IVIE EMI SAKUMA KAWATOKO

ESTABELECIMENTO DE CENÁRIOS DE MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO-ESTRUTURAIS PARA GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS EM ESCALA DE LOTE

SÃO CARLOS

2012

IVIE EMI SAKUMA KAWATOKO

ESTABELECIMENTO DE CENÁRIOS DE MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO-ESTRUTURAIS PARA GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS EM ESCALA DE LOTE

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia (Hidráulica e Saneamento).

ORIENTADOR: Prof. Dr. Eduardo Mario Mendiondo

SÃO CARLOS

2012

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

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

Kawatoko, Ivie Emi Sakuma
K22e Estabelecimento de cenários de medidas estruturais e não-estruturais para gestão das águas urbanas em escala de lote / Ivie Emi Sakuma Kawatoko ; orientador Eduardo Mario Mendiondo. –- São Carlos, 2012.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento) –- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

1. Gestão de águas urbanas. 2. Medidas não-estruturais. 3. Medidas estruturais. 4. Drenagem urbana I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **IVIE EMI SAKUMA KAWATOKO.**

Título da dissertação: "Estabelecimento de medidas não-estruturais como instrumentos de gestão das águas urbanas em escola de lote".

Data da defesa: 15/03/2012

Comissão Julgadora:	Resultado:
Prof. Dr. **Eduardo Mario Mendiondo (Orientador)** (Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)	APROVADA
Prof. Dr. **João Luiz Boccia Brandão** (Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)	APROVADA
Prof. Dr. **Ricardo Siloto da Silva** (Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)	APROVADA

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento:
Prof. Titular **Edson Cezar Wendland**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo Cesar Lima Segantine**

À minha família e amigos, pelo amor e carinho que sempre me dedicaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a Deus, bem como a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e em especial:

Aos meus pais Fátima Kazuko Sakuma e Massaru Kawatoko, base da minha formação, através do apoio incondicional em todos os sentidos, ao longo de minha vida.

Aos familiares (avós, tios, primos) e, impreterivelmente, ao meu avô Izume Sakuma *"in memorian",* grande incentivador dos meus estudos e responsável por despertar meu interesse na Engenharia.

Ao Profº Dr. Eduardo Mário Mendiondo, orientador da presente pesquisa, pela oportunidade e confiança concedidas para trabalhar numa área inovadora.

Aos amigos do Mestrado e do Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas (NIBH) pela amizade e contribuições profissionais (Aline, Dani, Dulce, Gui, Irene, Pedro, Stephan).

Aos professores e funcionários da EESC-USP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento, bem como ao CNPq pelo apoio institucional e financeiro.

À Profª Dra. Maria Cristina Rizk pela orientação, amizade, conhecimentos, conselhos transmitidos e, principalmente, por ter me iniciado na área acadêmica.

Aos professores da FCT-UNESP, Dr Antonio Cezar Leal, Dra Renata Ribeiro Araújo, Dra Encarnita Salas Martins, bases do curso de Engenharia Ambiental.

A algumas pessoas que me confortaram em momentos difíceis e ajudaram a superar desafios, motivando a seguir em frente: Bárbara Kimura, Guilherme Barbosa, Jamile e Julia Moreira, Lisi Benites e Priscila Camiloti.

E sem distinções, aos meus amigos próximos ou distantes fisicamente (Andradina, Presidente Prudente, Santópolis, São Carlos e São Paulo), que estiveram presentes não só nos momentos de glória, seja em forma de apoio, torcida ou conselhos: Alberto, Alice, Ana Rita, Aruana, Claudio, Danilo, David, Débora, Diana, Douglas, Felipe, Fer, Flávia, Fran, Gabi, Guilherme, Isabela, Jorge, Ju, Junior, Letícia, Magali, Marcella, Mariana, Mônica, Monique, Natiele, Nathy, Paula, Paty, Pedro, Rafael, Rodrigo, Roy, Thiago, Vitor.

“Nunca perca a fé na humanidade, pois ela é como um oceano. Só porque existem algumas gotas de água suja nele, não quer dizer que ele esteja sujo por completo.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

Questões de planejamento aliadas ao aumento da impermeabilização contribuem para a redução do amortecimento das águas, o que possibilita a ocorrência das enchentes urbanas. Assim, é imprescindível a adoção de instrumentos e ferramentas que permitam um adequado gerenciamento dos recursos hídricos, bem como de sua drenagem. Nesse sentido, o presente trabalho consistiu em propor e aplicar novas metodologias de medidas compensatórias não-estruturais como instrumentos de gestão das águas urbanas (Balanço Hídrico de Terceira Geração, "IPTU Hidrológico") em escala de lote urbano, de forma a gerar cenários prospectivos, que mostrem a influência da adoção de indicadores de pegada hídrica e de medidas estruturais da drenagem urbana no grau de neutralidade dos impactos no lote. A metodologia consistiu no dimensionamento e análises de custos das medidas estruturais (tanque de água e trincheira de infiltração) para um lote de 200m², a serem incorporadas ou não nas medidas não-estruturais (Balanço Hídrico de Terceira Geração e "IPTU Hidrológico"); que por sua vez, foram calculadas em função das componentes das águas urbanas, variáveis hidráulicas e hidrológicas. Ao final, foram formados 4 cenários em escala prospectiva atual (2010), 2025, 2050, 2075 e 2100: *Global Orchestration, Order from Stregth, Adapting Mosaic, TechnoGarden* e realizadas análises de sensibilidade das medidas não-estruturais em nível de escala de lote, bem como ponderações das componentes das águas urbanas para a obtenção dos valores monetários de IPTU. Por fim, foram extraídas justificativas pertinentes a tais medidas, com base em elementos técnicos, econômicos, sociais e ambientais de Águas Urbanas sob o contexto da Lei Federal de Saneamento Básico nº 11.445/07.

Palavras-Chave: medidas estruturais; medidas não-estruturais; drenagem urbana; gestão das águas urbanas.

