, inclusive a Habitacional de Interesse Social (HIS);
- III. Reordenar os usos e atividades existentes a fim de evitar conflitos;
- IV. Incentivar a ocupação dos vazios urbanos, levando em consideração os condicionantes climáticos, como direção predominante dos ventos locais, disponibilidade de luz natural e orientação solar;
- V. Promover o conforto ambiental, mantendo áreas de solo permeáveis e prevendo áreas de sombreamento;
- VI. Incentivar as centralidades de bairro;
- VII. Incentivar o sistema de circulação de pedestres;
- VIII. Orientar políticas, planos, projetos e ações de qualificação do espaço e de implementação de infraestrutura;
- IX. Incentivar a criação de um sistema de áreas verdes públicas.

Fonte: PD Guarantã do Norte, Título II – Do ordenamento territorial, capítulo II – Da macrozona urbana, seção II, 2011.

[PA (P. Urb) 14] - Zoneamento, subdivisões e áreas de uso especial:

Para visualizar a mancha urbana da cidade de Guarantã do Norte, apresenta-se o macrozoneamento e Áreas de Interesse Ambiental de Guarantã do Norte na figura 6.4 e no quadro 6.2.

A presença da nascente no Bairro do Parque do Lago obriga atenção especial ao local para sua preservação e uso controlado do entorno;

O lago municipal também exerce sua importância no contexto da conservação ambiental, porém, se permite um uso público como parque com áreas verdes, de recreação e para prática de esportes.

Quadro 6.2– Áreas de Uso Especial em Guarantã do Norte

Quadro 4.2 – Áreas de Uso Especial	
SEÇÃO IV – Das Áreas de Especial Interesse Ambiental (AEIA)	
Art. 34	São Áreas de Especial Interesse Ambiental (AEIA) as áreas públicas ou privadas com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, bem como de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações.
Art.35	As Áreas de Especial Interesse Ambiental subdividem-se em: I. Áreas de Especial Interesse Ambiental de Proteção Integral (AEIA Tipo I); II. Áreas de Especial Interesse Ambiental de Verdes Urbanos (AEIA Tipo II).
Art.38	Constituem as Áreas de Especial Interesse Ambiental de Proteção Integral: I. Áreas de Preservação Permanente (APP); II. Áreas de Preservação de Mananciais (APM).
Art.40	Áreas de Especial Interesse Ambiental de Verdes Urbanos (AEIA Tipo II) são constituídas pelas áreas de Preservação Permanente (assim definidas na legislação ambiental da União do Estado e do Município) inseridas no perímetro urbano e também pelo conjunto de espaços significativos, ajardinados e arborizados, de propriedade pública ou privada, necessários à manutenção da qualidade ambiental urbana, tendo por objetivos a preservação, proteção, recuperação e ampliação destes espaços.
Art.41	Consideram-se áreas de preservação permanente , para efeito desta Lei, as formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água do Município, desde o seu nível mais alto, em faixa marginal cuja largura mínima, de acordo com o Código Florestal, será de: I. 30m (trinta metros) para os cursos d'água de menos de 10m (dez metros) de largura, para o redor de lagos e lagoas ou reservatórios d'água naturais ou artificiais, situados dentro do perímetro urbano; II. 50m (cinquenta metros) para os cursos d'água que tenham de 10m (dez metros) a 50m (cinquenta metros) de largura, para o redor das nascentes , ainda que intermitentes, nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica e ao redor de lagos e lagoas naturais com até 20ha (vinte hectares) de superfície, em zona rural;

Parágrafo Único: Nas **faixas marginais ribeirinhas** poderão ser instaladas **vias urbanas** que exerçam a função de limite físico de contenção do avanço da urbanização sobre os recursos hídricos, inclusive atracadouros para apoiar o transporte hidroviário coletivo ou atividades pesqueiras, desde que licenciados pelos órgãos ambientais competentes.

Art. 43 As Áreas de Especial Interesse Ambiental de Verdes Urbanos (AEIA Tipo II) se dividem nas seguintes categorias e sub-categorias:

I. Áreas Verdes Públicas:

- a) Parques públicos;
- b) Praças, jardins e logradouros públicos;
- c) Áreas ajardinadas e arborizadas de equipamentos públicos.

II. Áreas Verdes do Sistema Viário

III. Parques Ecológicos

IV. Áreas Verdes Particulares:

- a) Áreas com vegetação nativa secundária em estágios médio e avançado de regeneração;
- b) Chácaras, sítios e glebas;
- c) Clubes esportivos sociais;
- d) Clubes de campo;
- e) Áreas de reflorestamento.

§1ª As Áreas Verdes do **Sistema Viário** são as áreas **ajardinadas e arborizadas** integrantes do sistema viário.

§2º Os **Parques Ecológicos** são porções do território municipal de domínio público ou privado, nas quais se pretende resguardar atributos excepcionais da natureza, conciliando a proteção integral da flora, da fauna e da paisagem natural, com a utilização para **objetivos educacionais, de lazer e recreação**.

Art.44 Nas Áreas de Especial Interesse Ambiental de Verdes Urbanos (AEIA Tipo II) **não** serão permitidos:

- I. O parcelamento para fins urbanos;
- II. As atividades de terraplanagem, mineração, drenagem, escavação, desmatamento e outros que venham a causar danos ou degradação do meio ambiente, perigo para a população ou para a biota;
- III. O exercício de atividades capazes de provocar uma acelerada erosão das terras, acentuado assoreamento das coleções hídricas, ou ambos;
- IV. Instalação de indústrias ou outras atividades potencialmente poluidoras;
- V. O exercício de atividades que ameacem extinguir as espécies raras da biota regional.

Fonte: PD Guarantã do Norte, Título II – Do ordenamento territorial, capítulo V – Das Áreas de Especial Interesse, seção IV, 2011.

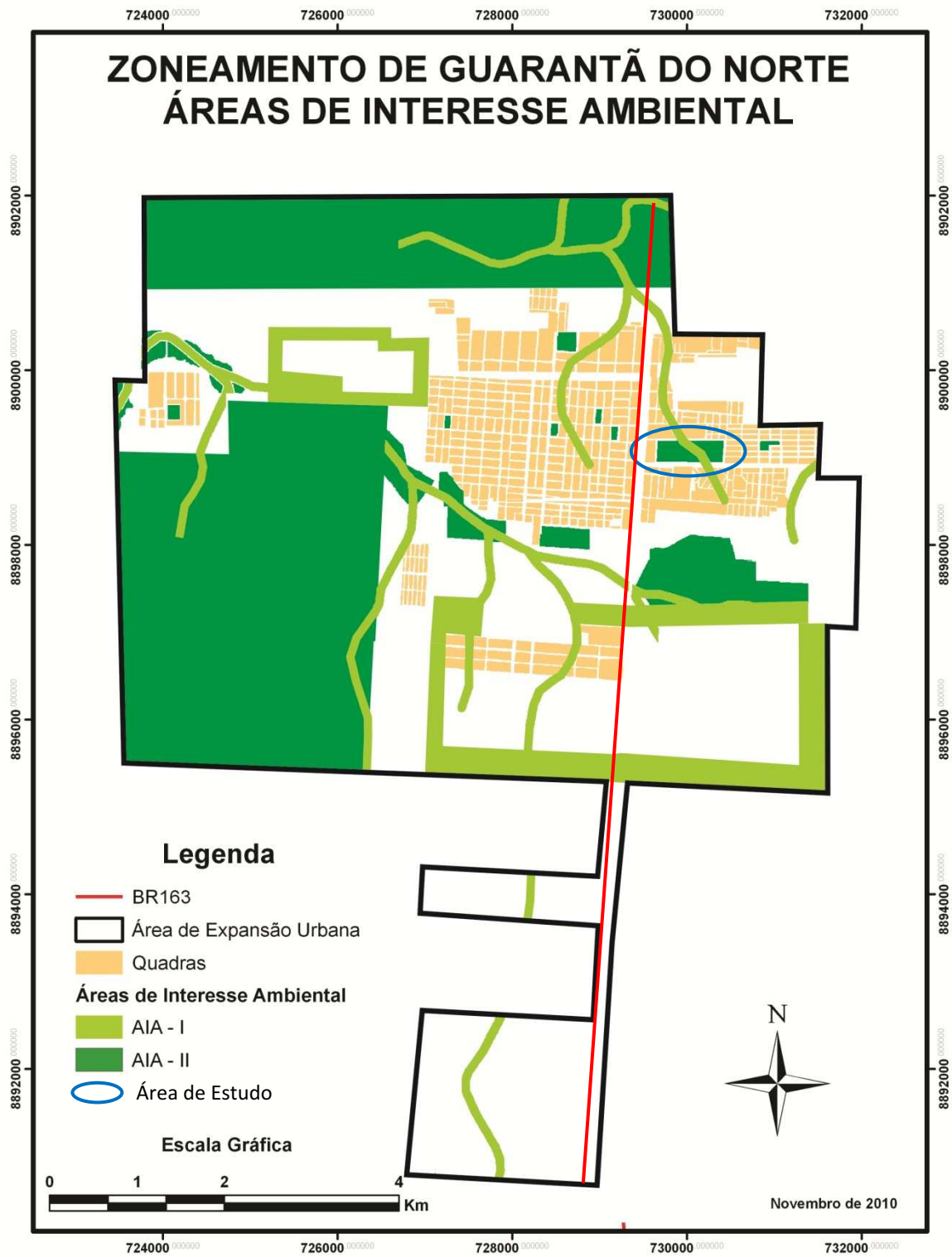


Figura 6.4 – Zoneamento e Áreas de Interesse Ambiental de Guarantã do Norte

Fonte: Plano Diretor de Guarantã do Norte, 2010.

[PA (P. Urb) 15] - Tipologia do uso do solo (residencial, pública, uso misto, etc):

Segundo o Código de Obras do Município, no capítulo referente às Especificidades das Edificações, o objeto de estudo na escala de lote (Escola Darcy Ribeiro) é classificado como numa de área de uso especial, visto que se destina a atividade de educação e de recreação (Quadro 6.3).

Destacando que, de acordo com o Plano Diretor, o objeto de estudo na escala de vizinhança (o Lago Municipal) se enquadra na Área de Especial Interesse Ambiental (AIEA) – citado anteriormente no PA (P.Urb)14.

Quadro 6.3 – Classificação da tipologia da edificação em estudo em Guarantã do Norte

Das Especificidades das Edificações	
Seção I - Da Classificação das Edificações	
Art.112	<p>As edificações serão classificadas, de acordo com o tipo de atividade a que se destinam, de uso:</p> <p>I - residencial - aquelas que se destinam à habitação permanente ou provisória, podendo ser unifamiliar ou multifamiliar. Inclui-se na categoria: casas, prédios de apartamentos, apart-hotéis, pensionatos, alojamentos, orfanatos, asilos;</p> <p>II - comercial - as destinadas à venda de mercadorias;</p> <p>III - industrial - as destinadas à extração, beneficiamento, transformação, montagem, guarda de matérias primas ou de mercadorias;</p> <p>IV - de serviço - as destinadas às atividades de serviços à população e de apoio às atividades comerciais e industriais;</p> <p>V - <u>especial</u> - aquelas que se destinam às <u>atividades de educação</u> e saúde, além de locais de reunião como as edificações para cultos religiosos, recreação e cultura;</p> <p>VI - misto - aquelas que reúnam mais de um tipo de uso.</p>

Fonte: Código de Obras de Guarantã do Norte, CAPÍTULO IV - Das Especificidades das Edificações, 2011.

[PA (P. Urb) 16] - Densidade e tipologia dos edifícios:

Segundo o artigo 15 do PD de Guarantã do Norte, o objeto de estudo situado na Zona Urbana em Consolidação (ZUEC), caracteriza-se por uma região de densidade construtiva média a baixa, com capacidade de adensamento, onde:

- Observou-se que atualmente a região se distingue, em sua maioria, com edifícios de 1 pavimento.

A tipologia dos edifícios empregada neste parâmetro [PA (P.Urb) 16] do BLUE Plan pode ser utilizada como uma segunda opção para aferir a densidade populacional de um local, ou mesmo, verificar se este se distingue do exposto na lei de uso e ocupação do solo daquele município. Neste caso de uma escola e do Lago municipal, pode ser valer de valores como:

- Escola - Número de estudantes (turno e dia);
- Parque do Lago Municipal – número médio estimado de visitantes por dia.

Ainda, quanto a questão do gabarito (número de pavimentos), pode-se observar na tabela 6.2 que é permitido na ZUEC construir até 4 pavimentos.

[PA (P. Urb) 18] - Normas construtivas e urbanísticas local:

Expõe-se nos quadros 6.4, 6.5 e 6.6 a seguir os parâmetros urbanísticos para uso e ocupação do solo da cidade de Guarantã do Norte, estabelecidas pelo Plano Diretor Municipal e pelo Código de Obras.

Quadro 6.4 - Parâmetros urbanísticos de ocupação do solo de Guarantã do Norte

CAPÍTULO VI - Do Parcelamento, do Uso e Ocupação do Solo	
SEÇÃO III – Da Ocupação do Solo na Macrozona Urbana	
Art. 64	São parâmetros urbanísticos reguladores da ocupação do solo: I. Coeficiente de aproveitamento; II. Taxa de ocupação; III. Afastamentos – recuos frontal, laterais e posterior; IV. Número máximo de pavimentos.
Art. 65	Os parâmetros urbanísticos para a Macrozona Urbana são aqueles definidos na Tabela “ Parâmetros para uso e ocupação do solo na Macrozona Urbana ”, constante no Anexo VIII.
Art.66	Será admitida taxa de ocupação de 75% nos dois primeiros pavimentos e de 50% nos pavimentos superiores na AEIC, nas Vias Estruturais e nas Vias Principais, para usos não residenciais e mistos.
Art.67	O afastamento nas vias será de no mínimo 4,0 metros para edificações residenciais e 5,5 metros para edificações não-residenciais, ressalvadas as disposições expressas no Código de Obras do Município.

Fonte: Plano Diretor de Guarantã do Norte, Título II – Do ordenamento territorial, capítulo VI – Do Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, Seção III, 2011.

Tabela 6.2 – Parâmetros para ocupação do solo na macrozona urbana de Guarantã do Norte

MACROZONA URBANA	USOS		COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO (a)			(b) TAXA DE OCUPAÇÃO MÁXIMA (%)	TAXA DE PERMEABILIDADE (%)	NÚM. MÁX. PAVIMENTOS
			Mínimo	Básico	Máximo			
Zona Urbana Consolidada	Residencial	Unifamiliar	0,30	1,00	1,00	50	25	2
		Multifamiliar	0,30	1,50	3,00	50	25	5
	Não Residencial		0,30	1,50	3,00	50	25	5
	Misto		0,30	1,50	4,00	50	25	5
Zona Urbana em Consolidação	Residencial	Unifamiliar	0,30	1,00	1,00	50	25	2
		Multifamiliar	0,30	1,50	2,00	50	25	4
	Não Residencial		0,30	1,50	1,50	50	25	4
	Misto		0,30	1,50	3,00	50	25	4
Zona Urbana de Expansão	Residencial	Unifamiliar	0,40	1,00	1,00	50	25	2
		Multifamiliar	0,40	1,50	2,00	50	25	4
	Não Residencial		0,40	1,00	1,50	50	25	4
	Misto		0,40	1,50	3,00	50	25	4

Fonte: Anexo III do Plano Diretor de Guarantã do Norte, 2011.

Legenda: (a) Coeficiente de aproveitamento – é o índice que se obtém dividindo a área construída pela área total do lote.

(b) Taxa de ocupação - o índice que se obtém dividindo a área correspondente a projeção horizontal da construção (pavimento térreo) pela área total do lote, não sendo considerada a projeção de beirais e marquises.

Observações: (i) Área construída - a soma das áreas de todos os pavimentos de uma edificação.

(ii) Área não computável - Área construída não considerada para efeito do cálculo do coeficiente de aproveitamento, tais como: pergolados, beirais, caramanchões, guaritas, garagens, depósitos de lixo, depósitos de gás; casas de máquinas e subestações.

Quadro 6.5 – Parâmetros de construtivos das edificações em Guarantã do Norte

Das Condições Gerais relativas às Edificações

Seção XV - Da Ocupação dos Lotes

Art.108 Toda construção edificada em lote de esquina, deverá ter, obrigatoriamente, um triângulo livre de 1,50m (um metro e cinquenta centímetros) em cada cateto, do alinhamento predial. Neste canto morto triangular, poderá ser fixado um gradil que dará obrigatoriamente, total visibilidade aos automóveis nas esquinas.

Art.109 A taxa de ocupação, o coeficiente de aproveitamento, a taxa de permeabilidade do terreno e o número de pavimentos das edificações devem observar os valores máximos dispostos no Plano Diretor Participativo.

Art. 110 As edificações em geral, exceto as indústrias e as edificações comerciais, devem estar afastadas das divisas do terreno, de acordo com as seguintes disposições:

I - o recoo frontal não deve ser inferior a 5,00m (cinco metros);

II - a soma dos afastamentos (recoos) laterais não deve ser inferior a 4,00m (quatro metros);

III - o recoo no fundo do lote não deve ser inferior a 3,00m (três metros), exceto em casos de edificação com edícula.