ABSTRACT

Planning's questions with the increase of impervious areas contribute to reduce the damping of water, allowing urban flooding's occurence. Thus, it's necessary to adopt instruments and tools that allow an appropriate management of water resources, as well as its drainage. In this sense, this paper proposed and implemented new methods of non-structural compensating measures as tools for urban water management (3rd Generation of Water Balance and "Hydrological IPTU tax") on urban scale in order to generate future scenarios that show the influence of the adoption of waterfootprint's indicators and structural measures in the neutrality of impacts in urban drainage. The methodology consisted in the design and cost analysis of the structural measures (water tank and infiltration trenches), for a 200 m² lot, to be incorporated or not on the non-structural measures, which in turn were determinated by the hydraulic and hydrologic components of urban water. In the end, four scenarios were formed in time scale, current (2010), 2025, 2050, 2075 and 2100 (Global Orchestration, Order from Strength, Adapting Mosaic and TechnoGarden), as well as were performed sensibility analyses of non-structural measures in terms of urban scale and are assigned weights of the urban water's components to obtain the monetary value of taxes. Finally, relevant justifications were described, based on technical, economic, social and environmental questions of urban water, under the context of Sanitation's Federal Law nº11.445/07.

Keywords: structural measures, non-structural measures, urban drainage, urban water management.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **1**

2. OBJETIVOS **3**

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL 3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **4**

3.1 EVOLUÇÃO DO SANEAMENTO NO CONTEXTO DAS ÁGUAS URBANAS 4
3.2 VULNERABILIDADE, RISCOS E IMPACTOS DAS ÁGUAS URBANAS 6
3.3 DRENAGEM URBANA 8
3.4 MEDIDAS COMPENSATÓRIAS ESTRUTURAIS DE DRENAGEM URBANA COMO INSTRUMENTOS DE ADAPTAÇÃO 10
3.4.1 RESERVATÓRIOS DE ÁGUA 11
3.4.2 TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO 13
3.4.3 OPERAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS 16
3.4.4 EFEITOS COMBINADOS DO USO DE MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES URBANAS 17
3.5 MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS COMO INSTRUMENTOS DE ADAPTAÇÃO E GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS 19
3.5.1 BALANÇO HÍDRICO DE TERCEIRA GERAÇÃO 23
3.5.1.1 COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO DE TERCEIRA GERAÇÃO 28
3.5.2 INCENTIVOS AMBIENTAIS E O “IPTU HIDROLÓGICO” 31
3.5.2.1 ARMAZENAMENTO MÁXIMO 33
3.5.2.2 VAZÃO MÁXIMA 33
3.5.2.3 PEGADA HÍDRICA 34
3.5.2.4 MATÉRIA ORGÂNICA 35
3.5.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE 36
3.6 CENÁRIOS COMO FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS 37
3.6.1 GLOBAL ORCHESTRATION 42
3.6.2 ORDER FROM STRENGTH 42
3.6.3 ADAPTING MOSAIC 43
3.6.4 TECHNOGARDEN 44

4. MATERIAIS E MÉTODOS **46**

4.1 MEDIDAS ESTRUTURAIS DE DRENAGEM URBANA 47
4.1.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA 47
4.1.2 DIMENSIONAMENTO DA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO 47
4.2 MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS COMO INSTRUMENTOS DE GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS 50
4.2.1 BALANÇO HÍDRICO DE TERCEIRA GERAÇÃO 50
4.2.1.1 PRECIPITAÇÃO ANUAL 51
4.2.1.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÉDIA ANUAL 51
4.2.1.3 LÂMINA DE ESCOAMENTO 52
4.2.1.4 PEGADA HÍDRICA 53
4.2.1.5 ÁGUA VIRTUAL DE SAÍDA (LIXIVIADO DOS RESÍDUOS) 54
4.2.1.6 ESGOTO SANITÁRIO 54
4.2.1.7 FATORES DE DILUIÇÃO 54
4.2.2 “IPTU HIDROLÓGICO” 55
4.2.2.1 ARMAZENAMENTO MÁXIMO 56
4.2.2.2 VAZÃO MÁXIMA 57
4.2.2.3 PEGADA HÍDRICA 57
4.2.2.4 MATÉRIA ORGÂNICA 58

4.2.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DAS MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS 58

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 59

5.1 MEDIDAS COMPENSATÓRIAS ESTRUTURAIS DE DRENAGEM URBANA 59
5.1.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA 59
5.1.2 DIMENSIONSAMENTO DA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO 60
5.1.3 AVALIAÇÃO DE CUSTOS DE MEDIDAS ESTRUTURAIS DE DRENAGEM URBANA 62
5.2 MEDIDAS COMPENSATÓRIAS NÃO-ESTRUTURAIS PARA GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS 66
5.2.1 BALANÇO HÍDRICO DE TERCEIRA GERAÇÃO 67
5.2.1.1 PRECIPITAÇÃO 67
5.2.1.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL 68
5.2.1.3 ESCOAMENTO 68
5.2.1.4 PEGADA HÍDRICA 70
5.2.1.5 ÁGUA VIRTUAL DE SAÍDA (LIXIVIADOS DOS RESÍDUOS) 76
5.2.1.6 ESGOTO SANITÁRIO 77
5.2.1.7 DILUIÇÕES 78
5.2.2 “IPTU HIDROLÓGICO” 81
5.2.2.1 ARMAZENAMENTO MÁXIMO 82
5.2.2.2 VAZÃO MÁXIMA 83
5.2.2.3 PEGADA HÍDRICA 84
5.2.2.4 MATÉRIA ORGÂNICA 86
5.2.2.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO IPTU HIDROLÓGICO 88
5.2.2.5.1 Escala de lote urbano 88
5.2.2.5.2 Ponderação das componentes do “IPTU Hidrológico” 93