§1º É permitida a construção de edícula na divisa dos fundos do terreno, devendo esta ter afastamento de 3,00m (três metros) da edificação principal.

§2º É permitido que as edificações de residências unifamiliares e edificações comerciais estejam coladas numa das divisas laterais do terreno, desde que não se abra nessa parede nenhum vão.

Seção XVI - Das Áreas Não Computáveis na Taxa de Ocupação e Coeficiente de Aproveitamento do Terreno

Art.111 Para fins de cálculo da taxa de ocupação e do coeficiente de aproveitamento permitidos para a edificação em legislação específica, serão **desconsiderados** as seguintes obras e elementos construtivos:

I - escadas, quando exclusivamente de emergência;

II - garagens, exceto em edifícios-garagem;

III - varandas e terraços descobertos;

IV - marquises;

V - molduras, elementos decorativos e jardineiras;

VI - elementos construtivos com função exclusiva de proteção à radiação solar;

VII - guaritas, em edifícios industriais;

VIII - compartimentos destinados a abrigar centrais de ar condicionado, subestações, grupos geradores, bombas, casas de máquinas e demais instalações técnicas da edificação que façam parte da área comum;

IX - áreas de lazer descobertas;

X - áreas de serviço descobertas;

XI - caixas d'água elevadas ou enterradas;

XII - subsolos destinados a compartimentos de permanência transitória e sem permanência.

Fonte: Código de Obras de Guarantã do Norte, capítulo III - Das Condições Gerais relativas às Edificações, seção XV, 2011.

Segundo art. 111 do Código de obras de Guarantã do Norte, as tecnologias WSUD propostas neste trabalho não são inseridas na contabilização de taxa de ocupação dos lotes, não havendo, portanto, restrições de regulamentação de uso do solo na escala de lote para implementar tais técnicas.

Quadro 6.6 – Normas construtivas para escolas e estabelecimentos de ensino

Das Especificidades das Edificações

Seção VIII - Das Edificações para Fins Especiais – Escolas e Estabelecimentos de Ensino

Art. 143 As Além das disposições desta Lei e das leis estaduais e federais, as escolas e os estabelecimentos de ensino deverão obedecer às seguintes determinações:

I - a taxa de ocupação das edificações destinadas a escolas do ensino fundamental e médio, ou equivalentes, é de 35% (trinta e cinco por cento), excluídos os pátios cobertos para recreio;

II - as escolas de ensino superior e médio, ou equivalentes, devem ter pátio descoberto e pátio coberto para recreação nas seguintes proporções:

- o pátio coberto, no mínimo, 2/3 (dois terços) da soma da área das salas de aula;
- o pátio descoberto, no mínimo, 2 (duas) vezes a soma da área das salas de aula;

IV - um percentual mínimo de 50% (cinquenta por cento) das salas de aulas deve ser acessível a pessoas com cadeiras de rodas seja por meio de rampas ou elevadores.

Fonte: Código de Obras de Guarantã do Norte, CAPÍTULO IV - Das Especificidades das Edificações, Seção VIII, 2011.

[PA (P. Urb) 19] - Geometria e classificação das vias públicas:

A classificação das vias adotada pelo município de Guarantã do Norte (MT) se distingue ligeiramente da nomenclatura usual, apresentada no capítulo 4 desta pesquisa. Por tal razão, faremos a associação da classificação viária convencional com as das principais vias do entorno da área de estudo em Guarantã do Norte no quadro 6.7.

Quadro 6.7 – Classificação das Vias em Guarantã do Norte

Classificação das Vias em Guarantã do Norte		
NOMENCLATURA CONVENCIONAL	NOMENCLATURA USADA EM GUARANTÃ NORTE	VIAS DO ENTORNO DA AREA DE ESTUDO
Expressa	Estrutural	BR 163
Arterial	Principal	BS107 – Av. Rotary Internacional
Coletora	Coletora	Av. Curitiba
Local	Local	Rua Porto Alegre

Fonte: Elaboração própria, 2011.

Embora a informação cedida pelo órgão de prefeitura de Guarantã do Norte classifica a Av. Curitiba como local, considera-se para fins desta pesquisa que a mesma exerce a função de via coletora, dada sua passagem a usos de tráfego significativo como de escola, hospital, sede da prefeitura, das secretarias municipais, dentre outros.

[PA (P. Urb) 20] - Elementos de desenho urbano e da paisagem urbana:

Enumerar os elementos de desenho urbano segundo a tipologia e escala dos objetos de estudo, é um importante passo realização do procedimento IV (PR.4), referente à análise (espacial) do layout e desenho do sítio.

A classificação do mobiliário urbano apresentado no quadro 6.8 conforme o exposto no Código de Posturas da cidade de Guarantã do Norte para fins de uso em logradouros públicos, também se aplica a outras escalas de abrangência como de lote e de vizinhança, respectivamente, a Escola Darcy Ribeiro e o Parque do Lago Municipal

Quadro 6.8 – Classificação do Mobiliário Urbano

DA COLOCAÇÃO DE MOBILIÁRIOS URBANOS EM LOGRADOUROS PÚBLICOS

Seção I - Disposições Gerais

Art. 113

Considera-se mobiliário urbano os elementos de escala complementares das funções urbanas, localizados em espaços públicos, integrantes da paisagem urbana, tais como abrigo de ônibus, indicador de logradouro público, cabine telefônica, indicador de hora e temperatura, indicador de direção de bairro e local turístico e sanitários públicos.

§ 1º Para efeito desta Lei, o mobiliário urbano classifica-se em:

I - estruturas: conjuntos de dois ou mais elementos, independentes, que se complementam para o desempenho de uma função, podendo ser de suporte, como postes e sinalização vertical de trânsito; acessórios, como caçambas estacionárias de resíduos sólidos, hidrantes; e respirador ou utilitário, como telefones públicos, caixas coletoras de resíduos sólidos e de correios e parquímetros;

II - barracas, cabines e quiosques removíveis: elementos que guardam semelhança com edificação, cuja função é abrigar algum tipo de atividade humana, como abrigos de ponto de ônibus, coretos, cabines policiais, de informação turística e de banco 24 horas;

III - elementos de ordenação: elementos usados para proporcionar conforto, segurança e proteção ao pedestre e ao sistema viário, como bancos, cadeiras, frades, rampas, guarda corpos, cancelas, peitoris, cavaletes, cones e tapumes.

IV - elementos paisagísticos: aqueles que guardam significado simbólico para a cultura da cidade, orientação cívica ou composição da paisagem urbana, como esculturas, monumentos, estátuas, pedestais, arcos, mastros, chafarizes, bicas, jardineiras e canteiros;

V - elementos de lazer: aqueles destinados a funções esportivas e recreativas, como bancos e mesas, bicicletários, equipamentos infantis e esportivos.

Art. 117 Toda execução de serviço ou obra em logradouro público deverá ser previamente autorizada pelo órgão municipal competente.

Parágrafo único. No caso de intervenções que não produzam impactos relevantes, a serem definidas pelo órgão municipal competente, poderá ser exigida apenas comunicação formal.

Fonte: Código de Posturas de Guarantã do Norte, Título III, Capítulo II - Da Colocação de Mobiliários Urbanos em Logradouros Públicos, 2011.

[PA (P. Urb) 21] - Regulação local para dimensão e locação de parques, áreas verdes, praças, espaços públicos, áreas de recreação (lazer) e prática de esportivas:

- Nos quadros a seguir, mostra-se o exposto pela Lei do Plano Diretor e Código de Posturas para o município de Guarantã do Norte no tocante a regulamentação de áreas verdes em calçadas, espaços públicos e de lazer (quadros 6.9, 6.10 e 6.11).

- Verificou-se com o exposto abaixo que as leis de ordenamento territorial ainda não apresentam quantificação das áreas verdes por habitante ou quilômetros quadrados de área urbanizada. Este fato que não favorece ou impõe a implementação de tais espaços, dificultando a preservação de parques na cidade (quadros 6.9, 6.10 e 6.11).

Quadro 6.9 – Normas para canteiros e arborização pública

ÁREAS VERDES DOS CANTEIROS E CALÇADAS

Seção I - Dos Canteiros Ajardinados e Jardineiras

Art. 146 A construção de canteiros ajardinados e jardineiras depende de autorização do órgão municipal competente, a ser solicitada pelo proprietário do imóvel, seu locatário ou possuidor a qualquer título, devendo a população ser incentivada nessa iniciativa.

Art.147 O Município deverá dispor de padrões e especificações para a construção de canteiros ajardinados e jardineiras, observadas as seguintes regras:

- I - Devem estar de acordo com as normas técnicas do código de obras;
- II - Deverão constituir uma faixa contínua ao longo do meio-fio de largura máxima de 1,00 m (um metro);
- III - O passeio deve possuir largura mínima de 3,00 m (três metros);
- IV - Não prejudicar os equipamentos do mobiliário urbano.

Seção III - Da Arborização Pública

Art. 153 O jardinamento e a arborização das praças e vias públicas, bem como a poda, o corte e a derrubada de árvore da arborização pública são atribuições do órgão ou entidade ambiental do Município, devendo a população ser incentivada no plantio de árvores nas vias públicas.

§ 6º Nos logradouros públicos, particulares, ou em qualquer área do Município em que os serviços referidos nos parágrafos anteriores, bem assim projetos de replantio, arborização e/ou reflorestamento sejam necessários e/ou convenientes, o Poder Público dará preferência a projetos que utilizem espécies nativas da região, combinados ou não com espécies frutíferas, visando criar suportes para a vida animal e microclimas, vedada qualquer alteração das áreas assim beneficiadas sem prévio estudo e licença do Poder Público.

Fonte: Código de Posturas de Guarantã do Norte, Título IV – Da Proteção do Meio Ambiente Capítulo I - Das Áreas Verdes, 2011.

Quadro 6.10 – Política Ambiental do Município de Guarantã do Norte

Política de Conservação, Recuperação e Controle do Patrimônio Ambiental e Cultural

SEÇÃO I – Dos Princípios e Diretrizes

Art. 79 A política municipal do meio ambiente visa promover a conservação, proteção, recuperação e o uso racional do meio ambiente, em seus aspectos natural, artificial e cultural, estabelecendo normas, incentivos e restrições ao seu uso e ocupação, visando a preservação ambiental e a sustentabilidade da Cidade, para as presentes e futuras gerações.

Art.80 São diretrizes da Política Ambiental do Município:

V. Implantar Programa Municipal de Arborização Urbana, em especial em áreas de assentamentos habitacionais de baixa renda, logradouros públicos e topos de morros, no âmbito do órgão municipal ambiental competente;

XII. Desenvolver de forma integrada com os órgãos municipais competentes de obras e infraestrutura, de habitação e de ordenamento e controle urbano, Programa de Ação Municipal para Recuperação de Recursos Hídricos, contemplando adequado remanejamento de população ribeirinha em situação de risco, recuperação de mata ciliar e tratamento de efluentes;

Seção II – Da Qualificação Ambiental

Art. 82 A Política de Qualificação Ambiental no Município se articula às diversas políticas públicas de gestão e proteção ambiental, de saneamento, de drenagem urbana, de coleta e destinação de resíduos sólidos e objetiva garantir a todos o direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, regulando a ação do Poder Público Municipal e sua relação com os cidadãos e instituições públicas e privadas.

Art. 83 O objetivo da Estratégia de Qualificação Ambiental é qualificar o território municipal, através da valorização do Patrimônio Ambiental e Patrimônio Cultural, promovendo suas potencialidades e garantindo sua perpetuação, e da superação dos conflitos referentes à poluição e degradação do meio ambiente, saneamento e desperdício energético.

Art. 87 São diretrizes para a Política de Qualificação Ambiental:

I. Proteção e recuperação do meio ambiente, incentivando as ações de educação ambiental e Programas de Recuperação de Áreas Degradadas sem consonância com as ações do Programa da Agenda 21 local e regional;

III. Melhorar as condições climáticas da cidade.

São ações estratégicas da Política de Qualificação Ambiental:

Art.88 V. Recuperar as áreas degradadas pelo desmatamento das APP's – Áreas de Preservação Permanente;

VI. Promover a ampliação e manutenção da arborização pública;

XX. Propor a criação do Programa de Implantação e Manutenção de Áreas Verdes Urbanas, que envolve ações permanentes de implantação e manutenção de parques e praças, de disciplinamento da arborização nos passeios públicos e de criação de incentivos à arborização e ao ajardinamento em áreas privadas;

Fonte: Plano Diretor de Guarantã do Norte, Título III – Da Política Urbano-Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável. Capítulo III - Da Política de Conservação e Controle do Patrimônio Ambiental, 2011.

Quadro 6.11 – Política da Paisagem Urbana e do Uso do Espaço Público

Da Paisagem Urbana e do Uso do Espaço Público	
SEÇÃO I – Da Paisagem Urbana	
Art. 89	<p>A paisagem urbana, entendida como a <u>configuração visual da cidade</u> e seus componentes, resultante da interação entre os elementos naturais, edificados, históricos e culturais, terá a sua política municipal definida com seguintes objetivos:</p> <p>II – promover a qualidade ambiental do espaço público;</p> <p>V – ordenar e qualificar o uso do espaço público;</p>
Art.90	<p>São diretrizes gerais da política de paisagem urbana:</p> <p>V – <u>proteger os elementos naturais</u>, culturais e paisagísticos, permitindo a visualização do panorama e a manutenção da paisagem em que estão inseridos;</p> <p>VII – consolidar e promover a <u>identidade visual do mobiliário urbano</u>, equipamentos e serviços municipais, definindo, padronizando e racionalizando os padrões para sua melhor identificação, com ênfase na <u>funcionalidade e na integração com a paisagem urbana</u>.</p>
Art. 91	<p>Apoiar a elaboração de <u>regulamentação específica para construção das vias de circulação de pedestres e veículos</u>, englobando redes convencionais de serviços de luz, gás, abastecimento de água, serviços de esgoto, telefonia, limpeza urbana e <u>drenagem sustentável</u>, integradas à paisagem edificada nas ZUEC e ZUE.</p>
Seção II – Do Uso do Espaço Público	
Art. 92	<p>A política municipal do uso do espaço público tem como prioridade a melhoria das condições ambientais e da paisagem urbana, com os seguintes objetivos:</p> <p>III – promover a <u>preservação dos espaços públicos livres</u>, que proporcionam à população o contato com ambientes naturais amenizando o ambiente urbano construído;</p> <p>V – proporcionar no espaço público condições de segurança e conforto no deslocamento de pessoas e veículos, <u>priorizando a circulação de pedestres, em especial de pessoas com dificuldades de locomoção</u>.</p>
Art.93	<p>São diretrizes gerais da política de uso do espaço público:</p> <p>I – promover a implantação e adequação da infraestrutura urbana necessária para o deslocamento e convívio da população;</p> <p>II – implementar normas e critérios para a implantação de atividades, <u>equipamentos de infraestrutura de serviços públicos</u>, mobiliário urbano e outros elementos;</p> <p>§1º Consideram-se <u>equipamentos urbanos</u> destinados à prestação de serviços de infraestrutura, entre outros, os equipamentos relacionados com abastecimento de água, serviços de esgoto, energia elétrica, <u>coleta de águas pluviais</u>, dutos para transporte de petróleo e derivados ou de produtos químicos, transmissão telefônica, de dados ou de imagem, limpeza urbana, gás canalizado e transporte.</p>

Fonte: Plano Diretor de Guarantã do Norte, Título III – Da Política Urbano-Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável. Capítulo IV - Da Paisagem Urbana e do Uso do Espaço Público, 2011.

[PA (P. Urb) 22] - Descrição do Sistema de infraestrutura: abastecimento de água, esgoto e drenagem:

- Atualmente, na área de estudo não há pavimentação das vias e nas calçadas nem sistema de esgotamento sanitário;
- Há abastecimento de água potável, porém, há risco com o crescimento da população nas próximas décadas de escassez hídrica no período cíclico de seca na região do Mato Grosso;
- Na Avenida Curitiba já se encontra instaladas tubulações de drenagem no molde da engenharia tradicional em duas das principais vias da bacia urbana.

6.2.4 PROCEDIMENTO IV - Análise do Layout e Desenho do Sítio (PR. 4)

Para realizar o PR.4, faz-se necessário dividir cada objeto de estudo na sua referida escala de análise. Porém, antes disso a figura 6.5 mostrará a planta de situação indicando o contexto no qual se situa a área de estudo. Nesta pode se observar os vários objetos de estudos, como:

- A Escola Municipal Darcy Ribeiro;
- A Av. Curitiba, a Rua Porto Alegre e Av. Rotary Internacional;
- Parque do Lago Municipal.

a) Aplicação do PR4 para Escala de Lote:

No caso brasileiro, a Escola Municipal Darcy Ribeiro em Guarantã do Norte (MT) foi escolhida para aplicação do BLUE Plan na escala de lote. A coleta de dados foi realizada “in loco” em visita e reunião com a diretora da escola. A base digital foi adquirida na secretaria de infraestrutura do município. Mostra-se a seguir os, fotos do local (figura 6.6), valores de área edificada e o programa de necessidades e usos específicos do local no quadro 6.12:

- Área construída: 1.574m²
- Quadra de esportes coberta – área = 1.063m²;

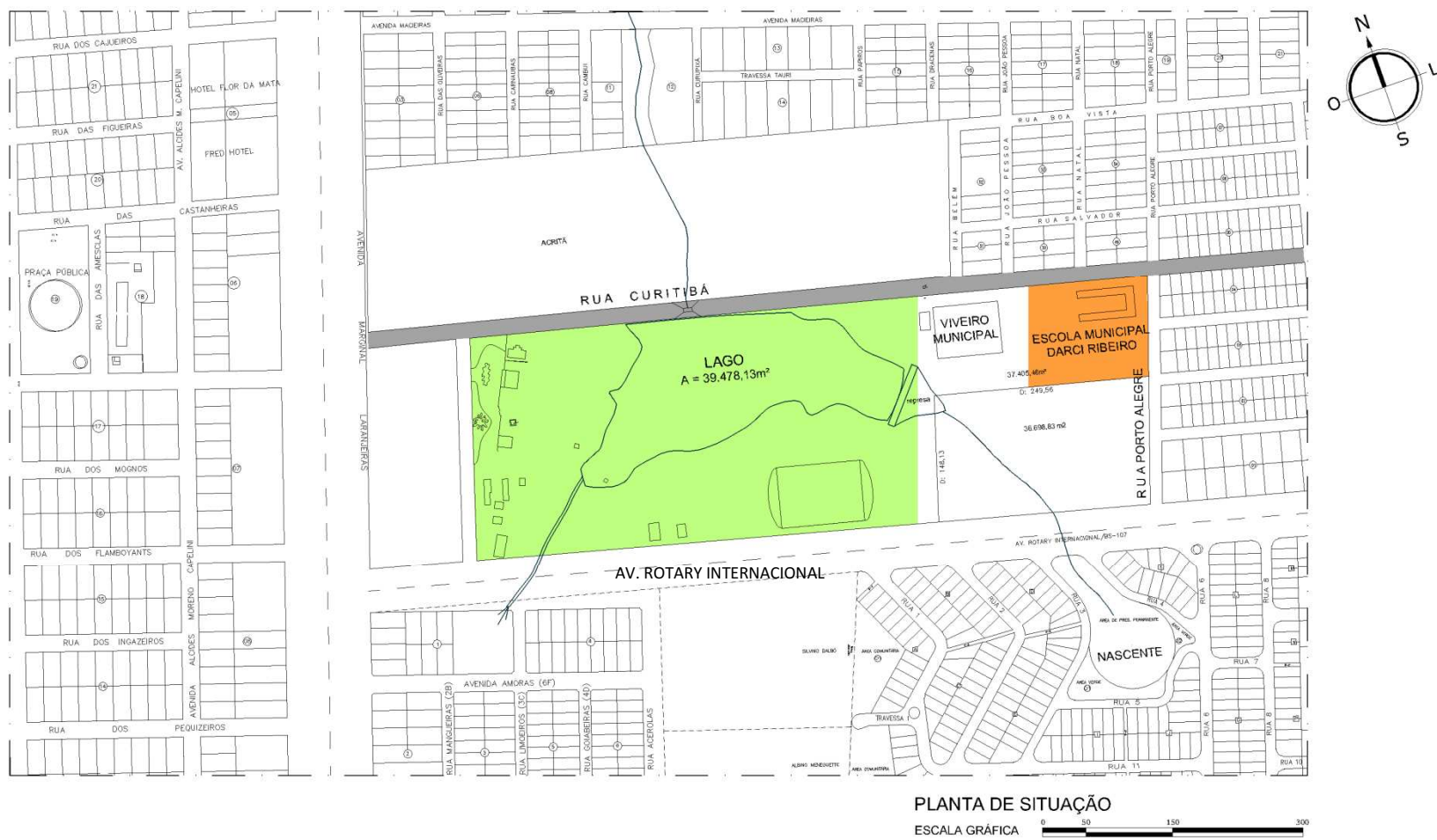


Figura 6.5 – Planta de situação dos objetos de estudo em Guarantã do Norte

Fonte: Elaboração própria com base digital da Secretaria Municipal de Infraestrutura (2011)

Quadro 6.12 - Usos específicos da escola municipal Darcy Ribeiro

Programa de necessidades e usos específicos na área do lote da escola	
Salas de aula	<ul style="list-style-type: none"> - 11 Salas de aula; - 1 Sala de Leitura; - Laboratório de Informática; - Sala de reforço;
Refeitório	<ul style="list-style-type: none"> - cozinha; - despensa; - área de distribuição, área de higienização e área de serviço, - refeitório; - cantina; - 1 wc;
Banheiros	<ul style="list-style-type: none"> - 1 banheiro masculino: 3 lavatórios, 4 vasos sanitários, 4 mictórios e 2 chuveiros; - 1 banheiro feminino: : 4 lavatórios, 6 vasos sanitários, 3 chuveiros; - 3 lavatórios individuais
Administração	<ul style="list-style-type: none"> - Coordenação pedagógica; - Secretaria; - diretoria; - sala dos professores; - 1 wc; Depósito;
Recreação e Atividades físicas	<ul style="list-style-type: none"> - Playground; - Pequeno pátio coberto; - Gramado no recuo frontal – área de lazer - Quadra de esportes coberta - Quadra de vôlei de praia; - Área de recreação gramada (entre as quadras de esportes)
Educação ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Horta;
Serviços de Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> - Lixo, gás, sumidouro, fossa séptica (existente); - Reservatório d'água elevado (existente);

Fonte: Secretaria Municipal de Infraestrutura de Guarantã do Norte, 2011.



Figura 6.6: Fotos da Escola Darcy Ribeiro

Fonte: Foto Riane Nunes, 2011.



Figura 6.7: Vista da quadra de esportes e dos corredores das salas de aula da escola Darcy Ribeiro

Fonte: Foto Riane Nunes, 2011.

A figura 6.6 mostra uma vista externa e do corredor interno das salas de aula da Escola Municipal Darcy Ribeiro, com visão da cozinha e refeitório ao fundo. Já a figura 6.7 mostra a quadra de esportes (ao fundo), a área gramada de recreação, e outra vista interna dos corredores das salas de aula.

b) Aplicação do PR4 para Escala de Vias Públicas:

Para efeito de melhor continuidade do projeto, optou por aplicar o BLUE Plan na escala de vias públicas nas mesmas ruas onde se situa a Escola Darcy Ribeiro em Garantã do Norte (MT), são elas: Avenida Curitiba e Rua Porto Alegre. Para análise espacial das respectivas ruas, apresenta-se na tabela 6.3 sua geometria e seus componentes e as fotos registradas na figura 6.8.



Figura 6.8: Vista da Avenida Curitiba e da Rua Porto Alegre.

Fonte: Riane Nunes, 2011.

Tabela 6.3 – Geometria das vias selecionadas para Guarantã do Norte

Geometria das vias selecionadas para Guarantã do Norte		
ELEMENTOS DE DESENHO DA VIAS	Av. CURITIBA	RUA PORTO ALEGRE
Calçadão	6,0	6,0
Calçadas	2 x (4,0m)	2 x (2,5m)
Ciclovía	1,50m	1,50m
Pista de Rolamento	7m	6m
Faixa de Estacionamento	2,5m	0
Canteiros centrais e laterais	0	0
Largura total	25m	18,5m

Fonte: Elaboração própria, 2011.

Para cumprimento do PR.4 quanto à análise do layout e desenho do sítio, é importante destacar os seguintes aspectos observados no local:

- As duas ruas dispõem de um calçadão de 6m, além da calçada em ambos os lados da via. Este aspecto é de grande valia, tanto para os estudantes da Escola Darcy Ribeiro, quanto ao espaço disponível para se implementar as tecnologias WSUD;
- A Avenida Curitiba e a Rua Porto Alegre somente dispõem hoje de um calçadão e de pista de rolamento, ambos sem pavimentação. Neste caso, a falta de infraestrutura é considerada uma vantagem, pois a pavimentação e desenho da via pode ser realizado em conjunto com os sistemas de drenagem WSUD;
- Há arborização recentemente plantada, porém há dúvidas quanto à eficiência da espécie escolhida para melhoria do microclima local;
- Únicos equipamentos urbanos presentes nas ruas são telefone público e postes;

Obedecendo ao Código de Posturas do município, recomenda-se que seja implementado no local os seguintes equipamentos e elementos de mobiliário urbano, exposto no quadro 6.13.

Quadro 6.13 – Proposta para elementos de desenho urbano em vias pública de Guarantã do Norte

Proposta para mobiliário urbano das vias públicas em Guarantã do Norte	
Elementos de desenho urbano com sistema WSUD	Arborização adequada para melhorar microclima local e tratamento do escoamento superficial (<i>runoff</i>);
	Jardineiras e canteiros;
	Vagas para estacionamento (com sistemas de infiltração e biorretenção);
	Bancos;
	Abrigo de ponto de ônibus;
	Calçadas verdes (passeios com faixas ou valas vegetadas)
Equipamentos Urbanos	Hidrantes;
	Bicicletários;
	Caixa de correios;
	Caixas para coleta seletiva (lixeiras para resíduos sólidos orgânicos e recicláveis);
	Sinalização de trânsito para segurança das crianças e deficientes

Fonte: Elaboração Própria, 2011.

c) Aplicação do PR4 para Escala de Vizinhança:

Para aplicação do BLUE Plan na escala de vizinhança foi escolhido à área referente ao Lago Municipal. O local tem uso previsto para um parque para cidade com atividades de lazer e esporte e de preservação ambiental. No entanto, o projeto ainda não tem data para iniciar sua execução, sendo o local hoje somente um alagado abandonado, sem nenhum uso, atrativo paisagístico e de proteção ao ecossistema (figura 6.9).

Portanto, esta pesquisa propõe-se a incorporar no programa de necessidades do Parque do Lago, os princípios WSUD em gestão de águas pluviais, além de outras atividades com voltadas para educação cultural e ambiental dos moradores. Essa proposta está apresentada no quadro 6.14.

Ainda, durante o andamento do processo de aprovação, foi proposto o enquadramento na legislação do Plano Diretor de Guarantã Norte para o Lago e sua nascente. O resultado destas propostas pode ser visto nas figuras 6.10 e 6.11.



Figura 6.9 – Vistas do local destinado ao Parque do Lago e do córrego da nascente (à direita) em Guarantã do Norte.

Fonte: Fotos Riane Nunes, 2011.

Quadro 6.14 – Proposta para equipamentos urbanos para o Parque do Lago em Guarantã do Norte

Proposta para equipamentos urbanos para o Lago Municipal de Guarantã do Norte	
Elementos de desenho urbano incorporados nos Princípios WSUD	Arborização adequada para melhorar microclima local;
	Jardineiras e canteiros com sistemas de drenagem WSUD;
	Vagas para estacionamento com sistemas de drenagem WSUD;
	Bancos;
	Abrigo de ponto de ônibus;
	Calçadas verdes
Equipamentos Urbanos	1ª Oficina de Educação Ambiental (Reciclagem, conservação de água e energia)
	2ª Oficina de Educação Ambiental (Horta, Reflorestamento, compostagem, etc)
	Arena para eventos culturais
	Calçadão para caminhada e Corrida
	Bicicletários, ciclovia (em torno do lago);
	Playground;
	Brinquedoteca
	Biblioteca e sala de Leitura
	Caixas de coleta seletiva
	Hidrantes e sistema de incêndio (água de reúso);
Quadra de Esportes (futebol, vôlei e futebol de areia, pista de skate)	
	Setor Administrativo

Fonte: Elaboração Própria, 2011.



Figura 6.10 – Proposta para incorporação no Plano Diretor de Guarantã do Norte (MT) – Recorte 1 do Microzoneamento.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

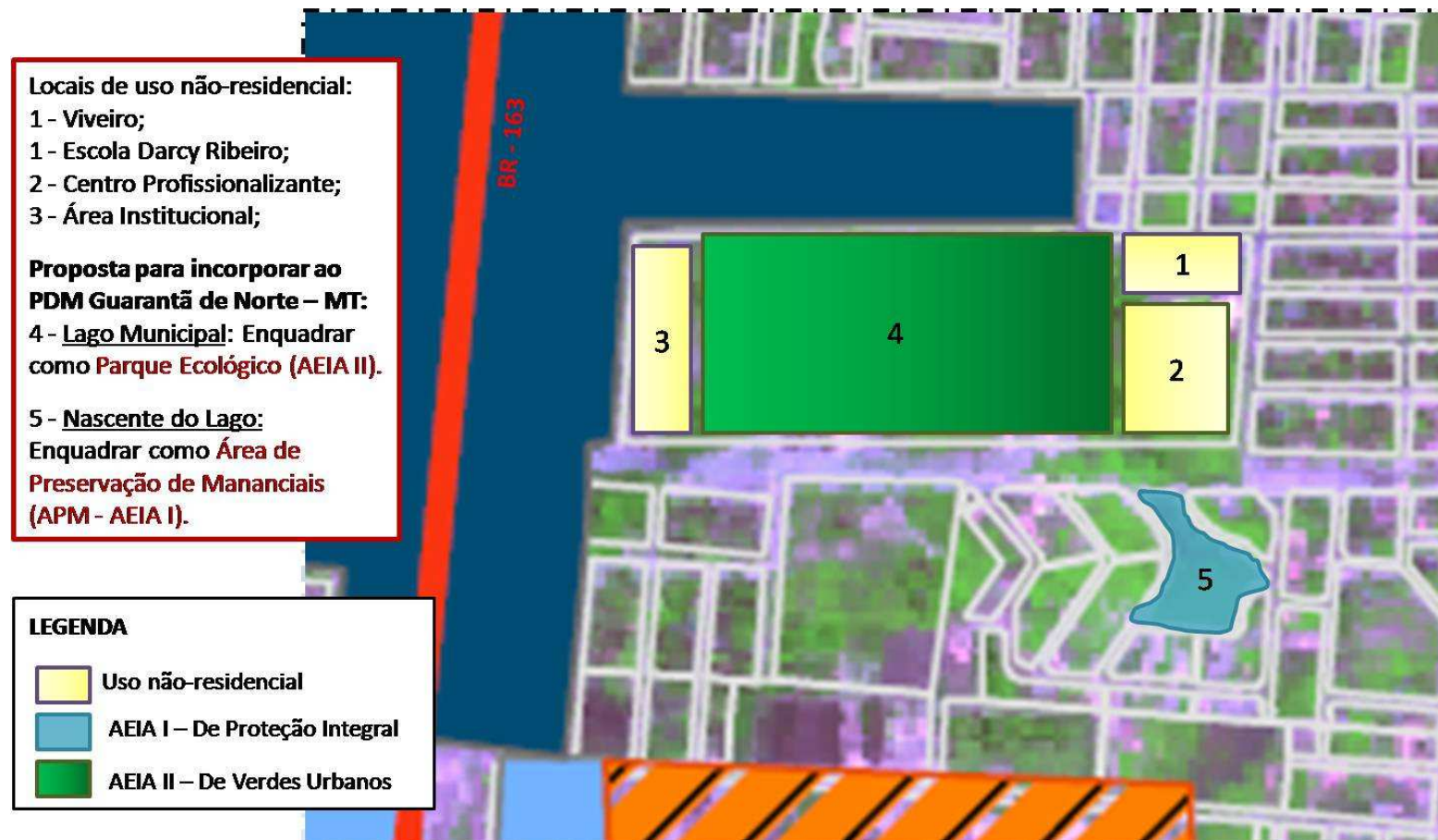


Figura 6.11 – Proposta para incorporação no Plano Diretor de Guarantã do Norte (MT) – Recorte 2 do Microzoneamento.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

6.2.5 PROCEDIMENTO V - Oportunidades e Limitações para Implantação das Tecnologias WSUD (PR.5)

O PR.5 deve ser realizado com base nas recomendações do Estágio 1 do BLUE Plan, em especial, nos parâmetros de design das tecnologias WSUD apresentadas no quadro 4.2 do capítulo 4 desta pesquisa.

Lembra-se que o auxílio do trabalho de um engenheiro da área de drenagem urbana se faz fundamental nesta etapa, para avaliar a viabilidade técnica das práticas WSUD em gestão de águas pluviais. Para tal, este procedimento (PR.5) serve para realizar uma pré-seleção das tecnologias de drenagem segundo as características da bacia urbana em estudo.

[PA (WSUD) 1] - A primeira recomendação dada a qualquer estudo está presente no parâmetro 1 do quadro 4.2, que deve ser a definição do objetivo a que deseja alcançar com a implementação da tecnologia WSUD. Para o caso da cidade de Guarantã do Norte (MT) assumi-se que as tecnologias devem ter a função:

- Tratamento do escoamento superficial para proteção da qualidade da água do lago, da nascente e dos rios contribuintes;
- Captação, tratamento, armazenamento e reúso para fins não-potáveis na Escola Darcy Ribeiro;
- O lago como bacia de retenção para fins ornamentais de valorização estética do parque urbano, melhoria do microclima urbano, e como um dos elementos de projeto de um parque urbano;
- Uso das tecnologias WSUD associadas com árvores e vegetação específica (para adequado tratamento) para melhoria do microclima urbano;
- Prevenção de futuros alagamentos a jusante da bacia hidrográfica e aumento do escoamento superficial (*runoff*) nas vias públicas.