6. CONCLUSÃO 102

7. RECOMENDAÇÕES 104

8. REFERÊNCIAS 106

APÊNDICE A 115

APÊNDICE B 116

APÊNDICE C 123

APÊNDICE D 125

APÊNDICE E 126

APÊNDICE F 127

APÊNDICE G 128

APÊNDICE H 129

APÊNDICE I 131

APÊNDICE J 133

APÊNDICE K 135

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Esquema de uso da trincheira de infiltração para o armazenamento de água pluvial 13
Figura 3.2 – Corte em perspectiva de uma trincheira de infiltração 14
Figura 3.3 – Sistema de coleta e aproveitamento da água da chuva 16
Figura 3.4 – Realimentação do sistema de reservação entre caixas d'água 17
Figura 3.5– Medidas estruturais e não estruturais mais aplicadas na Austrália 22
Figura 3.6– Esquema do ciclo hidrológico 23
Figura 3.7– Esquema dos fluxos do Balanço Hídrico indicando as possíveis entradas e saídas de água de um volume de controle 26
Figura 3.8– Esquema do Balanço Hídrico de Terceira Geração no lote urbano 27
Figura 3.9– Componentes da Pegada Hídrica 34
Figura 3.10– Estrutura dos cenários 38
Figura 5.1: Gráfico Indicador Simples x Ai/At medidas compensatórias C1 62
Figura 5.2: Gráfico Indicador Composto x Ai/At medidas compensatórias C1 63
Figura 5.3: Gráfico Indicador Simples x Ai/At medidas compensatórias do C2 63
Figura 5.4:Gráfico Indicador Composto x Ai/At medidas compensatórias C2 63
Figura 5.5 – Dimensionamento da trincheira de infiltração do lote de 200m² 65
Figura 5.6 – Lote urbano de 200m² 67
Figura 5.7 Localização de São Carlos 67
Figura 5.8 - Alturas Pluviométricas de São Carlos (1972-2010) 68
Figura 5.9– Série Histórica do Crescimento Populacional 70
Figura 5.10– Série Histórica do PIB per capta (R$) 70
Figura 5.11 – Distribuição da Pegada Hidrica 2010 no Brasil 71
Figura 5.12– Relação Pegada Hídrica do Consumo Doméstico e o PIB (US$) 72
Figura 5.13– Relação Pegada Hídrica da Indústria e o PIB (US$) 72
Figura 5.14- Relação entre Consumo de Carne e PIB (US$) 72
Figura 5.15– Relação entre Pegada Hídrica e consumos de carnes e agricultura 73
Figura 5.16- Cenários M.A. para o consumo doméstico de água no mundo em 2050 73
Figura 5.17– Cenários M.A. para o consumo de produtos industrializados em 2050 74
Figura 5.18 – Cenários M.A. para o consumo de carnes em 2050 74
Figura 5.19 – Cenários M.A. para o consumo de cereais em 2050 75
Figura 5.20– "IPTU Hidrológico" do Armazenamento Máximo 82
Figura 5.21– "IPTU Hidrológico" da Vazão Máxima 84
Figura 5.22 – "IPTU Hidrológico" da Pegada Hídrica 85
Figura 5.23– IPTU da Matéria Orgânica 87
Figura 5.24– Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, MO) do Global Orchestration 89
Figura 5.25 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, MO) do Order from Strength 89
Figura 5.26 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, MO) do Adapting Mosaic 90
Figura 5.27 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, MO) do TechnoGarden 90
Figura 5.28 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, P.H., MO) Global Orchestration 91
Figura 5.29 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, P.H., MO) Order from Strength 92
Figura 5.30 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, P.H., MO) Adapting Mosaic 92
Figura 5.31 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, P.H., MO) TechnoGarden 92
Figura 5.32 – Ponderação do Smáx e Qmáx do cenário Global Orchestration 94
Figura 5.33 – Ponderação do Smáx e Qmáx do cenário Order from Strength 94
Figura 5.34 – Ponderação do Smáx e Qmáx do cenário Adapting Mosaic 94
Figura 5.35– Ponderação do Smáx e Qmáx do cenário TechnoGarden 95
Figura 5.36 – Análise de sensibilidade de pesos GO (Smáx, Qmáx e MO) 96
Figura 5.37– Análise de sensibilidade de pesos OS (Smáx, Qmáx e MO) 97
Figura 5.38 – Análise de sensibilidade de pesos AM (Smáx, Qmáx e MO) 97
Figura 5.39 – Análise de sensibilidade de pesos TG (Smáx, Qmáx e MO) 98
Figura 5.40 – Análise de sensibilidade de pesos GO (Smáx, Qmáx, PH. e MO) 99
Figura 5.41– Análise de sensibilidade de pesos OS (Smáx, Qmáx, PH. e MO) 99
Figura 5.42– Análise de sensibilidade de pesos AM (Smáx, Qmáx, PH. e MO) 100
Figura 5.43– Análise de sensibilidade de pesos TG (Smáx, Qmáx, PH. e MO) 101