[PA (WSUD) 2] – verificar a adequação das tecnologias WSUD para as três escalas de projeto proposta:

- Escala de lote: as mais recomendadas são os sistemas de biorretenção, valas vegetadas, trincheiras e cisterna de chuva;

- Escala de vias públicas: as mais recomendadas e usualmente utilizadas na são os sistemas de biorretenção, valas vegetadas, trincheiras de infiltração. As tecnologias de gradeamento, filtro de área podem também ser indicadas em alguns casos;
- A técnica de pavimento permeável (e/ou poroso) não é indicada em virtude das condições climáticas da região que leva a um alto risco de obstrução, diminuição da eficiência e vida útil desta técnica;
- Para ambas escala de projeto (lote e vias) – pode ser incorporado outro projeto WSUD numa de escala de vizinhança com sistemas combinados de forma sequenciada (“*treatment train*”, termo em inglês), no qual podem interligar as técnicas previamente citadas como as tecnologias de bacias de sedimentação, alagados construídos (*wetlands*) e, ao final, bacias de retenção (a exemplo do lago municipal).

[PA (WSUD) 8] – aspectos da bacia hidrográfica urbana são essenciais para bom desempenho das tecnologias WSUD, como:

- Sistemas biorretenção somente podem ser usados em áreas planas, relevos com declividade acima de 4% não são adequados;
- Averiguar as características do solo – solo com baixa capacidade de infiltração são deve ser implementado valas, trincheiras e outros sistemas de infiltração;
- O Brasil ainda não tem experiência laboratorial com testes sobre as espécies nativas mais adequadas para os sistemas vegetados (alagados construídos, sistemas de biorretenção, etc), fato que pode ser um fator limitante significativo para uso destas tecnologias.

[PA (WSUD) 10] – Infraestrutura presente (ou não) no sítio urbano também deve ser averiguada:

- Os bairros de Novo Horizonte e Jardim Vitória não possuem pavimentação e a infraestrutura instalada em suas vias públicas, este fato é um aspecto favorável a inclusão das tecnologias WSUD ainda na fase de projeto;
- A escola Darcy Ribeiro já se encontra em funcionamento há muitos anos, no entanto, o lote ainda dispõe de bastante área livre e de solo permeável (em alguns locais) para adequação das tecnologias;

- Além disso, a área coberta da escola (telhado) é um elemento a ser considerado para ser incorporado na proposta como área de captação da água da chuva;
- A cidade de Guarantã do Norte dispõe de situação favorável, dado seu estágio de desenvolvimento, para iniciar um adequado mapeamento do subsolo urbano, registrando a infraestrutura instalada e aspectos particulares do solo para futura análise.

[PA (WSUD) 11] – As barreiras institucionais relativas à capacitação, consciência ambiental, recursos humanos e financeiros podem ser um fatores limitantes para desenvolvimento e implementação de um projeto nos moldes WSUD nesta cidade.

Ressalta-se que a escolha definitiva da técnica somente poderá ser efetuada após o PR.7 (seleção das potenciais tecnologias WSUD), mediante a análise em detalhes de todos os parâmetros WSUD do quadro 4.2. Deve-se também fazer uso de modelagem hidrológica (softwares como MUSIC, Stormnet, etc) usando os dados da área impermeabilizada da bacia, índice pluviométrico, dentre outros elementos, para simular a eficácia do design do sistema WSUD proposto.

6.2.6 PROCEDIMENTO VI - Critério de Área Legal e Útil do Sítio (PR.6)

O procedimento 6, referente ao critério de área legal e útil do sítio, teve aplicações distintas para a escola Darcy Ribeiro, para a Avenida Curitiba e para o Parque do Lago Municipal, segundo os parâmetros de cada escala do BLUE Plan (explicados anteriormente nos itens 4.4, 4.5 e 4.6 do capítulo 4).

a) Resultados do PR.6 para Escala de Lote:

As faixas percentuais propostas para o município de Guarantã do Norte foram calculadas com base na legislação do Plano Diretor Municipal, no qual atribui o valor máximo da Taxa de Ocupação de 50% e da Taxa Mínima de Permeabilidade de 25% para área total do lote (tabela 6.4).

Ainda, é válido lembrar que existem áreas construídas que não são computáveis, nos Plano Diretores em geral, no cálculo do Coeficiente de Aproveitamento do Lote, tais como: pergolados, beirais, caramanchões, guaritas, garagens, depósitos de lixo, depósitos de gás; casas de máquinas e subestações. Porém, estes elementos devem ser considerados no BLUE Plan, principalmente no PR.4 durante a análise do layout do sítio, pois em alguns casos a localização e o espaço físico ocupado por estes elementos pode até inviabilizar o emprego de alguma tecnologia WSUD.

Tabela 6.4 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil do Sítio

Potencial Área para Inserção das Tecnologias WSUD			
CRITÉRIO PARA ESCALA DE LOTE	BAIXA DENSIDADE	MÉDIA DENSIDADE	ALTA DENSIDADE
Faixa Padrão Mundial	20%-50%	20%-40%	20%-30%
Guarantã do Norte	25%-50%	25%-40%	25%-30%

Fonte: Elaboração própria, 2011.

Embora, tenha-se realizado o cálculo do PR.6 para os três tipos de densidade, a cidade de Guarantã do Norte dispõe-se atualmente somente de zonas urbanas com baixa densidade populacional (tabela 6.4).

b) Resultados do PR.6 para Escala de Vias Públicas:

De acordo com exposto no capítulo 4, o *Critério de Área Legal e Útil* (PR.6) para escala de vias públicas, a técnica de pavimento poroso foi analisada em separado em relação às demais tecnologias WSUD. Esta escolha se deve ao amplo potencial de aplicação destas tecnologias nesta escala de projeto, mais especificamente nas calçadas das vias.

No caso da Av. Curitiba em Guarantã do Norte, classificada como uma via coletora, a faixa percentual encontrada foi calculada com base na proporção da

largura da calçada (+ calçadão) em relação à largura total da via. Já o cálculo para as demais tecnologias é dado pela proporção da soma dos demais elementos da via (ex. faixa de estacionamento, canteiros, além da calçada, com exceção da pista de rolamento) em relação à largura total da rua. Ainda, no cálculo destas áreas é contabilizado o espaço requerido para mobiliário urbano sendo, portanto, não contabilizado somente a área total desde elementos da via, mas sim a metade e a quarta parte da largura destes.

Lembrando o desenho padrão das calçadas em Guarantã do Norte dispõe dimensões de largura de 4 metros, fato que oferece a viabilidade de espaço físico para emprego de tais de drenagem WSUD. Em especial, a geometria da Av. Curitiba ainda agrega um calçadão de 6 metros. Estes aspectos conferem ao município faixas percentuais um pouco acima da média, conferindo ao sítio situação bastante positiva e favorável para implementação de tais sistemas (tabela 6.5).

Tabela 6.5 – PR.6: Critério de Área Legal e Útil para escala de vias públicas

Potencial Área para Inserção das Tecnologias WSUD - Caso Brasileiro	
AV. CURITIBA - GUARANTA DO NORTE	CRITÉRIO PARA ESCALA DE VIA COLETORA
Tecnologias WSUD	12%-26%
Pavimento Poroso	10%-20%

Fonte: Elaboração própria, 2011.

c) Resultados do PR.6 para Escala de Vizinhança:

Conforme o Critério de Área Legal e Útil para escala de vizinhança, cada caso deve ser analisado em particular de forma a aferir a viabilidade legal de uso do espaço disponível para fins de drenagem, perante o órgão responsável da prefeitura. Assim, no caso específico da cidade de Guarantã do Norte não foi notado nenhum impedimento de ordem legal para implementação de sistemas de drenagem em espaços públicos, em especial para a localidade do Parque do Lago.

Embora a legislação urbanística municipal não possua padrões mensuráveis de área verde em zonas urbanas (por habitante ou por quilômetro quadrado), pode-se afirmar que não deve haver restrições de espaço para emprego das tecnologias WSUD no local.

Contudo, não é possível ainda propor uma faixa percentual específica de área útil e potencialmente disponível para emprego de tais práticas visto que os usos e equipamentos (de área edificada) planejados para comunidade se encontram em fase preliminar de projeto.

6.2.7 PROCEDIMENTO VII - Seleção das Potencias Tecnologias WSUD (PR. 7)

Após a compilação da informação de todos os procedimentos pode finalmente sugerir as tecnologias mais adequadas para o caso da cidade de Guarantã do Norte. Assim, constatou-se que o município de Guarantã do Norte tem um prolongado período de estiagem (junho a dezembro) onde o solo fica extremamente seco, havendo grande quantidade de material em suspensão (poeira). Assim, em virtude das condições climáticas não favoráveis, não se recomenda o uso da tecnologia pavimento poroso, visto que durante estação seca tais sistemas serão facilmente obstruídos, diminuindo sua eficiência e vida útil.

Contudo, observou-se que as técnicas de valas vegetadas e sistemas de biorretenção (biofiltros ou *raingardens*) como as melhores opções para qualquer escala de projeto, ou seja, que podem ser aplicadas tanto na escola, como nas vias públicas e na área do Parque municipal. Para melhor visualização dos resultados do PR.7, pode-se observar a tabela 6.6.

a) Resultados do PR.7 para Escala de Lote:

Para o caso da escola municipal Darcy Ribeiro em Guarantã do Norte, as quatro tecnologias mais indicadas são, conforme apresentado na figura 6.12 e na tabela 6.6:

- Vala Vegetada;
- Sistemas de biorretenção;
- Cisterna de chuva de superfície;
- Trincheira de Infiltração.

De acordo com exposto na proposta da figura, sugere-se a implementação de um sistema de calhas para coletar a água da chuva (tanto do telhado da escola como da quadra de esportes) e conduzi-la para os biofiltros para tratamento desta água e posterior armazenamento nas cisternas. Durante o período de estação chuvosa, esta água poderá ser reutilizada para a lavagem diária do piso da escola. No período de estação seca, indica-se o uso da água para irrigação da área gramada, árvores, da horta e do playground (figura 6.13a). Para combater os diversos locais onde o solo da escola está erodido, sugere-se duas opções: as valas vegetadas e trincheiras de infiltração (figura 6.13b).



(a)



(b)

Figura 6.13 – Potenciais áreas da escola para aplicação das tecnologias WSUD e reúso da água pluvial pós-tratamento.

Fonte: Fotos Riane Nunes, 2011.

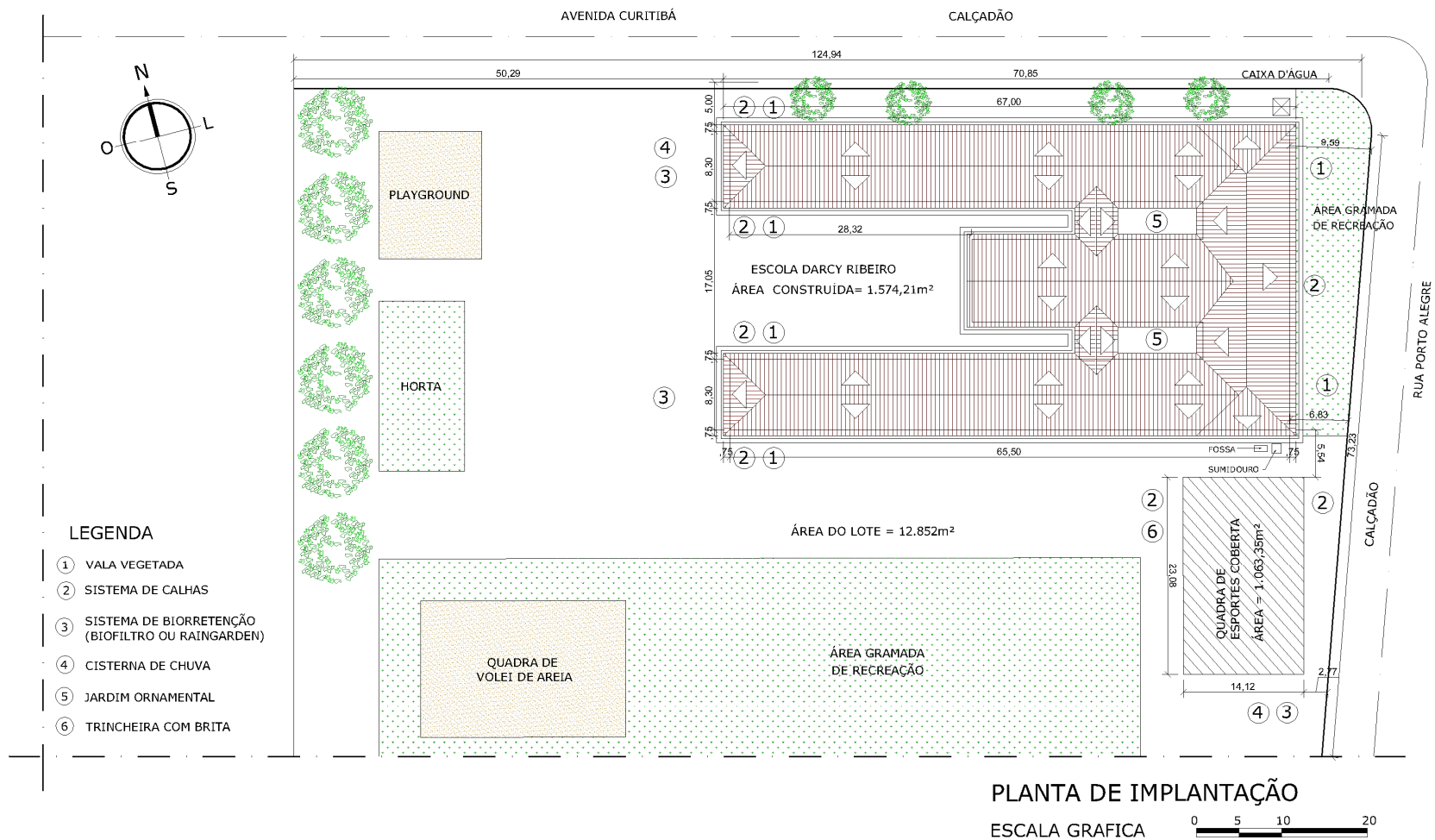


Figura 6.12 – Tecnologias WSUD propostas para Escola Darcy Ribeiro em Guarantã do Norte

Fonte: Elaboração própria com base digital da Secretaria Municipal de Infraestrutura (2011)

Ainda, na área descoberta (figura 6.12, legenda 5) atualmente sem uso, onde se observou a presença de alagamento e erosão, recomenda-se a construção de um jardim ornamental com brita grossa, grama e plantas nativas adaptadas ao solo e resistentes as alterações climáticas (figura 6.14).



Figura 6.14: Local indicado para recuperação com jardim ornamental.

Fonte: Administração da escola Darcy Ribeiro, 2011.

Tabela 6.6 – PR.7: Seleção das tecnologias WSUD para o caso Brasileiro

Resumo das proposta BLUE Plan para Guarantã do Norte – MT			
WSUD Technologies	ESCALAS		
	Lote (Escola)	Vias Públicas	Vizinhança (Parque do Lago Municipal)
1. Gradeamento	—	○	○
2. Bacias de Sedimentação	□	□	●
3. Vala Vegetada	●	●	●
4. Sistemas de Biorretenção	●	●	●
5. Filtro de Areia	—	○	○
6. Wetland	○	□	●
7. Bacia Detenção/Retenção	□	□	●
8. SI – Sistemas de Infiltração (poços, trincheiras e valas)	●	○	○
9. SI - Pavimento Poroso	—	—	—
10. Cisterna de Chuva de Superfície	●	—	●
11. Cisterna de Chuva de Enterrada	○	—	●
12. Recuperação de Aquífero	—	—	●
13. Telhados Verdes	●	—	○

Legenda: Melhor opção ●; Aplicável ○; Aplicável off-line □; Não- aplicável —

Fonte: Elaboração própria, 2011.

b) Resultados do PR.7 para Escala de Vias Públicas:

A geometria das ruas de Guarantã do Norte é parâmetro favorável tanto para implantação das tecnologias WSUD, quanto para infraestrutura urbana. A cidade possui, em sua maioria, calçadas largas (média de 4m de largura) no qual fornece ampla potencial para instalação de tais tecnologias, como também para investimento em ciclovias, arborização, transporte público e mobiliário urbano, conforme a demanda futura.

A Avenida Curitiba dispõe de um largo calçadão de 10m no qual é possível implementar todos os equipamentos urbanos sugeridos (quadro 6.13), como as técnicas de valas vegetadas e os sistemas de biorretenção, em especial nos canteiros das árvores. Lembrando que os canteiros devem ser construídos no nível inferior ao da calçada e da pista de rolamento para permitir o escoamento das águas pluviais para dentro dos mesmos. (figura 6.15 e 6.16)



Figura 6.15 – Av. Curitiba (à esquerda) e a Rua Porto Alegre (à direita).

Fonte: Fotos Riane Nunes, 2011.

Um fato positivo é que este bairro da cidade de Guarantã do Norte ainda não dispõe de ruas e calçadas pavimentadas, aspecto este que permite que a Secretaria de Infraestrutura Municipal possa fazer uso das iniciativas desta pesquisa em outros locais, como na Rua Porto Alegre e na Avenida Rotary Internacional (onde foi planejado o acesso principal para o Parque do Lago Municipal, figura 6.17)

Outra recomendação para a Avenida Curitiba, como para as demais vias públicas da cidade, é a implementação do modelo das calçadas verdes, no qual dispõe de faixas gramada no sentido longitudinal das calçadas, e construção de menos pavimento impermeável.

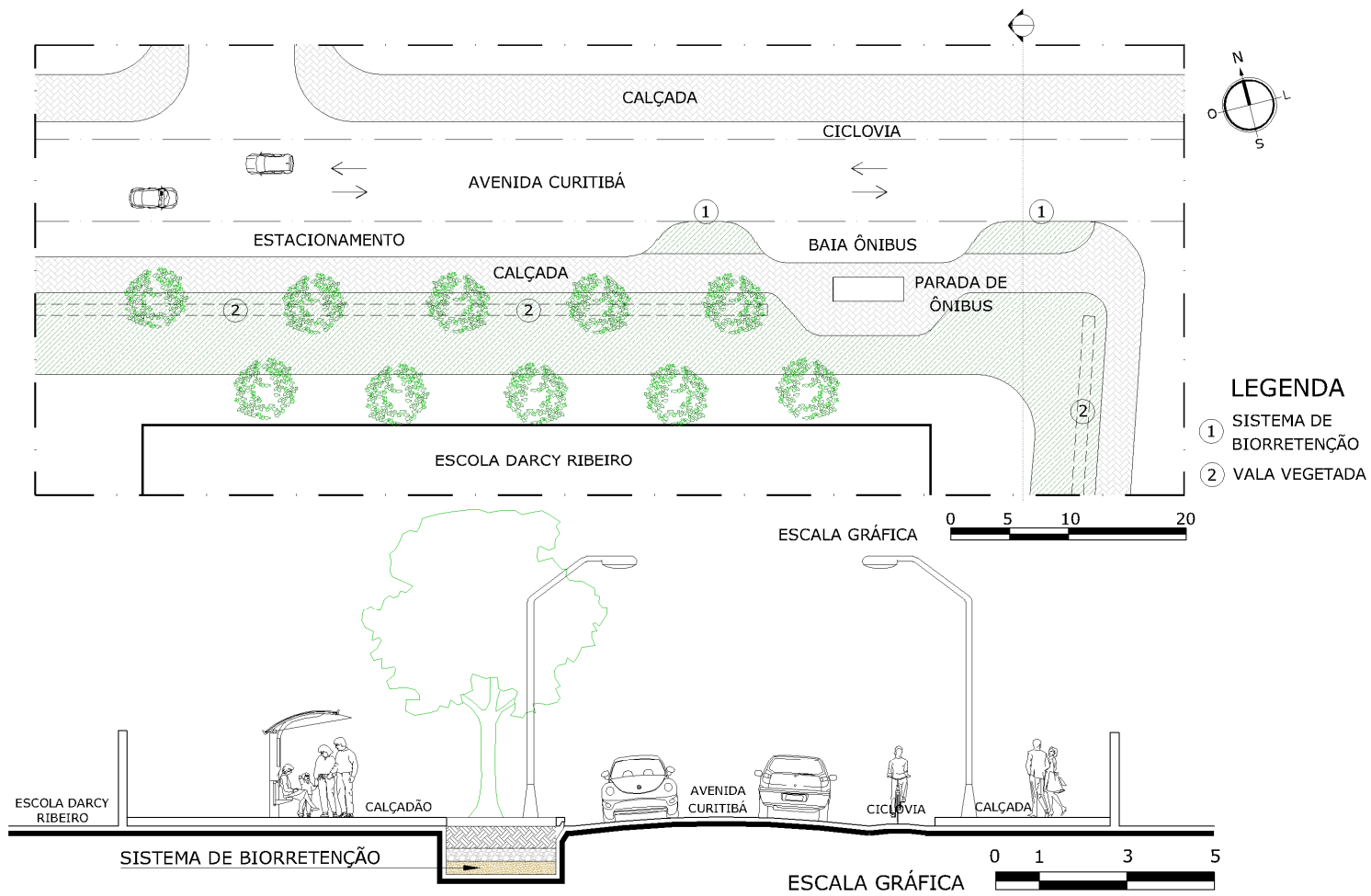


Figura 6.16 – Tecnologias WSUD propostas para a Avenida Curitiba em Guarantã do Norte

Fonte: Elaboração própria, com base digital da Secretaria Municipal de Infraestrutura (2011)



Figura 6.17 – Vistas da Av. Rotary Internacional – acesso principal do Parque do Lago.

Fonte: Fotos Riane Nunes, 2011.

c) Resultados do PR.7 para Escala de Vizinhança:

Dada sua escala de projeto, o Parque do Lago Municipal dispõe de um vasto potencial para as tecnologias WSUD, tanto com a função de proteger a qualidade da água do lago, córregos e nascente adjacentes, por meio do tratamento do escoamento superficial oriundo do entorno da vizinhança, quanto para própria reutilização da água da chuva para outros fins não potáveis.

Todas as tecnologias WSUD expostas na tabela 6.6 podem ser utilizadas na área do Parque, exceção de pavimento poroso por restrições climáticas previamente explicadas. Nesse caso, pode ser implementado um sistema combinado (conhecido por “*treatment train*” na Austrália), onde as técnicas realizam um tratamento de forma sequenciada. Essa proposta sugere que o escoamento superficial (*runoff*) seja primeiramente captado e tratado por valas vegetadas e biofiltros, em seguida, encaminhado para novo tratamento em um alagado construído (*wetland*) para posterior armazenamento numa bacia de retenção (o próprio lago) e/ou numa cisterna de chuva para reúso da água. (figura 6.18).

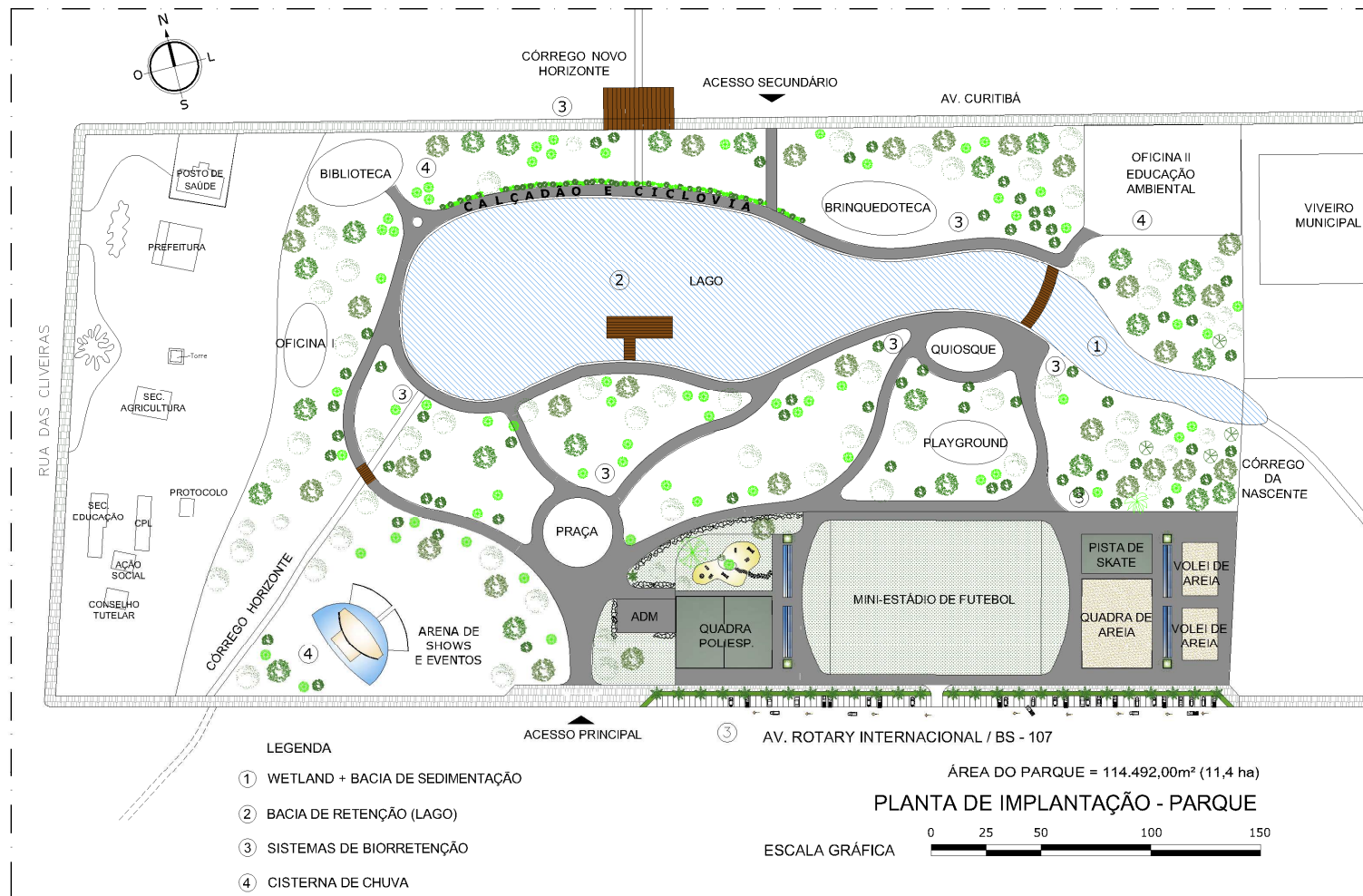


Figura 6.18 – Tecnologias WSUD propostas para o Parque do Lago Municipal em Guarantã do Norte
 Fonte: Elaboração própria, com base digital da Secretaria Municipal de Infraestrutura (2011)

6.3 SÍNTESE DA APLICAÇÃO DO BLUE PLAN NO BRASIL

Quadro 6.15 – Síntese da aplicação do BLUE Plan na escala de lote no Brasil

Procedimentos	Parâmetros para escala de lote aplicados em Guarantã do Norte
PR.1. Políticas de Planejamento Urbano	Parâmetros do Plano Diretor, código de obras e código de posturas da tabela 4.3 pertinentes a escala de lote.
PR.2. Condicionantes do Sítio	<ul style="list-style-type: none"> A. Estágio de Desenvolvimento: em funcionamento B. Tipologia: Serviço – escola municipal C. Escala: Lote D. Densidade Urbana: baixa
PR.3. Normas urbanísticas e construtivas	<ul style="list-style-type: none"> A. Taxa de Ocupação Máxima = 50% B. Recuo ou afastamento frontal mínimo = 5m C. Recuos ou afastamentos laterais mínimos = 5m D. Recuo ou afastamento posterior mínimo = 3m E. Espaço aberto mínimo = não consta na lei F. Taxa de área permeável mínima = 25% G. Gabarito ou máxima altura permitida = 29m
PR.4. Análise do layout e do desenho do sítio	<p>Programa de necessidades segundo cada tipologia e uso específico, por exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - varanda, garage, estacionamento, e qualquer outra área coberta edificada; - Jardim, horta, área gramada; - qualquer área pavimentada para fins de lazer ou serviço; - Piscina, quadra de esportes, playground, churrasqueira; - Áreas para equipamentos como: gás, lixo, gerador, central de ar-condicionado, etc.
PR.5. Oportunidades e Limitações para Implantação das tecnologias WSUD	<ul style="list-style-type: none"> A. Propriedades e capacidade de infiltração do solo; B. Topografia e escala de lote; C. Infraestrutura existente; D. Área disponível, dimensão do lote, densidade urbana. E. Outros parâmetros presentes no quadro 4.2
PR.6. Critério de Área Legal e Útil do Sítio	Ver tabela 6.4
PR.7. Seleção das potenciais tecnologias WSUD	Ver tabela 6.6
PR.8. Manutenção e avaliação	A forma e periodicidade são determinadas de acordo com cada caso e tipo de tecnologia selecionada

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Quadro 6.16 – Síntese da aplicação do BLUE Plan na escala de vias Públicas no Brasil

Procedimentos	Parâmetros para escala de vias públicas aplicados em Garantã do Norte
PR.1. Políticas de Planejamento Urbano	Parâmetros da tabela 4.3 pertinentes a escala de Vias e logradouros públicos, presentes em Plano Diretor, código de obras, código de posturas e outras normas
PR.2. Condicionantes do Sítio	<p>A. Estágio de Desenvolvimento = fase de projeto;</p> <p>B. Tipologia = AEIA tipo II e de Uso Especial</p> <p>C. Escala = vias públicas;</p> <p>D. Classificação Funcional das vias = via coletora</p>
PR.3. Normas urbanísticas e construtivas	<p>A. Volume do tráfego = dado não fornecido;</p> <p>B. Velocidade máxima permitida = 40Km/h;</p> <p>C. Largura pista de rolamento = 7m;</p> <p>D. Faixa de estacionamento = 2,5m (um lado da via);</p> <p>E. Calçada + calçadão = 4 + 6 = 10m (e 4m do outro lado);</p> <p>F. Ciclovia = 1,5m (um lado da via);</p> <p>G. Avenida marginal = não consta;</p> <p>H. Canteiros centrais e/ou laterais = não consta.</p>
PR.4. Análise do layout e do desenho do sítio	<p>A. Perfil da via e geometria: dimensionamento, largura máximas e mínimas segundo sua classificação;</p> <p>B. Todos os elementos de desenho, inc. tipo de meio-fio e canteiros de jardim;</p> <p>C. Detalhamento do mobiliário urbano: Postes, lixeiras, árvores, telefones públicos, paradas de ônibus (ponto, abrigo, baias);</p> <p>D. Verificar a alocação do espaço para infraestrutura de: esgoto, gás, água, drenagem, telefone.</p>
PR.5. Oportunidades e Limitações para Implantação das tecnologias WSUD	<p>A. Propriedades e capacidade de infiltração do solo;</p> <p>B. Topografia e escala de lote;</p> <p>C. Infraestrutura existente;</p> <p>D. Área disponível, dimensão do lote, densidade urbana.</p> <p>E. Outros parâmetros presentes no quadro 4.2</p>
PR.6. Critério de Área Legal e Útil do Sítio	Ver tabela 6.5
PR.7. Seleção das potenciais tecnologias WSUD	Ver tabela 6.6
PR.8. Manutenção e avaliação	A forma e periodicidade são determinadas de acordo com cada caso e tipo de tecnologia selecionada

Fonte: Elaboração própria, 2011.

Quadro 6.17 – Síntese da aplicação do BLUE Plan para escala de vizinhança no Brasil

Procedimentos	Parâmetros para escala de vizinhança aplicados em Guarantã do Norte
PR.1. Políticas de Planejamento Urbano	Parâmetros da tabela 4.3 pertinentes a escala de Vias e logradouros públicos, presentes em Plano Diretor, código de obras, código de posturas e outras normas
PR.2. Condicionantes do Sítio	<ul style="list-style-type: none"> A. Estágio de Desenvolvimento: fase de projeto B. Tipologia: AEIA tipo II C. Escala: vizinhança D. Categoria dos espaços públicos: Parque Ecológicos (de uso público)
PR.3. Normas urbanísticas e construtivas	<ul style="list-style-type: none"> A. População beneficiada (área verde Km2/hab do bairro); B. Plano de manejo (inc. histórico, objetivos e usos múltiplos) C. Área do parque = 11,4 ha D. Proximidade e localização = BR e sec. Municipais, escola; E. Acesso e articulação com o bairro e/ou cidade; F. Identidade, valor individual e ambiental para conservação; G. Funcionalidade, manutenção e futuros usos possíveis.
PR.4. Análise do layout e do desenho do sítio	<ul style="list-style-type: none"> A. Categoria e usos múltiplos do espaço público; B. zoneamento e tipologia das atividades; C. Área total e área requerida por equipamento urbano ou atividade; D. Layout dos principais equipamentos urbanos; E. Layout da área edificada e demais áreas impermeabilizadas; F. Área impermeabilizada de contribuição da bacia hidrográfica urbana.
PR.5. Oportunidades e Limitações para Implantação das tecnologias WSUD	<ul style="list-style-type: none"> A. Propriedades e capacidade de infiltração do solo; B. Topografia; C. Infraestrutura existente; D. Área total e espaço disponível; E. Outros parâmetros presentes no quadro 4.2
PR.6. Critério de Área Legal e Útil do Sítio	Sem critério de mensuração
PR.7. Seleção das potenciais tecnologias WSUD	Ver tabela 6.6
PR.8. Manutenção e avaliação	A forma e periodicidade são determinadas de acordo com cada caso e tipo de tecnologia selecionada

Fonte: Elaboração própria, 201

Capítulo 7 – Discussões, Recomendações e Conclusões da Pesquisa

7.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES DA PESQUISA

Muito embora a Austrália e o Brasil se encontrem em estágios distintos de desenvolvimento, principalmente no tocante a estrutura organizacional das instituições públicas de planejamento urbano e meio ambiente, constatou-se, por meio da aplicação do BLUE Plan nesta pesquisa, que é possível adaptar o modelo australiano WSUD à realidade brasileira. Todavia, a inserção da abordagem australiana em gestão de águas pluviais integrada ao planejamento urbano é viável, mediante a observância das particularidades de cada localidade, tanto quanto a possíveis barreiras institucionais, sejam de ordem técnica, financeira ou legal, além de singularidades de aspectos físico-naturais e climáticos do sítio em questão.