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Histórico de exemplos de estudos de cenários 37
Tabela 3.2 – Evolução dos indicadores para o lote típico – cenário GO..... 42
Tabela 3.3 – Evolução dos indicadores para o lote típico – cenário OS 43
Tabela 3.4 – Evolução dos indicadores para o lote típico – cenário AM..... 44
Tabela 3.5 – Evolução dos indicadores para o lote típico – cenário TG 45
Tabela 4.1 – Valores do coeficiente "d" 52
Tabela 4.2 – Cálculo de Armazenamento do Solo (S) e Evapotranspiração Real (ETR) 52
Tabela 5.1 – Características do lote urbano de 200m² (pré-urbanização) 60
Tabela 5.2 – Características do lote urbano de 200m² (2010)..... 60
Tabela 5.3 – Características Pré-Urbanização..... 61
Tabela 5.4 – Características Pós-Urbanização (2010)..... 61
Tabela 5.5- Dimensionamento da trincheira de infiltração (lote 200m²) 61
Tabela 5.6 – Custos do reservatório de água..... 65
Tabela 5.7 – Custos da trincheira de infiltração..... 66
Tabela 5.8 – Precipitação, Armazenamento, Perdas e Lâmina de Escoamento 2010 69
Tabela 5.9 – Características hidrológicas do lote urbano sob cenários de longo prazo (2025-2100) 69
Tabela 5.10 – Projeções do crescimento populacional e PIB(US$) dos cenários 71
Tabela 5.11 – Pegada Hídrica Anual por Habitante..... 75
Tabela 5.12 – Projeções dos Resíduos Sólidos Urbanos e Lixiviados..... 76
Tabela 5.13 – Projeções para Consumo e Esgoto Sanitários dos Cenários..... 77
Tabela 5.14: Hipóteses adotadas para cálculo de Balanço Hídrico de 3º Geração..... 78
Tabela 5.15 – Relação DQO/DBO das componentes das águas urbanas..... 78
Tabela 5.16 – Balanço Hídrico de Terceira Geração (lote 200m²) 80
Tabela 5.17 – Valores do "IPTU Hidrológico" do Armazenamento Máximo 83
Tabela 5.18 – Vazão Máxima em 2010 para o lote urbano..... 83
Tabela 5.19 - Valores do "IPTU Hidrológico" da Vazão Máxima 84
Tabela 5.20 – Valores de "IPTU Hidrológico" da Pegada Hídrica por habitante 85
Tabela 5.21 – DQO e DBO das componentes das águas urbanas em 2010 86
Tabela 5.22- Valores de "IPTU Hidrológico" da Matéria Orgânica 87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEASC	Associação de Engenheiros, Arquitetos e Agrônomos de São Carlos
AC	Agricultura e Carnes
AM	Adapting Mosaic
BMP	Best Management Practices
CIA	Central Inteliggence Agency
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GO	Global Orchestration
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Changes
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
MA	Millenium Ecosystem Assessment
NIBH	Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas
P&E	Projeto e Execução
PI	Produtos Industrializados
O&M	Operação e Manutenção
OECD	Organization for Economic Co-Operation and Development
OS	Order from Strength
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SCS	Soil Conservation Service
TG	TechnoGarden
UNEP	United Nations Environment Programme
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UD	Uso Doméstico
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área [m²; km²]
Q	Vazão [m³/s]
t	Tempo [segundos, minutos, horas, anos]
d	Tempo de precipitação,ou duração da chuva [minutos]
Vol	Volume [m³]
P	Precipitação [mm]
Ia	Perdas Iniciais [mm]
Fa	Infiltração [mm]
Pe	Lâmina de Escoamento [mm]
CE	Coeficiente de Escoamento [adm]
S	Capacidade máxima de Armazenamento do solo [mm]
CN	Curve Number [adm]
Tr	Tempo de retorno da precipitação [anos]
tc	Tempo de concentração da bacia [h]
Vp	Volume do projeto [m³]
i	Intensidade de precipitação [mm/h]
t_D	Tempo de precipitação [s]
A_D	Área de drenagem diretamente conectada à trincheira de infiltração [m²]
d	Tempo de precipitação, ou duração da chuva [minutos]
Vin.	Volume infiltrado até o instante t [m³]
Ainf	Área efetiva de infiltração [m²]
C	Sortividade [m³/s .m²]
L	Comprimento [m]
H	Altura [m]
B	Largura [m]
Varm.ef.	Volume de armazenamento efetivo [m³]
ø	Porosidade [%]
ΔX	Grau de neutralidade do lote urbano [m³]
Aabas	Água de Abastecimento [m³]

Esan	Esgoto Sanitário [m³]
Ave	Água Virtual de Bens e Serviços [m³]
∑ Diluição	Diluições [adm]
F. Diluição	Fator de Diluição [adm]
ETR	Evapotranspiração Média Anual [mm, m³]
T	Temperatura [ºC]
Avs(Rsol)	Água virtual dos resíduos sólidos [m³]
K	Coeficiente de compactação dos resíduos [adm]
Qmax	Vazão Máximo [mm]
$i_{crítico}$	Precipitação crítica [mm/h]
Smax	Armazenamento Máximo [mm]
P.H.	Pegada Hídrica [m³]
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio [mg/L]
DQO	Demanda Química de Oxigênio [mg/L]
M.O.	Matéria Orgânica medida em DBO [mg/L]
w1, w2, w3, w4	Pesos das parcelas de IPTU [adm]
C	Coeficiente de escoamento superficial [adm]

1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado da população urbana sempre vem atrelado às questões de planejamento, como verificado no caso dos sistemas de drenagem, inadequações referentes ao saneamento, ocupação de áreas de risco. Tais questões, aliadas ao aumento da impermeabilização e, conseqüente, acréscimo do escoamento superficial, contribuem para a redução do amortecimento das águas, o que possibilita a ocorrência de grandes desastres, como as enchentes urbanas. Diante desse contexto, torna-se imprescindível a adoção cada vez mais freqüente de instrumentos de adaptação e ferramentas que permitam um adequado gerenciamento dos recursos hídricos.

Quanto aos parâmetros legais, de acordo com Mendiondo (2010), a Lei 11445/07 - Lei Federal de Saneamento Básico - estabelece um marco regulador para o Plano Diretor Urbano e define o termo "águas urbanas" como aquelas componentes da drenagem de águas pluviais (***Pe***), abastecimento de água (***Aabas***), esgotamento sanitário (***Esan***) e resíduos sólidos (***Rsol***). No entanto, nota-se que embora haja um incentivo à gestão descentralizada e integral das águas urbanas - em especial das medidas compensatórias - existe ainda um vazio metodológico, quando se trata de indicadores que subsidiem os Códigos de Obras e Planos Diretores dos Municípios.

Nesse sentido, o presente trabalho buscou primeiramente, abordar a adoção de medidas estruturais de controle de águas pluviais em escala de lote urbano, a partir do uso de dispositivos para armazenamento e infiltração do escoamento (trincheiras de infiltração, reservatórios de água) na tentativa de compensar os efeitos da urbanização.

Em sequência, essas intervenções - ligadas às obras - foram incorporadas nas medidas não-estruturais para gestão das águas urbanas, as quais estão fundamentalmente baseadas na introdução de normas, regulamentos e programas que visam, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação dos sistemas de apoio à conscientização da população e manutenção dos diversos componentes do sistema de drenagem e outros. Em suma, tais medidas não-estruturais, estabelecidas como instrumentos para a melhoria da gestão dos recursos hídricos, foram: Balanço Hídrico de Terceira Geração e "IPTU Hidrológico".

De forma sintética, o Balanço Hídrico de Terceira Geração é uma nova equação de continuidade geral, que aceita o balanço hídrico de componentes reais e virtuais, considerando como indicador o grau de neutralidade de impactos ou a sustentabilidade

das águas urbanas em escala de lote domiciliar (ΔX) e se destaca pelo acréscimo do cálculo de pegada hídrica em sua metodologia. Já, o “IPTU Hidrológico” trata-se de um instrumento para incluir ao cálculo de IPTU “tradicional” componentes ambientais com base em variáveis hidráulicas e hidrológicas, de forma a promover os incentivos ambientais.

A partir da aplicação de medidas não-estruturais de drenagem urbana como instrumentos de gestão, pôde-se, finalmente, elaborar diferentes cenários prospectivos, de modo a obter um diagnóstico da influência de aplicação de medidas estruturais sobre os impactos das águas urbanas no lote, bem como aplicar análises de sensibilidade das componentes consideradas.