Para tal, faz-se necessário levantar algumas discussões comparativas entre o caso brasileiro e australiano, como também algumas recomendações sobre o BLUE Plan, a metodologia proposta para neste trabalho.

Primeiramente, quanto à legislação de uso e ocupação do solo expostas no PR.1 destes países. Não obstante, esta pesquisa não teve o objetivo de apresentar em detalhes todas as leis que envolvem a área de planejamento urbano (a exemplo da Lei Orgânica Municipal, Estatuto da Cidade, Agenda 21 local, etc), mas sim fazer menção a aquelas que seriam fonte de dados para os parâmetros [PA (P. Urb)] do BLUE Plan trabalhados nesta pesquisa.

Desse modo, é importante mencionar que a legislação australiana já agrega em seu Plano Diretor (neste caso, *Melbourne ou Manningham Planning Scheme e Victoria Planning Provisions - VPP*) preceitos, em especial a cláusula 56²⁰. Esta cláusula estabelece providências tanto para a gestão sustentável dos recursos

²⁰ VPP Practice Note – Using the integrated water management provisions of Clause 56 – Residential subdivision (State of Victoria, Department of Sustainability and Environment, 2006).

hídricos (ex. redução da demanda de água potável, preservação da qualidade das fontes de abastecimento, etc) quanto no âmbito da drenagem urbana (uso das tecnologias WSUD) como forma de conservar, tratar e reutilizar o escoamento superficial (*stormwater runoff*) e a água da chuva (*rainwater*).

Além disso, na Austrália a preservação de áreas e corredores verdes nas cidades é sempre tratada com a devida importância, com funções múltiplas de conservar a biodiversidade, de preservar a qualidade das águas e da mata ciliar dos rios e córregos, de praticar atividades recreativas e/ou esportivas, de incrementar o visual paisagístico do espaço urbano e de melhoria do microclima do local, etc. Muito embora este seja um modelo de planejamento implementado em toda Austrália, a região metropolitana de Melbourne é considerada a localidade onde se concentra mais parques e áreas verdes do país. Os municípios têm, em geral, seus próprios programas denominados de “*Open Space Strategies*”, estabelecido com base no “*Parklands Code: urban open space principles*”²¹ (State of Victoria, 2002).

Esse modelo de planejamento australiano foi proposto no caso de Guarantã do Norte para projeto do Parque do Lago municipal. Na verdade, acredita-se que a maioria das cidades brasileiras necessita de mais arborização, parques urbanos, praças e áreas de lazer. Mesmo ciente que há escassez de vazios urbanos na maioria dos grandes centros urbanos para se implementar áreas públicas (verdes e/ou de lazer) existem, porém, outras formas de propiciar incremento de áreas verdes nesses locais, como por exemplo: criar corredores verdes; reformar de calçadas e canteiros; revitalizar de ruas transformando em praças somente com acesso para pedestres, etc.

Em relação ao Brasil, mais especificamente a cidade de Guarantã do Norte (MT), a legislação urbanística e ambiental local não oferece nenhum impedimento a implementação das tecnologias de gestão de águas pluviais integrada a paisagem urbana. Evidente que para tal fato ocorra, teste laboratoriais quanto à qualidade da água da chuva e do escoamento superficial (pré e pós-tratamento) são necessários para prevenir doenças de veiculação hídrica quanto para a manutenção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. É válido lembrar que no Brasil, a resolução 357 do CONAMA (Ministério do Meio Ambiente, 2005) estabelece os padrões de qualidade da água e a classificação das águas doces quanto ao seu uso.

Além disso, Nunes (2006) lembra que a Lei 9.433/97 da *Política Nacional de Recursos Hídricos* (BRASIL, 1997) instituiu a bacia hidrográfica como unidade de planejamento visando promover uma gestão mais descentralizada e participativa dos

²¹ “*Parklands Code: urban open space principles*” está presente do documento “*Melbourne 2030: Planning for Sustainable Growth*” (State of Victoria, 2002).

aspectos qualitativos e quantitativos da água. Entretanto, os conflitos de competência e de interesses entre os órgãos públicos impedem, na maioria das vezes, a implantação de uma gestão integrada do uso do solo e da água pelos seus usuários.

Por isso, mesmo que a bacia hidrográfica estudada em Guarantã do Norte (MT) ofereça todas as condições propícias para aplicação das tecnologias WSUD, porém barreiras institucionais do município (ou Estado) podem inviabilizar de implantação do projeto proposto em função da arrecadação de fundos provenientes de programas do Governo Federal e/ou em função da participação de profissionais especializados de outros estados.

Percebe-se que as cidades australianas como um todo investem bastante em equipamentos de desenho urbano, e prezam também pela estética e pelo bom design do mobiliário urbano. Além disso, na última década a boa prática do desenho urbano tem sido associada a elementos de mobilidade urbana, melhoria do microclima local (em especial, arborização e parques), e a técnicas WSUD de gestão de águas pluviais. Portanto, a Austrália pode ser considerada um exemplo do que é proposto nas leis, programas ou estratégias do governo ²², pode ser vivenciado na prática pelos cidadãos.

O mais relevante desse aspecto do desenho urbano quando reportamos ao PR.4 do BLUE Plan (referente à análise do layout e desenho do sítio), é que independentemente da qualidade estética do desenho urbano na Austrália, a lição mais importante a ser aprendida para as cidades brasileiras é a inserção das técnicas de drenagem em canteiros de árvores, nas calçadas, nas faixas de estacionamento, nos loteamentos das casas e em áreas de praças, corredores verdes e parques. Estas ações não somente agregam a valorização do espaço urbano e melhoria da qualidade ambiental urbana, mas também a funcionalidade e o bom desempenho hidráulico e hidrológico dos sistemas, visando à manutenção de áreas permeáveis e o correto gerenciamento do escoamento superficial e das águas da chuva, seja com tratamento para infiltração, detenção temporária e/ou armazenamento e reúso.

Dado o estágio de desenvolvimento de Guarantã do Norte, atualmente a cidade tem ainda a “vantagem” da falta de infraestrutura ao seu favor. Assim, a secretaria de infraestrutura municipal tem a oportunidade de planejar e executar os modelos de calçadas verdes (já proposto pela prefeitura de São Paulo), inserindo no desenho das vias públicas as tecnologias WSUD adequadas, como também, de efetuar o projeto Parque do Lago sugerido por esta pesquisa.

²² Diretriz 5 – Policy 5.1 do documento Melbourne 2030: Planning for Sustainable Growth – promover um bom design faz o ambiente urbano mais atraente e “liveable”, ou seja, com boas condições de vida (State of Victoria, 2002).

Segundo os dados da secretaria de infraestrutura de Guarantã do Norte, as quadras e loteamentos são planejados com geometria retangular, com lotes que variam de 300m² a 800m², aspecto que contribui positivamente para disponibilidade de espaço físico para emprego das tecnologias de drenagem. Além disso, outro aspecto favorável são os parâmetros de ocupação do solo do Plano Diretor Municipal que atribui uma taxa de ocupação máxima de 50% e uma taxa permeável mínima de 25% da área total do lote.

Quanto à aplicação do BLUE Plan em outras cidades brasileiras de grande e médio porte, e/ou em regiões metropolitanas onde a urbanização e infraestrutura já estejam consolidadas, há ainda formas de inserir as tecnologias WSUD nesse contexto. Por exemplo, quando for necessário realizar manutenção das calçadas e vias públicas pode se introduzir tais sistemas. Ainda, à medida que os canteiros e calçadas forem consertados, adequando-os de forma que o fluxo do escoamento superficial possa se infiltrar nas jardineiras e em outras superfícies permeáveis, já geraria um impacto positivo no balanço hídrico local (figura 7.1).



Figura 7.1 – Exemplos de sistemas de biorretenção em canteiros na Austrália.

Fonte: Monash University (FAWB, 2009)

Desse modo, constata-se que há uma série de medidas pontuais (denominadas de soluções de microdrenagem) que podem ser implementadas numa bacia de uma área densamente urbanizada para diminuir o volume e a frequência de picos do *escoamento superficial* nos eventos de chuva, como também, minimizar impactos de cheias e de carregamento de poluentes diversos à jusante da bacia, em decorrência da impermeabilização do solo. Sistemas de biorretenção, pavimento poroso, sistemas de infiltração (vegetados ou não) são exemplos de alguns dessas técnicas que podem ser facilmente inseridas em áreas densamente urbanizadas (figura 7.2). Além disso, outras tecnologias como bacia de retenção e cisterna de

chuva pode ser adaptadas e construídas no subsolo de um sítio, onde a primeira pode ainda oferecer uso múltiplos como de áreas de lazer e de prática de esportes.



Figura 7.2 – Exemplos de aplicação de biofiltros em áreas densamente urbanizadas.

Fonte: Deletic *et al* (2010) e Melbourne Water (2010).

Em relação aos procedimentos 5 e 7, deve se destacar que não foi meta desta pesquisa coletar todos os dados enumerados pelos parâmetros WSUD (tabela 4.2, capítulo 4) para caracterização das bacias hidrográficas estudadas, e sim, informar sobre a importância do uso de tais parâmetros na hora de se averiguar a adequabilidade de uma ou mais técnicas, conforme a escala do projeto e condicionantes físico-naturais do sítio. Sobretudo, o uso desses parâmetros será essencial nas etapas posteriores, destinadas ao dimensionamento, design, construção, operação e manutenção dos sistemas. Além disso, para a maioria dos casos, o bom desempenho desses sistemas hidráulicos é fruto de simulações de modelos hidrológicos (ex. MUSIC, STORM²³), previamente realizadas na fase de projeto.

Uma das diferenças básicas encontradas entre os municípios de Manningham e de Guarantã do Norte, é a presença na cidade brasileira de grande quantidade de material particulado atmosférico oriundo tanto do solo típico da região²⁴, quanto das queimadas ilegais de desmatamento da floresta amazônica. Ambos são ainda intensificados pelo longo e excessivo período de seca na região, onde a população local reportou que “irriga” as vias públicas para reduzir o nível de concentração de poeira atmosférica na cidade.

²³ A sigla do STORM *software* significa *Stormwater Treatment Objective – Relative Measure*.

²⁴ Solo típico da região de Guarantã do Norte - classificado como Gleis, com características de pouca umidade e com afloramentos rochosos.

Diante de tal problema, recomenda-se fortemente a implantação de grande número de espécies vegetais de grande porte e copa frondosa na cidade de Guarantã do Norte com vistas a melhorar o microclima local, a qualidade ambiental e vida dos cidadãos, pois se estima a ocorrência de grande número de doenças respiratórias (embora a pesquisa não disponha de nenhum dado oficial da secretaria de saúde municipal).

Ainda com relação à seleção das tecnologias WSUD no PR.7, é preciso reportar que tais condições climáticas e de poluição atmosférica na localidade brasileira inviabilizam a aplicação das técnicas de pavimentos permeáveis ou porosos, visto que estes iriam facilmente se obstruir, reduzindo assim sua vida útil e eficiência no desempenho do sistema.

No caso de Doncaster Hill, dentre as várias opções viáveis das tecnologias WSUD (PR.7), verificou-se um potencial maior para aplicação de sistemas de biorretenção (biofiltros, raingardens), dada a flexibilidade, o bom desempenho na remoção de poluentes (superior aos sistemas de infiltração não vegetados), constatado pela vasta experiência das cidades australianas no aperfeiçoamento desses sistemas ao longo desses últimos dez anos.

Uma técnica de engenharia e de desenho urbano comumente vista na Austrália, que pode ser facilmente adaptada as cidades brasileiras, mesmo com infraestrutura urbana consolidada e/ou densamente urbanizada, é o elemento do meio-fio descontínuo em calçadas e canteiros das vias públicas para conduzir o escoamento superficial para os locais permeáveis (figuras 7.3 e 7.4). Essa estratégia pode se instalar desde locais de solo permeáveis, como também, em sistemas de infiltração (não vegetados) ou valas ou faixas vegetadas (de infiltração ou retenção) ou ainda, em sistemas de *biorretenção* (também chamados de sistemas de *biofiltração* ou *raingardens*), figura 7.5.



Figura 7.3 – Sistemas de retenção em calçadas e canteiros com meio-fio descontínuo.

Fonte: Monash University (FAWB, 2009)

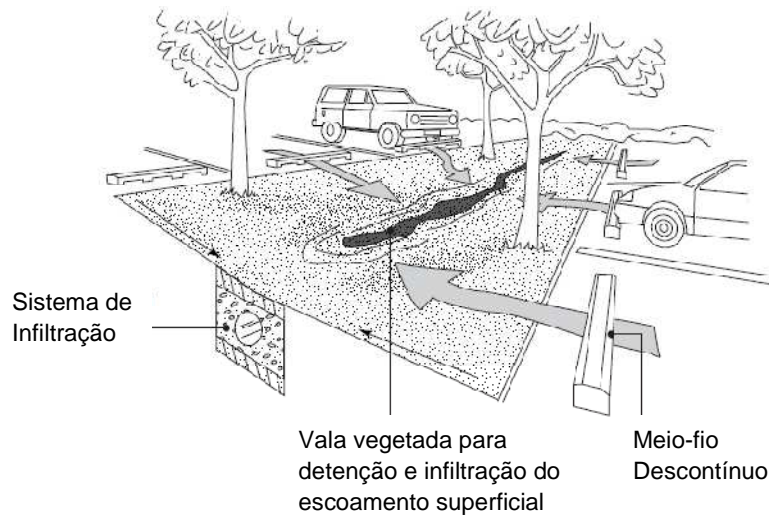


Figura 7.4 – Desenho de canteiro com vala vegetada e meio-fio descontinuo.

Fonte: Victoria Stormwater Committee/CSIRO (2006).

Essa abordagem WSUD pode tanto promover benefícios no tratamento da qualidade das águas pluviais, protegendo os corpos hídricos receptores, como reduzir os picos e o volume total do *runoff* durante os eventos de chuva, diminuindo a sobrecarga no sistema de drenagem convencional. Além disso, agregado a esta tecnologia, pode se fazer uso de elementos de desenho urbano inovadores, como a exemplo da foto no bairro de Docklands em Melbourne, no qual foi também inserido banco para população ao redor do sistema de drenagem, que também futuramente oferecerá uma confortável área de sombra (figura 7.3).



Figura 7.5 – Exemplos de faixas vegetadas ou calçadas verdes.

Fonte: BTM, 2010.

Uma prática observada no Brasil e considerada errônea são as jardineiras exposta nos canteiros e calçadas, no qual se recomenda urgentemente mudanças na forma e implantação destes. Após uma rápida reflexão, verifica-se que o único local nas vias públicas onde a água da chuva pode infiltrar é impedida diretamente por uma “mureta em concreto” (os canteiros) que varia desde 5cm até 60cm (fotos da figura 7.6). Esta forma construtiva equivocada pode contribuir significativamente para ocorrência de alagamentos em centros urbanos, principalmente deslocando o problema para localidades à jusante da bacia urbana.



Figura 7.6 – Canteiros com desenho inadequado no Brasil.

Fonte: Foto Riane Nunes, 2011.

Como solução para este problema, deve-se primeiramente eliminar tais elementos (“*muretas*”) que funcionam como uma barreira para o escoamento das águas superficiais. Em seguida, recomenda-se o conserto dos canteiros e jardineiras para assegurar que estes ficarão no mínimo 5cm abaixo do nível da calçada e/ou da pista de rolamento de veículos. Outra estratégia opcional é abrir um orifício (como boca-de-lobo) na parte inferior da calçada que conduza diretamente o fluxo das águas pluviais da via pública para o sistema de biorretenção no canteiro da árvore (*biofiltration tree ou planter box*, em inglês), conforme a foto da figura 7.7.

Outra sugestão apresentada na mesma figura é a inserção de pequenas bacias de retenção projetadas entre a faixa de estacionamento e a calçada. Esta técnica exige que o meio-fio seja desenhado especialmente de forma a conduzir o escoamento superficial para esses locais específicos de retenção. Nesta prática pode se escolher entre somente aplicar sistemas mais simples de infiltração vegetados (ou não-vegetados), ou também, os sistemas de biofiltração ou biorretenção (fotos da figura 7.7).



Figura 7.7 – Sistemas de biorretenção em árvores nas calçadas e em pequenas bacia de retenção em faixas de estacionamento.

Fonte: Monash University (FAWB, 2009)

Na figura 7.7, deve-se ainda observar (foto à direita) que o extravasor (*overflow*) se situa a alguns centímetros acima da superfície permeável da bacia de retenção, isto serve para que a água fique retida por mais tempo e infiltre gradualmente pelas camadas (*layers*) projetadas para tratamento. Neste caso, o extravasor deve somente ser necessário em eventos de chuva intensa. Outro exemplo em estacionamentos pode ser visto na figura 7.8, possibilitando a integração do desenho urbano com sistemas de biorretenção.

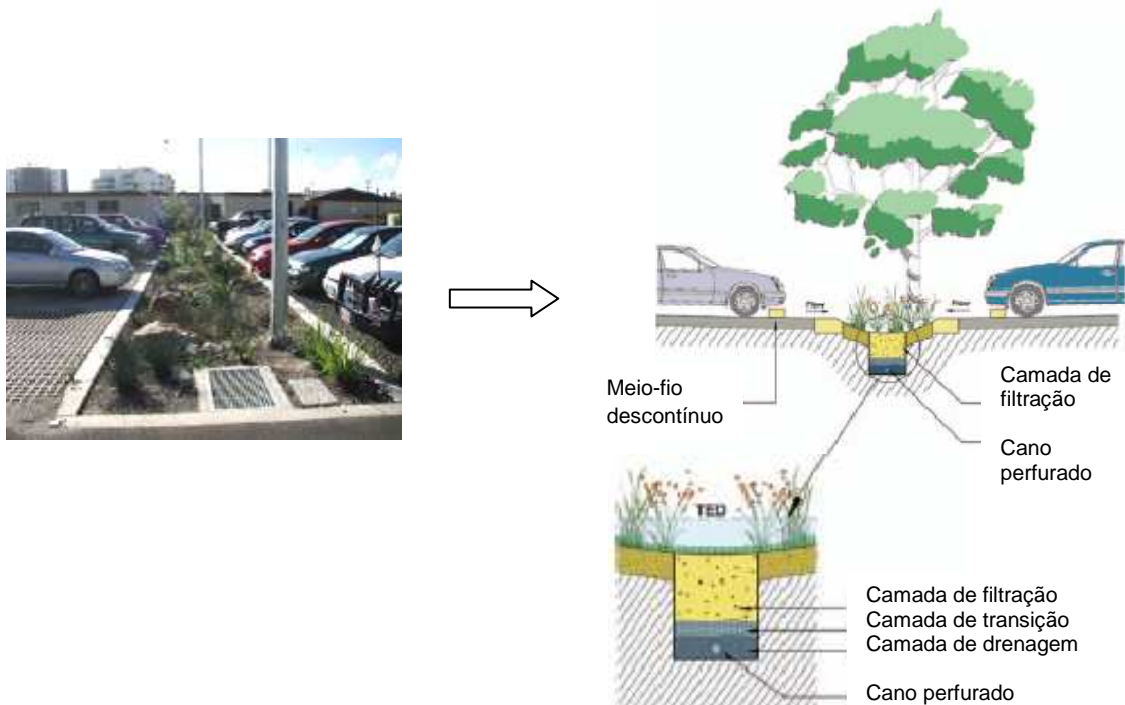


Figura 7.8 – Foto e esquema de sistema de biorretenção inserido em estacionamentos.

Fonte: Melbourne Water, 2005.

Por fim, é válido ressaltar que para a aplicação de qualquer sistema de drenagem vegetado que tenha como objetivo o tratamento da qualidade da água (ou seja, da remoção de poluentes e não somente o controle do volume do escoamento superficial), deve-se necessariamente testar diferentes tipos de plantas nativas e comparar a eficiência destas, bem como, selecionar a espécie mais adequada para as condições climáticas locais.

7.2 CONCLUSÕES

Uma das contribuições significativas desta pesquisa é a idéia de proporcionar um novo olhar sobre o desenho e planejamento urbano das cidades. Esse olhar visa não somente a estética e a funcionalidade do espaço para desempenhar alguma atividade humana, como a concepção do urbanista tradicional. É uma nova visão que se apresenta para mostrar como o planejamento e o desenho das cidades podem colaborar de forma decisiva para minimizar o impacto da urbanização sobre o ciclo hidrológico local e sobre a qualidade de nossas águas.

Por isso, faz-se necessário mudar a forma de se enxergar as águas superficiais e as da chuva como mera fonte de problemas, e sim, como componente inerente da paisagem urbana. Para tal, deve-se inserir a gestão de águas pluviais dentro do processo de planejamento de nossas cidades por meio dos órgãos institucionais. Além disso, sugere-se introduzir a temática ambiental em sala de aula para começar a capacitar e conscientizar os futuros arquitetos e urbanistas de nosso país.

No contexto da variabilidade e da mudança do clima, este trabalho expôs os cenários que advertem sobre a possibilidade de maior incidência de eventos climáticos extremos, entre eles, a do fenômeno da seca com previsão de períodos de estiagem mais prolongados, possivelmente em regiões que já sofrem hoje com o estresse hídrico. As pesquisas também prevêem uma maior frequência na ocorrência de chuva intensas, no qual muitas cidades mal planejadas e/ou com sistemas deficientes de drenagem estarão mais vulneráveis aos eventos de alagamentos, inundações e deslizamentos.

Contudo, há novas tendências, particularmente na Austrália e Estados Unidos, que visam atuar de maneira proativa e preventiva, no intuito de se planejar e construir com menor degradação ambiental, oferecendo mais qualidade de vida para a

população. Essas iniciativas foram apresentadas neste trabalho como Novo Urbanismo, *Smart Growth* e Drenagem Sustentável. O Novo Urbanismo e o *Smart Growth* envolvem princípios que visam o desde a integração da gestão das águas no processo, quanto, a proteção ambiental, tipologias de uso misto e densidade populacional variada.

A U.S. EPA (2004) também já divulgou trabalhos unindo os princípios do *Smart Growth* com preservação dos recursos hídricos. Ainda, em um de seus recentes trabalhos, a U.S. EPA (2006) fez diversas simulações em escala regional mostrando como as zonas de alta densidade urbana geram menor volume de escoamento superficial (*runoff*) por moradia. Além disso, este também afirma que o adensamento proporciona mais benefícios que as regiões com baixa densidade populacional, pois quando planejadas adequadamente, pode-se acomodar uma menor quantidade de área construída por habitante e, assim, preservar uma área maior de cobertura vegetal nas bacias hidrográficas.

O documento *Melbourne 2030 – Planning for Sustainable Growth (Victoria Government, 2002)* também mostrado nesta pesquisa, evidencia em de suas diretrizes sobre o estabelecimento de fronteiras limitando a expansão da mancha urbana da região metropolitana e a integração das técnicas em gestão de águas pluviais na paisagem urbana.

Embora, este trabalho não tenha como meta a elaboração de simulações de modelos hidrológicos em escala regional, os estudos da U.S. EPA são de grande valia para mostrar a importância do planejamento urbano em escala regional de bacia hidrográfica, como também o uso destes como base para futuros desdobramentos desta pesquisa.

A Austrália é considerada hoje referência mundial em gestão integrada dos recursos hídricos. Diante dos desafios da variabilidade e mudança do clima, da limitada reserva de água potável, das pressões do crescimento populacional e da expansão urbana, este país adotou há cerca de uma década o conceito de *Water Sensitive Urban Design (WSUD)* como sua estratégia de desenvolvimento urbano.

Num amplo contexto, WSUD visa minimizar os impactos na urbanização na gestão do ciclo hidrológico local. Este conceito representa uma significativa mudança na forma de analisar, planejar e projetar as cidades, considerando todas as escalas de abrangência e qualquer tipologia e densidade urbana presente. Sua premissa baseia-se de que todo processo de desenvolvimento urbano, seja de um novo sítio ou de um

projeto em uma área já urbanizada, necessita-se preservar, usar e tratar adequadamente os ambientes aquáticos.

A breve descrição apresentada no capítulo 3 sobre as principais tecnologias WSUD em drenagem urbana, permitiu apresentar aspectos gerais de design e de funcionalidade, assim como, os benefícios e limitações para sua aplicação integrada a paisagem urbana. Deve-se, então, lembrar que as práticas WSUD podem abranger uma ou mais finalidades como: retenção ou detenção para redução e controle do escoamento superficial e proteção contra inundações; tratamento e reúso da água da chuva (para redução da demanda de água potável); tratamento para controle e manutenção da qualidade dos corpos hídricos; dentre outros.

A abordagem WSUD já foi consolidada na Austrália e vem sendo incorporada na maioria dos planos, leis e programas de planejamento das bacias hidrográficas e do solo urbano, onde foi possível visualizar a aplicação de suas tecnologias em diversas áreas da região de metropolitana de Melbourne. O material bibliográfico disponibilizado, o contato com profissionais de diversas instituições e as visitas “in loco”, durante o estágio na Austrália, permitiram um melhor entendimento sobre a ampla difusão desse conceito nas outras capitais australianas.

Mesmo ciente da necessidade de se considerar a bacia hidrográfica como a unidade de planejamento, porém a divisão territorial administrativa ainda prevalece em todos os lugares do mundo. Por tal razão, este trabalho procurou encontrar uma forma integrada de trabalhar com vistas a atender as demandas do crescimento populacional nas áreas urbanas, como da preservação do meio ambiente, em especial dos recursos hídricos. Nesse sentido, ressalta-se a importância da contribuição metodológica proposta que norteou esta pesquisa – o BLUE Plan – buscando aproximar os campos da engenharia de recursos hídricos com o de planejamento urbano.

Dessa forma, destacando o BLUE Plan como o foco central deste trabalho, o objetivo geral foi traçado com base na estrutura metodológica, propondo assim, um guia de procedimentos de caráter técnico (relativo às tecnologias de drenagem) e legal (de prescrição urbanística) para alocar espaço para as práticas WSUD em gestão de águas pluviais no planejamento e desenho urbano das cidades.

Os oito procedimentos (abreviados neste estudo como PR) foram elaborados com base em parâmetros estudados de drenagem urbana e de planejamento urbano. Estes permitiram a adequação do método em qualquer porte de cidade e em diferentes tipologias de uso do solo.

Ainda, destaca-se que os parâmetros usados no BLUE Plan para auxiliar na verificação da viabilidade técnica e legal para inserção das tecnologias WSUD em gestão de águas pluviais na paisagem urbana, devem variar segundo a sua escala de projeto. Para tal, foi necessário conduzir a aplicação do BLUE Plan em 3 diferentes escalas de projeto: lote, vias públicas, vizinhança (espaços públicos, em especial, praças, parques, corredores verdes, áreas de lazer e prática de esportes).

O primeiro estudo de caso realizado na Austrália, na região metropolitana de Melbourne, foi aplicado na escala de lote e de vias públicas no bairro de Doncaster Hill, na cidade de Manningham. A experiência no desenvolvimento do caso australiano demonstrou tanto resultados positivos relativos à alocação de espaço para inserção das tecnologias WSUD, quanto possibilitou um maior entendimento acerca do método, servindo de referência para subsequente aprimoramento e aplicação no Brasil.

O caso brasileiro desenvolvido em Guarantã do Norte (MT), Região Amazônica, foi um experimento de grande valia, no qual pode se estudar uma sub-bacia, analisando a viabilidade para implantação das tecnologias WSUD nas 3 escalas de projeto. Nos três locais estudados (escola, via e parque) verificaram-se condições e oportunidades bastante favoráveis para introdução das práticas em gestão de águas pluviais. Ainda, conforme apresentado nas discussões e recomendações desta pesquisa (item 7.1), concluiu-se que é possível também implementar as técnicas de drenagem em outras cidades brasileiras de maior porte, com a urbanização já consolidada ou em áreas de expansão.

O ensaio metodológico propiciou um aprendizado de como integrar os elementos de composição do espaço urbano com as práticas WSUD. Sobretudo, os procedimentos criados para o BLUE Plan possibilitaram a formação de um processo de planejamento que associa adequadamente parâmetros legais de uso e ocupação do solo com parâmetros e aspectos técnicos da drenagem urbana.

Por fim, conclui-se que para se alcançar soluções socioambientais efetivas, as cidades brasileiras precisam não somente obter avanços em ciência e tecnologia, mas igualmente, de ações proativas nas instituições públicas em prol de um planejamento integrado entre solo e bacia urbana, obedecendo a legislação urbanística e ambiental.

Capítulo 8 - Referências

- ABM, Association of Bayside Municipalities. **Delivering WSUD: Final Report of Clean Stormwater – a Planning Framework**. ABM, Melbourne, Australia, 2004.
- ABREU, M. L.. **Usos de Modelos de circulação geral atmosférica para simular o clima e a variabilidade climática**. IN: **Variabilidade e Mudanças Climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. SANT'ANNA NETO, J. L. ZAVATINNI, J. A. (orgs). Maringá: Ed. Universidade Estadual de Maringá (Eduem), 2000.
- ABS, Australian Bureau of Statistics. **Housing Provision** (Residential lot sizes of Metropolitan Melbourne). Australia, 2010.
- AUGUSTO, D. L. **Concepção, modelagem e detalhamento de um reservatório de detenção em praça, como alternativa para o controle de cheias na Bacia do Rio Guerenguê**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- AUSTROADS. **Urban Road Design: a guide to the geometric design of major urban roads**. Sydney: Austroads, Australia, 2002.
- AUSTROADS. **AP-R 217/03 - Environmental Considerations for Planning and Design of Roads**. Australia, 2003a.
- AUSTROADS. **AP-R 232/03 - Guidelines for Treatment of Stormwater Runoff from the Road Infrastructure**. Sydney: Austroads, Australia, 2003b.
- AZEVEDO, J. P., CANEDO, L. P., & MIGUEZ, M. **Infra-estrutura de Drenagem Urbana**. IN: **Rio Próximos 100 anos**. GUSMAO, P. P., CARMO P. S., VIANNA, S. B. (orgs). Rio de Janeiro: IPP – Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, 2008.
- BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.
- BRASIL. **Lei Federal nº 9.433** de 8 de Janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1997.
- BTM, Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design – A National Guide. **Appendices A: WSUD Case Studies**. BTM, WBM, 2010.

- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.
- CARMELLO, Eduardo. **Resiliência: a transformação como ferramenta para construir empresas de valor**. São Paulo: Editora Gente, 2008.
- CASTIGLIA, M. C. C. P. **Disposição Subaquática de Rejeitos Dragagem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006, 152 p.
- CASTRO et alii. **Desastres naturais**. Brasília: MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, vol. I, 2003.
- CITY OF MELBOURNE. **Water Sensitive Urban Design Guidelines – WSUD**. Melbourne: Ecological Engineering, 2009.
- COELHO NETTO, A. L., AVELAR, A. S. Uso do solo e a dinâmica hidrológica. In: **Vulnerabilidade Ambiental – Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** SANTOS, R. F.(org). Brasília: MMA/ Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, 2007.
- CRCCH – Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. **Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualisation (MUSIC) - User Guide**. Victoria: Monash University, Australia, 2003.
- CENTRE FOR WATER SENSITIVE CITIES (CWSC). **WSUD Technologies**. Disponível em: <http://www.watersensitivecities.org.au/programs/wsud-technologies/>. Acesso em: setembro de 2011.
- DELETIC, A., FLETCHER, T. D., HATT, B., MCCARTHY, D. **Stormwater Treatment Technologies: Latest advances, principles and Design Procedures**. Civil Eng. Dept., Monash University, VIC, Australia, 2010.
- DEL RIO, V. **Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento**. São Paulo: Pini, 1990.
- DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **PBA – Plano Básico Ambiental da BR-163: Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD**. BR-163 - Trecho: Rurópolis/PA - Garantã/MT e BR-230 - Trecho: Entrocamento Br-163/PA - Miritituba/PA. Brasília: Ministério dos Transportes, Exército Brasileiro e CENTRAM (Centro de Excelência em Engenharia de Transportes), volume 3, revisão 1, Janeiro de 2007(a).
- DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **PBA – Plano Básico Ambiental da BR-163: Programa de Apoio Técnico às Prefeituras**. BR-163 - Trecho: Rurópolis/PA - Garantã/MT e BR-230 - Trecho: Entrocamento Br-163/PA - Miritituba/PA. Brasília: Ministério dos Transportes, Exército Brasileiro e CENTRAM (Centro de Excelência em Engenharia de Transportes), volume 9, TOMO II, revisão 1, Janeiro de 2007(b).

- DPLG (Department of Planning and Local Government). **Water Sensitive Urban Design Technical Manual for the Greater Adelaide Region**. Adelaide: Government of South Australia, 2010. Disponível em: <http://www.planning.sa.gov.au/go/wsud>.
- DUANY, A., SPECK, J., LYDON, M. **The smart Growth Manual**. USA: McGraw-Hill ed., 2010 (a).
- DUANY, A., PLATER-ZYBERK, L., SPECK, J. **Suburban Nation: The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream**. USA: North Point Press, 10nd ed., 2010(b).
- EIU - ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT. **Global Liveability Survey**. Disponível em: www.eiu.com. Acesso em: 8 de Outubro de 2011.
- EM-DAT (Emergency Events Database). **International Disaster Database**. CRED – Centre for Research on the Epidemiology of disasters. Disponível em: <http://www.emdat.be/>. Bruxelas, Bélgica, 2007.
- ESTADO DO MATO GROSSO. **Plano Diretor do município de Guarantã do Norte**. (em fase de aprovação). 2011.
- ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. **Plano Diretor do município Natal**. 2009.
- FAWB. **Adoption Guidelines for Stormwater Biofiltration Systems**. Victoria: Facility for Advancing Water Biofiltration (FAWB), Monash University, Australia, 2009.
- FRANZ, Barbara. **Fatores Intervenientes nas Vulnerabilidades dos Recursos Hídricos às Mudanças do Clima no Estado do Rio de Janeiro**. Cap 1. IN: **Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos no Âmbito Regional e Urbano**. NUNES, R. T. S. et al (org). Rio de Janeiro: Editora Interciência, Coleção Mudanças Globais, vol 1, 2011.
- GOVERNMENT OF SOUTH AUSTRALIA. **Understanding Residential Densities: A Pictorial Handbook of Adelaide Examples**. Disponível em: www.planning.sa.gov.au. Australia, 2006.
- GREATER LONDON AUTHORITY. **Adapting to Climate Change: Lessons for London**. London (UK): London Climate Change Partnership, 2006.
- GRUNERT DA FONSECA, V., SILVA L. **A importância de critérios de avaliação do sucesso do CCA em Loulé do ponto de vista dos comerciantes**. Disponível em: <http://encontros.inuaf-studia.pt/II%20Seminario/Resumos/files/A%20importancia.pdf>. Acesso em dezembro de 2011.
- HEANEY, J. P.; PITT, R.; FIELD R. **Innovative Urban Wet-Weather Flow Management Systems**. U.S. EPA (Environmental Protection Agency), Cincinnati, OH. EPA/600/R-99/029, 1999.
- IPCC. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Summary Report for Policymakers**. Paris: IPCC, WGII Fourth Assessment Report -AR4, 2007.