Assim, ressalta-se que a proposição de novas metodologias tanto de medidas estruturais quanto não-estruturais de drenagem urbana permite a incorporação de indicadores de vulnerabilidade e seus respectivos impactos ambientais na criação de instrumentos de adaptação e gestão das águas urbanas, o que auxilia as políticas públicas e tomadas de decisão nos Planos Diretores e Códigos de Obras Municipais, temas englobados no Projeto FAPESP “*Assessment of Impacts and Vulnerability to Climate Change in Brazil and Strategies for Adaptation Options*” (MARENGO ORSINI, 2009) e Projeto de pesquisa FINEP “*Monitoramento, avaliação do processo de transformação Chuva-vazao sob os aspectos quali-quantitativos, suas inter-relações com a geracao de resíduos sólidos e proposição de medidas compensatórias em subbacias urbanas de diferentes níveis de ocupação do Município de São Carlos"* (REIS, 2010).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

O objetivo principal do presente trabalho consistiu em aplicar novas metodologias de medidas compensatórias não-estruturais para gestão das águas urbanas, bem como avaliar a influência da adoção das medidas estruturais de drenagem urbana sobre seus cenários prospectivos, em escala de lote urbano. Nesse sentido, foram abordados o Balanço Hídrico de Terceira Geração, o "IPTU Hidrológico" e os dispositivos estruturais: reservatórios de água e trincheiras de infiltração.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desta forma, os objetivos específicos do presente trabalho consistiram em:

- Dimensionar e analisar custos de medidas estruturais de drenagem urbana em escala de lote;
- Aplicar novas metodologias de medidas não-estruturais para gestão das águas urbanas, como o cálculo do Balanço Hídrico de Terceira Geração e do “IPTU Hidrológico”, com o intuito de estabelecer instrumentos de gestão dos recursos hídricos e incorporar a Pegada Hídrica;
- Construir cenários prospectivos em escala de lote urbano das medidas não-estruturais propostas;
- Aplicar análises de sensibilidade às componentes consideradas nos cálculos das medidas não-estruturais de gestão das águas urbanas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 EVOLUÇÃO DO SANEAMENTO NO CONTEXTO DAS ÁGUAS URBANAS

De acordo com Baptista et al. (2005), desde a Idade Antiga, as populações habitantes de áreas ribeirinhas mantinham uma relação harmônica entre a disponibilidade de água e a ocorrência de inundações. No entanto, já na Idade Média surgiram os primeiros conflitos; visto que ainda não se fazia uso de sistemas de evacuação por canalização das águas pluviais e de esgoto, o que acarretava no despejo dessas águas em pontos baixos das cidades, geralmente ocupados pela população desfavorecida. No século XVI surgiram as primeiras obras de canalização e regularização dos cursos d'água, em que muitos destes após serem cobertos, ressurgiram na ocorrências de precipitações intensas. O adensamento das aglomerações urbanas, a partir do século XIX, trouxe problemas relacionados à precariedade de infraestrutura dos sistemas de saneamento e a Europa teve como conseqüência grandes epidemias de cólera e tifo.

Tucci (2003) afirmou que na época, as doenças ocorriam principalmente devido às condições sanitárias dos efluentes da própria população e da contaminação de suas fontes de abastecimento.

Já em meados do século XIX, iniciou-se o pensamento higienista e até os dias atuais são estes que predominam na concepção de projetos de drenagem. O princípio do pensamento higienista para a drenagem de águas pluviais e das águas servidas é sua rápida evacuação das áreas urbanas por meio da utilização de canalizações e retificação dos cursos d'água, pois em tempos atrás, associava-se à proliferação de doenças à estagnação das águas e à sua baixa velocidade de escoamento (SANTOS, 2002).

No Brasil, o Engenheiro Saturnino de Brito, no final do século XIX, deu início ao planejamento urbano das cidades integrado com a saúde pública, bem como a questão da evacuação das águas servidas e das águas pluviais, antes tidas como secundárias, em detrimento das considerações artísticas, iniciando também à implantação do sistema separador absoluto, ou seja, uma rede para o esgoto sanitário e outra para a drenagem das águas pluviais. O Engenheiro defendia ainda que o traçado das cidades devia ser elaborado de acordo com as características topográficas do terreno e as linhas de escoamento das águas (LEME, 1999).

Na visão de Baptista *et al.* (2005), atualmente, a solução adotada para os problemas de drenagem urbana ainda tem sido o aumento da eficiência hidráulica associada aos condutos artificiais que devem ser periodicamente redimensionados e reconstruídos - para que não gerem o aumento da velocidade do escoamento, redução do tempo de concentração das águas nas bacias hidrográficas e consequente ascensão dos picos de cheia - conservando a abordagem corretiva das cheias urbanas ao invés de uma abordagem preventiva e mais próxima da sustentabilidade. Pois, o que ocorre na realidade é a transferência do problema para a jusante, desencadeando em novas obras de drenagem, onerosas e custeadas pelo poder público.

Portanto, torna-se imprescindível que para buscar a sustentabilidade em relação à drenagem urbana, uma nova abordagem - com termos técnicos e gerenciais, baseada no reconhecimento das interações entre ecossistemas naturais, sistemas urbanos artificias e sociedade – seja adotada. Deve se reconhecer que a drenagem urbana é parte de um sistema de gestão multissetorial e não somente de algumas obras de controle de enchentes (POMPÊO, 2000).

3.1.1 Lei do Saneamento Básico

Nesse contexto do saneamento, a Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Federal de Saneamento Básico. Destaca-se que entre outros, os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos princípios de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, a serem realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente.

A lei instituiu também que haja disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado.

Entende-se por drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, o conjunto de atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

De acordo com Mendiondo (2010), a Lei Federal de Saneamento Básico estabeleceu um marco regulador para o Plano Diretor Urbano e definiu o termo “águas urbanas” como aquelas componentes da drenagem de águas pluviais (***Pe***),

abastecimento de água (***Aabas***), esgotamento sanitário (***Esan***) e resíduos sólidos (***Rsol***). No entanto, nota-se que embora haja um incentivo à gestão descentralizada e integral das águas urbanas - em especial das medidas compensatórias - existe ainda um vazio metodológico, em especial de indicadores que subsidiem os Códigos de Obras e Planos Diretores dos Municípios.