- IPCC. **El Cambio Climático y el Agua**. Bates , B. C.; Kundzewicz , Z. W.; Wu, S. y Palutikof , J. P. (Eds.). Ginebra: Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, 224 p., 2008.
- IPCC. **Cambio climático: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas y resumen técnico**. Parte de la contribución del Grupo de trabajo II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático al Tercer Informe de Evaluación, 2001.
- LAGRO JR., J. A. **Site Analysis: a contextual approach to sustainable land planning and site design**. John Wiley & Sons, Inc. publishing, USA, 2a. ed., 2008.
- LEVINA, E. **Domestic Policy Frameworks for Adaptation to Climate Change in the Water Sector – Part II: Non-Annex I Countries**. OECD, 2006.
- LEVINA, E., ADAMS, H. **Domestic Policy Frameworks for Adaptation to Climate Change in the Water Sector – Part I: Annex I Countries**. OECD, 2006.
- LINGUEE. Dicionário Redacional. **Tradução do termo Liveability**. Disponível em: <http://www.linguee.com.br/portugues-ingles/search?source=auto&query=liveability>. Acesso em dezembro de 2011.
- LIMA, V. M. F. **Desenho urbano: uma análise de experiências brasileiras. Estudo de casos nas áreas centrais de Curitiba, do Rio de Janeiro e do Recife**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano. Recife: 2008.
- LLOYD, S. D., WONG, T. H. F. CHESTERFIELD, C. J. **Water Sensitive Urban Design - A Stormwater Management Perspective**. Victoria, Australia: Industry Report 02/10, CRC Catchment Hydrology (CRCCH), 2002.
- LLOYD, S.D., WONG, T.H.F. AND CHESTERFIELD, C.J. **Opportunities and Impediments to Water Sensitive Urban Design in Australia**. Proceedings of the 2nd South Pacific Stormwater Conference, Auckland, New Zealand, 27 – 29 June 2001, pp302-309.
- LLOYD, S. D. **Exploring the Opportunities and Barriers to Sustainable Stormwater Management Practices In Residential Catchments**. Tese de Doutorado. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Department of Civil Engineering, Monash University, VIC, Australia, 2003.
- MARTINS, M. J.. **Gerenciamento de recursos hídricos e drenagem urbana no município de São João de Meriti: análise espacial do efeito da implementação de microreservatórios em lotes sobre as inundações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- MELBOURNE WATER. **Building a Raingarden**. Victoria Government. Australia: 2010. Disponível em: melbournewater.com.au.

- MELBOURNE WATER. **WSUD Engineering Procedures: Stormwater**. Melbourne: CSIRO Publishing, EPA Victoria, Australia, 2005.
- MCC, Manningham City Council. **Doncaster Hill assessment of social, recreation & open space Infrastructure requirements**. Victorian State Government, Australia, 2002.
- MCC, Manningham City Council. **Doncaster Hill streetscape Infrastructure report**. MCC, Victorian State Government, Australia, 2003.
- MCC, Manningham City Council. **Doncaster Hill Strategy. MCC, Melbourne, Australia**. Revised edition, 2004.
- MCC, Manningham City Council. **Doncaster Hill Precinct 1 Masterplan**. MCC, Victorian State Government, Australia. (2009).
- MCC, Manningham City Council. **Manningham Planning Scheme**. Victorian State Government, Australia, 2010.
- MCC, Manningham City Council. **Doncaster Hill Sustainability Guidelines**. Victorian State Government, Australia, 2010.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa Drenagem Urbana Sustentável: Manual para Apresentação de Propostas**. Brasília - DF: Secretaria de Saneamento Ambiental, 2007.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº357**, de 17 de março de 2005.
- MORAIS, A. **Análise de Alternativas Hidrodinâmicas para o Sistema Lagunar da Baixada de Jacarepaguá**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica), COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. 132 p.
- MORISON P. J. **Management of Urban Stormwater: Advancing Program Design and Evaluation**. National Urban Water Governance Program, PhD Thesis. Monash University, Melbourne, Australia, 2009.
- MORISON P. J. **Creating a “waterways city” by addressing municipal commitment and capacity: The story of Melbourne continues**. 11st ICUD, Edinburgh, Scotland, UK, 2008.
- MORRISH, G. (In press). *Street Design Guidelines for Landcom Projects*. GM Urban Design and Architecture.
- MUEHE, D., & NEVES, C. F. Vulnerabilidades Físicas da orla. IN: **Rio Próximos 100 anos**. GUSMAO, P. P., CARMO P. S., VIANNA, S. B. (orgs). Rio de Janeiro: IPP – Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, 2008.
- NAHB Research Center. **Municipal Guideline to Low Impact Development**. Maryland, 2004. Disponível em: www.lowimpactdevelopment.org.

- NUNES, R. T. S., DELETIC, A., WONG, T.H.F., PRODANOFF, J.H.A., FREITAS, M.A.V.. **Procedures for integrating Water Sensitive Urban Design (WSUD) technologies into site planning process: Criteria for streetscape scale applied in Melbourne region – Australia.** 12th ICUD - International Conference on Urban Drainage. Porto Alegre, Brazil, Setembro de 2011(a).
- NUNES, R. T. S., PRODANOFF, J. H. A., NUNES, B. T. S., FREITAS, M. A. V. **Incorporating Water Sensitive Urban Design (WSUD) practices into the planning context: The conceptual case for lot-scale developments.** United Kingdom, Wessex Institute of Technology: WIT Transactions on Ecology and the Environment. ISSN: 1743-3541. Dezembro de 2011(b).
- NUNES, R. T. S. **Conservação da Água em Edifícios Comerciais: Potencial de uso racional e reúso em shopping Center.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético e Ambiental), PPE/COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
- PORTO, R., ZAHED F. K., TUCCI, C.E.M. **Drenagem Urbana.** In: Hidrologia, Ciência e Aplicação. Editora da UFRGS, ABRH, 1993.
- POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH. **Water Supply and Sanitation Discussion Paper.** Berlim: Conference “Time to Adapt – Climate Change and the European Water Dimension: Vulnerability – Impacts – Adaptation”, 2007.
- PRODANOFF, J. H. A. **Qualidade das Águas em Inundações Urbanas.** Cap 6. IN: **Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos no Âmbito Regional e Urbano.** NUNES, R. T. S. et al (org). Rio de Janeiro: Editora Interciência, Coleção Mudanças Globais, vol 1, 2011.
- PRODANOFF, J. H. A. **Avaliação da poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2005.
- ROGERIO, C. P., BESER DE DEUS, L. A., NUNES, R. T. S. **Análise Espacial da Criticidade dos Eventos Hidrológicos Extremos no Estado do Rio de Janeiro.** Cap 2. IN: **Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos no Âmbito Regional e Urbano.** NUNES, R. T. S. et al (org). Rio de Janeiro: Editora Interciência, vol 1, Coleção Mudanças Globais, 2011.
- ROLA, S. M. **A Natureza como Ferramenta para a Sustentabilidade de Cidades: Estudo da Capacidade do Sistema de Natureza em Filtrar a Água de Chuva.** Tese (Doutorado em Planejamento Energético e Ambiental), PPE/COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2008.
- SANTOS, R. F.; CALDEYRO, V. S. **Paisagens, condicionantes e mudanças.** Cap 2. In: **Vulnerabilidade Ambiental.** SANTOS, R. F.(org.). Brasília: MMA, 2007.

- SEDEC - Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Estatísticas dos Desastres no Brasil**. Disponível em: <http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes.asp>. Acesso em: 24 de novembro 2008.
- SEMADS, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio de Janeiro.. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – Uma abordagem geral**. Rio de Janeiro, 160p, 2001a.
- SEMADS, Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio de Janeiro. Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses: Uma síntese informativa por macrorregião ambiental IN: **Projeto PLANÁGUA 3**. Rio de Janeiro: SEMADS/GTZ, 2001b.
- SMART GROWTH AMERICA. **Smart Growth protects water quality**. Disponível em: <http://www.smartgrowthamerica.org>. Acesso em: 29 de Setembro de 2011.
- STATE GOVERNMENT OF VICTORIA. **Melbourne 2030 - Planning for sustainable growth**. Department of Infrastructure, Victoria State, Australia, 2002.
- SUDERSHA. Medidas não-estruturais. IN: **Plano Diretor de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba**. CH2MHILL Engenharia do Brasil Ltda., 2002.
- TUCCI, C. E M. A água no meio urbano. IN: **Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. São Paulo: Escrituras, 3ª ed, 2006.
- TUCCI, C.E.M. Controle de enchentes. IN: **Hidrologia Ciência e Aplicação**, 3º ed., Porto Alegre, ABRH-Editora UFRGS, p.621-658, 2002.
- TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e do uso do solo nos recursos hídricos**. Estudo preparado como contribuição da ANA – Agência Nacional de Águas para a Câmara Temática sobre Recursos Hídricos do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, maio de 2002.
- TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Porto Alegre (RS): Curso de Gestão das Inundações Urbanas, junho de 2005.
- U.S. DHUD, Department of Housing and Urban Development. **The practice of Low Impact Development**. Washington, D.C. Disponível em: www.lowimpactdevelopment.org. 2003. 119p.
- U.S. EPA, United States Environmental Protection Agency. **Low Impact Development (LID): A Literature Review**. Washington, D.C. Disponível em: www.lowimpactdevelopment.org/pub. 35p, 2000.
- U.S. EPA, United States Environmental Protection Agency. **Smart Growth**. Washington, D.C. Disponível em: www.smartgrowth.org. Acesso em: 28 de Setembro de 2011.
- U.S. EPA, United States Environmental Protection Agency. **National Award for Smart Growth Achievement 2010**. Washington, D.C. Disponível em: http://www.epa.gov/smartgrowth/pdf/sg_awards_2010.pdf. Acesso em: 28 de Setembro de 2011.

- U.S EPA, United States Environmental Protection Agency. **Our Built and Natural Environment**. Washington, D.C. U.S. EPA, 2001.
- U.S. EPA, United States Environmental Protection Agency. **Protecting Water Resources with Smart Growth**. Washington, DC: U.S. EPA, Development, Community and Environment Division. 231-R-04-002, 2004.
- U.S. EPA, United States Environmental Protection Agency. **Protecting Water Resources with Higher-Density Development**. Washington, DC: U.S. EPA, Development, Community and Environment Division, 231-R-06-001, 2006.
- VICTORIA STORMWATER COMMITTEE. **Urban Stormwater: Best Practice Environmental Management Guidelines**. Austrália, Victoria: CSIRO Publishing (EPA Victoria, Melbourne Water Corporation), electronic edition, 2006.
- VIOLA, H. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – o estudo de caso da cidade do samba**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético), PPE/COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- VIOLA, H., NUNES, R. T. S. & FREITAS, M. A. V. **Aproveitamento de Águas Pluviais como Potencial Ação Mitigadora dos Efeitos das Mudanças Climáticas: O Caso da Cidade do Samba no Município do Rio de Janeiro**. In: anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH e do 8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa - SILUSBA. São Paulo, 2007.
- VOLSCHAN JR., I. Sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. IN: **Rio Próximos 100 anos**. GUSMAO, P. P., CARMO P. S., VIANNA, S. B. (orgs). Rio de Janeiro: IPP – Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, 2008.
- WONG, T. H. F. (org). **Australian Runoff Quality: A guide to Water Sensitive Urban Design**. Engineers Australia, Canberra, Australia, 2006a.
- WONG, T. H. F. **A overview of Water Sensitive Urban Design Practices in Australia**. Victoria, Australia: IWA Publishing, Water Practice & Technology, vol 1, No. 1, 2006b.
- WONG, T.H.F., BREEN, P., LLOYD, S. **Water Sensitive Road Design - Design Options for Improving Stormwater Quality of Road Runoff**. Technical report 00/1. CRCCH – Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Australia, 2000.

Apêndices - Registros das Visitas Técnicas

APENDICE I – Bairro de Lynbrook State, Melbourne, Austrália.



Figura I.A – Desenho Esquemático do projeto WSUD para o Bairro de Lynbrook.
Fonte: Lloyd, 2010.



Figura I.B - Valas vegetadas de Biofiltração nas calçadas.
Fonte: Nunes, R. T.S., 2010.



Figura I.C - Arborização e Sistema de biofiltração no canteiro central em Lynbrook.

Fonte: CWSC., 2011.



Figura I.D - Wetland e Lago ornamental (Bacia de retenção) em Lynbrook.

Fonte: Nunes, R. T.S., 2010.

APENDICE II - Fairfield Park, Melbourne, Austrália.



Figura II.A: Sistema de tratamento de águas pluviais do Fairfield Park.

Fonte: Nunes, R. T.S., 2010.



Figura II.B: Condução das águas pluviais (à esquerda), gradeamento (ao centro), e extravasor (à direita).

Fonte: Nunes, R. T.S., 2010.

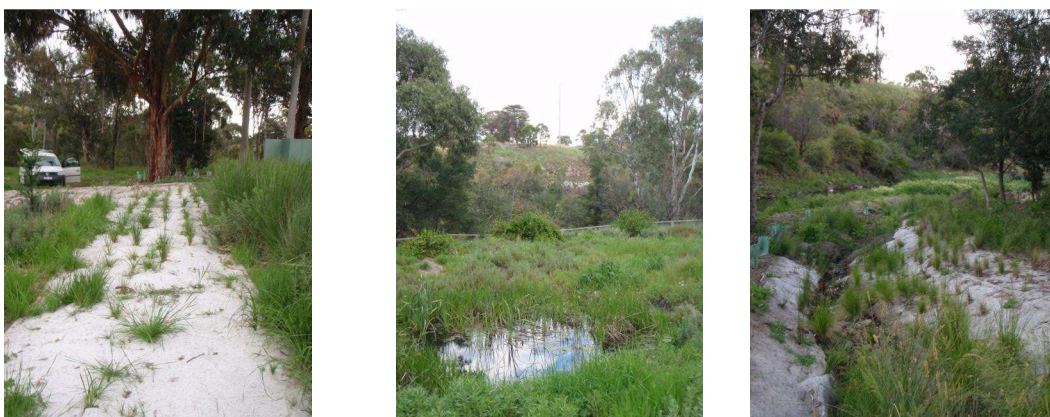


Figura II.C – Sistema de bioretenção (à esquerda), bacia de retenção (ao centro), e vala vegetada (à direita).

Fonte: Nunes, R. T.S., 2010.

APENDICE III - Bairro de Richmond, Melbourne, Austrália.



Figura III.A – Sistema de bioretenção nas ruas do bairro de Richmond.

Fonte: Nunes, R. T. S., 2010.

APENDICE IV - Bairro de Docklands, Melbourne, Austrália.



Figura IV.A – Wetlands no pátio do prédio do banco NAB (Docklands).

Fonte: CWSC, 2011.

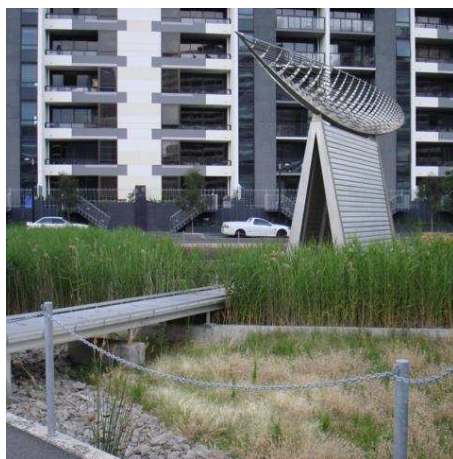


Figura IV.B – Wetlands no Bairro de Docklands.

Fonte: Nunes, R. T.S., 2010.



Figura IV.C – Wetlands no Bairro de Docklands.

Fonte: Nunes, R. T.S., 2010

APENDICE V - Syndal South Primary School, Melbourne, Austrália.



Figura V.A – Exemplo de Pavimento Poroso.

Fonte: Nunes, R. T.S., 2010.



Figura V.B – Detalhe do pavimento poroso (à esquerda) e cisterna de armazenamento da água tratada sob área gramada de recreação (à direita).

Fonte: Nunes, R. T.S., 2010.