Quanto aos aspectos econômicos e sociais, de acordo com o Artigo 29, os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços, por exemplo sobre o manejo de águas pluviais urbanas: na forma de tributos, inclusive taxas, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades.

Paralelamente, foi estabelecido pelo Artigo 36 que a cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como o nível de renda da população a ser atendida e as características do lote referentes às áreas que podem ser edificadas.

3.2 VULNERABILIDADE, RISCOS E IMPACTOS DAS ÁGUAS URBANAS

De acordo com Kobiyama *et al.* (2006), ao analisar a literatura, observou-se que não há um acordo entre os pesquisadores e/ou gerenciadores sobre as definições de risco, vulnerabilidade, perigo e susceptibilidade. Isto aumenta ainda mais a dificuldade no estabelecimento de métodos comuns. Porém, existem diversas tentativas para quantificar perigo, risco e vulnerabilidade.

O conceito de vulnerabilidade está relacionado a uma condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, define os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos previstos. Em outras palavras, seria a relação existente entre a intensidade do dano (ID) e a magnitude da ameaça (MA), caso ela se concretize como evento adverso (Castro, 1999).

$$V = ID / MA$$

Para a ISDR (2004), inicialmente, o conceito de vulnerabilidade era adotado por engenheiros referente à elaboração de projetos relacionados aos níveis de resistência às forças físicas exercidas pelo movimento do solo, vento e água. Hoje, o conceito de vulnerabilidade está ligado ao reflexo do estado físico, social, econômico e ambiental tanto individual como coletivo. Estes fatores são moldados continuamente pelas atitudes, comportamentos e influências culturais, sócio-econômicas e políticas sobre os indivíduos, famílias, comunidades e países.

Em termos de riscos de desastres, de acordo com a ISDR (2009), a vulnerabilidade seria uma propensão ou suscetibilidade a sofrer perdas associada a uma gama de características físicas, sociais, políticas, econômicas, culturais e institucionais.

Segundo Castro (1999), o risco seria a medida de danos e prejuízos potenciais, expressas em termos de: probabilidade estatística de ocorrência, intensidade ou grandeza das consequências possíveis. Em outras palavras, a relação existente entre a probabilidade estatística de que uma ameaça de evento adverso ou de acidente determinado se concretize com uma magnitude definida ou em suma, o grau de vulnerabilidade do sistema receptor e seus efeitos (Castro, 1999).

Já o impacto ambiental, de acordo com o Artigo 1º da Resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), seria qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem direta ou indiretamente:

- A saúde, segurança e o bem estar da população;
- As atividades sociais e econômicas;
- A biota;
- As condições estéticas e sanitárias ambientais;
- A qualidade dos recursos ambientais.

Assim, em termos de águas urbanas e suas componentes investigadas nas medidas compensatórias não-estruturais, foram trabalhados indicadores de vulnerabilidade que se referem às características intrínsecas do sistema, bem como os impactos ambientais decorrentes das alterações físicas, químicas, biológicas que foram verificados ao longo dos cenários prospectivos.

3.3 DRENAGEM URBANA

No contexto global, as alterações climáticas não determinam apenas modificações dos valores médios do escoamento, mas também dos seus valores extremos, o que provoca alterações dos regimes de cheias e secas. Estudos evidenciam uma tendência geral para um acréscimo da precipitação na época úmida e um decréscimo da precipitação na época seca. O regime de escoamento deverá, normalmente, seguir esta tendência geral, sendo assim de se esperar uma intensificação das cheias e secas, em conseqüência das alterações climáticas (MENDES *et al.*, 2004).

Paralelamente, o crescimento desordenado da população urbana acentua os problemas de falta de planejamento adequado no que se refere às instalações de sistemas de drenagem, de esgotos sanitários e a inexistência de restrições quanto à ocupação das áreas de risco estabelecidas pelos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano. A multiplicação do número de loteamentos é uma das ações humanas mais impactantes, pois além de ser de fácil disseminação e constituir uma necessidade do ser humano, a demanda por seu produto é consideravelmente inesgotável e seus efeitos são dificilmente reversíveis (CARVALHO e BRAGA, 2003).

Estes fatores, aliados à crescente impermeabilização, culminam invariavelmente no aumento do escoamento superficial com redução de amortecimento das águas, o que ocasiona aumentos nas vazões máximas, e conseqüentes riscos de desastres (BRITO, 2006). De acordo com simulações de impacto de urbanização feitas por Tucci *et al.* (2000), há um aumento nos valores de picos e nos volumes totais escoados dos hidrogramas de saída dos lotes em crescente ocupação em relação às condições de pré-urbanização.

Além disso, outras alterações e conseqüências podem ser verificadas no meio físico de uma bacia hidrográfica - criando novas paisagens que implicam em alterações significativas no meio ambiente, no solo, na vegetação, na fauna, na hidrografia, no ar e no clima - como citadas por Tucci (2003):

- Desmatamento e alterações na cobertura vegetal: diminui a evapotranspiração, a interceptação vegetal e a proteção natural do solo contra os efeitos da erosão. As conseqüências são alterações climáticas, do ciclo hidrológico, do balanço hídrico e assoreamento de rios e canais pelo arraste e sedimentação de partículas;
- Impermeabilização do solo e inadequação das diretrizes de ocupação: reduz ou impede a infiltração da água pela eliminação e/ou redução de áreas permeáveis,

interfere na recarga de água subterrânea e no escoamento de base, bem como acentua o escoamento superficial direto e a intensidade de fluxo fluvial;

- Ocupação das várzeas e áreas inundáveis: acarreta maiores picos de vazão pela impermeabilização do leito maior do curso d'água, causa o arraste de resíduos sólidos para os rios, incrementa os prejuízos econômicos quando há ocorrências de inundações, de forma a expor a população ribeirinha ao risco;
- Qualidade da água pluvial e poluição difusa: a degradação da qualidade das águas pluviais pode ocorrer não só devido à poluição atmosférica seguida da precipitação de partículas nas superfícies e posterior, lixiviação destas nos primeiros minutos de chuva, mas também por ligações clandestinas de esgoto nas redes de drenagem;
- Disposição inadequada de resíduos sólidos: obstruem o escoamento das águas pluviais, reduzem a eficiência dos canais e condutos e causam o entupimento de estruturas hidráulicas, podendo causar enchentes;
- Canalização e retificação de córregos e rios para melhoria do fluxo das águas: aceleram o escoamento das águas pluviais e reduzem o tempo de concentração nas bacias hidrográficas, ampliando os picos de vazões nos cursos d'água. Por outro lado, quando bem dimensionados e monitorados podem apresentar resultados satisfatórios no controle de enchentes locais, com a condição de transferir o problema para áreas à jusante.

Geralmente, os instrumentos tradicionais de controle do solo e planejamento urbano são voltados ao zoneamento e coeficientes de ocupação. O zoneamento é o instrumento de planejamento urbano mais difundido no Brasil e sua prática tem apresentado caráter econômico, voltado mais ao mercado imobiliário, regulamentação de uso, setorização das atividades, localização e intensidade de ocupação do que aos problemas sócio-ambientais das cidades (CARVALHO e BRAGA, 2003). Tucci (2003) afirmou ainda que o zoneamento não tem contemplado aspectos das águas urbanas como esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem das águas de inundação.

Segundo Cruz *et al*. (2007), a gestão da drenagem urbana na maioria dos municípios brasileiros ainda não é vislumbrada com a devida importância pelos gestores, dada a ausência de um planejamento específico para o setor. De forma geral, o gerenciamento da drenagem urbana é realizado pelas secretarias de obras municipais e apresenta-se desvinculado das ações planejadas para os demais setores relacionados,

como água, esgoto e resíduos sólidos. Iniciativas isoladas de algumas cidades têm sido observadas no sentido de promover uma regulamentação para a drenagem urbana associada aos dispositivos de ordenamento do uso e ocupação do solo. No entanto, estas iniciativas ainda carecem de uma visão mais integrada dos processos urbanos e da consideração de conceitos que os aproximem à sustentabilidade.

Nos últimos anos, um conceito de controle estrutural alternativo ao convencional tem conquistado espaço no cenário da drenagem urbana brasileira, as BMPs (*Best management practices*), que são técnicas com foco na não-transferência dos problemas para jusante pelo controle do escoamento na bacia, isto é, mais próximo de sua fonte e não no curso d'água (CRUZ et al., 2007).

Apesar dos dispositivos já serem aplicados em algumas localidades desde os anos 70, a EPA (*Enviromental Protection Agency*) desenvolveu o conceito de BMPs apenas na década de 80 nos EUA, cuja designação consiste numa medida estrutural de planejamento de controle de águas pluviais em escala de bacia a partir do uso de estruturas físicas para armazenamento e infiltração do escoamento (trincheiras de infiltração, telhados verdes, cisternas) na tentativa de compensar os efeitos da urbanização (URBONAS & STAHRE, 1993).

Já as medidas não-estruturais poderiam ser definidas como aquelas de adaptação que visam uma melhor convivência da população com as enchentes, com caráter preventivo, de forma a serem agrupadas em: regulamentação de uso da terra, construções à prova de enchentes, seguros de enchente, previsão, sistemas de alerta (ANDRADE FILHO, 2000).

Na concepção de Tucci (1995), as medidas de controle de inundações podem ser classificadas em estruturais, quando o homem modifica o rio, e não-estruturais, quando o homem convive com o rio. Nesse sentido, os itens seguintes apresentarão uma breve revisão sobre as medidas compensatórias estruturais de drenagem urbana e as medidas não-estruturais para gestão das águas urbanas, ambas aplicadas como instrumentos de adaptação.

3.4 MEDIDAS COMPENSATÓRIAS ESTRUTURAIS DE DRENAGEM URBANA COMO INSTRUMENTOS DE ADAPTAÇÃO

Com o crescente aumento das cidades e das dificuldades de planejamento urbano como já descrito anteriormente, percebeu-se a necessidade ainda maior de se adotar

medidas de adaptação por meio de dispositivos compensatórios estruturais de drenagem, visto que os custos vinculados às obras estão diretamente relacionados com a vazão máxima, acrescida da impermeabilização. Além disso, a inclusão de tais medidas contribui para a minimização dos impactos a jusante (inundações), o que permite uma maior infiltração da precipitação, de forma a criar condições, mais próximas possíveis das naturais (MENDES *et al.*, 2004).

De forma sucinta, um sistema de aproveitamento da água de chuva compreende, basicamente, a coleta da água pluvial através de áreas de captação, o direcionamento, através de calhas e condutores, e o armazenamento em reservatórios de acumulação (ANA, 2005). Adicionalmente, existe a necessidade de instalações hidráulicas dedicadas exclusivamente ao sistema de aproveitamento para conduzir a água de chuva aos pontos de utilização.

Moruzzi *et al*. (2008) afirmou que em um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, pode-se utilizar telhados ou pavimentos como superfície de captação, sendo que a água captada através de telhados geralmente apresenta qualidade superior. Áreas de captação com projeção horizontal superiores a 350m^2, normalmente, apresentam-se mais favoráveis ao investimento de um sistema de aproveitamento de água pluvial quando comparadas a menores áreas, mesmo utilizando os métodos tradicionais de dimensionamento.

De maneira geral, existe uma gama imensa de dispositivos destinados a aumentar a capacidade de infiltração ou armazenar água, podendo-se destacar os valos de infiltração, as trincheiras de infiltração, os reservatórios de detenção, os pisos impermeáveis, as bacias de percolação, os telhados verdes, as cisternas, entre outros. Especificamente nesse trabalho, foram abordadas duas das medidas acima citadas: reservatórios de água e trincheiras de infiltração.

3.4.1 RESERVATÓRIOS DE ÁGUA

De acordo com Biazin e Fortes (2010), os reservatórios são recipientes que têm a finalidade de armazenamento de líquidos e possuem uma gama de materiais empregados na sua fabricação. Quanto ao sistema estático, eles podem ser enterrados ou elevados. Os enterrados podem se apresentar apoiados sobre o terreno, parcialmente ou totalmente enterrados. Já os elevados podem ser construídos apoiados sobre pilares, posicionados em grandes alturas (castelo d’água), ou ainda, dispostos estruturalmente

sobre edifícios. Podem atender às mais diversas formas arquitetônicas. No entanto, normalmente, por facilidades de execução, são projetados com fundo, tampa e paredes retangulares.

Segundo a norma brasileira, NBR 5626-1998, os reservatórios elevados com capacidade de armazenamento superior a 4.000 litros devem possuir parede divisória (septos), ou seja, dois compartimentos, objetivando a distribuição contínua do fornecimento de água potável nas edificações residenciais quando dos períodos de higienização dos mesmos.

O material de construção concreto é composto por uma mistura íntima de água, cimentos e agregado graúdo (pedra) e agregado miúdo (areia), podendo conter aditivos e adições. O principal objetivo de se utilizar os agregados nessa mistura é diminuir o valor do produto final, pela redução da quantidade de cimento, já que este é um material relativamente caro. A utilização do concreto sozinho como elemento estrutural não é adequado, pois esse possui uma baixa resistência à tração quando comparada com a sua resistência à compressão, geralmente apresentando resistência à tração inferior a 10% de sua resistência à compressão. Consequentemente, a associação do concreto com o aço, que deve ser aplicado na região tracionada da peça, se torna imprescindível, para que ela consiga resistir aos esforços solicitantes (CARVALHO, 2009).

Biazin e Fortes (2010) afirmaram que reservatórios elevados e construídos em concreto armado normalmente requerem a aplicação de uma camada de impermeabilizante sobre a superfície que ficará em contato com a água. Geralmente deve-se aplicar sistemas de impermeabilização flexíveis, devido à movimentação que tais estruturas sofrem, seja em função de cargas ou oscilações térmicas. O processo de impermeabilização começa com a escolha do sistema impermeabilizante, com característica flexível, existindo diversas opções como mantas asfálticas ou resinas termoplásticas. Destaca-se que ambos os sistemas não alteram a potabilidade da água.

Na aplicação dos citados sistemas impermeabilizantes, a superfície deve estar limpa, seca e regularizada, sem partes soltas, sem falhas de concretagem, quinas “vivas”, juntas de alvenaria, argamassas, óleos ou deformantes. Caso seja necessária a regularização, a mesma deve ser executada com argamassa de cimento e areia, podendo se utilizar aditivos e adições. É importante ressaltar que os sistemas de impermeabilização flexível devem ser executados por profissionais qualificados (CARVALHO, 2009).

Outra alternativa bastante empregada e mais prática devido a sua ampla disponibilidade de mercado, é a adoção de caixas d'água pré-fabricadas em *fiberglass* com capacidades específicas e que oferecem superfícies revestidas com "Geal Coat", de forma a se tornarem lisas, autolimpantes, higiênicas, evitando o desprendimento de resíduos na água. Tais reservatórios podem ser encontrados com capacidades que variam de 250 a 20.000 litros (ACQUALIFE, 2011).

3.4.2 TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

De acordo com Ohnuma Jr. (2008), as trincheiras de infiltração (Figura 3.1) são estruturas capazes de armazenar água por um determinado período de tempo; a qual será, posteriormente, infiltrada ou absorvida naturalmente pelo solo. Quando o escoamento superficial gerado pela água pluvial é acelerado, devido à crescente impermeabilização das superfícies, é indicado o uso de trincheiras à jusante; uma vez que tais estruturas por serem constituídas de valetas com dimensões apropriadas, em que o comprimento predomina sobre a largura, funcionam como um reservatório de amortecimento para as águas pluviais.

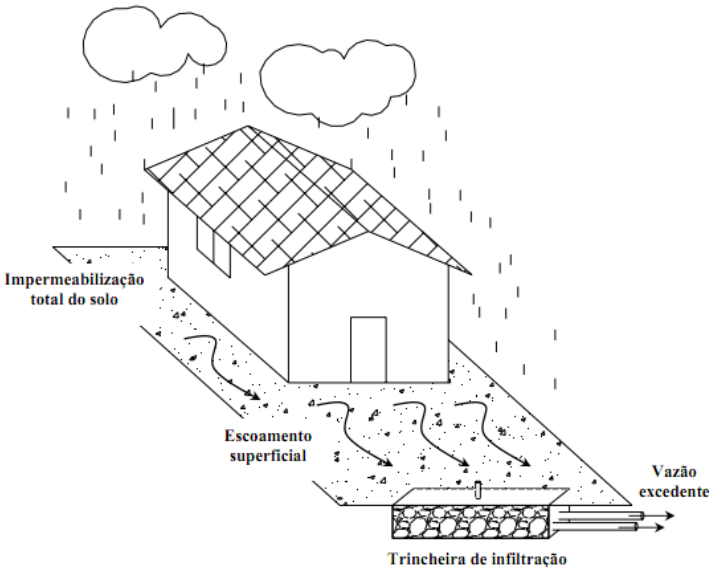


Figura 3.1 – Esquema de uso da trincheira de infiltração para o armazenamento de água pluvial

FONTE: OHNUMA JÚNIOR, 2008

Mikkelsen *et al.* (1996) afirmou que as trincheiras são tipicamente longas e estreitas, a fim de reduzir a área superficial da base, que é supostamente obstruída por partículas finas após algum tempo de operação do sistema, bem como aumentar a relação entre a área efetiva de infiltração (os lados) e o volume de armazenamento. A geometria longa e estreita é também adequada à otimização da área em planta, ocupada pelo equipamento de drenagem no lote urbano (Figura 3.2).

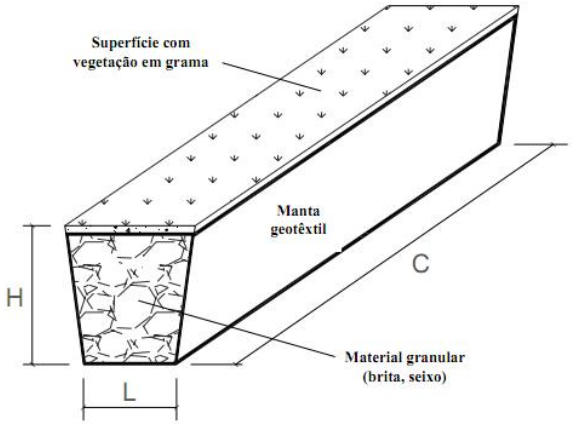


Figura 3.2 – Corte em perspectiva de uma trincheira de infiltração

FONTE: OHNUMA JÚNIOR, 2008

Segundo Silva (2007), a trincheira é escavada no solo e preenchida com material granular (seixos rolados, brita, entre outros) com porosidade em torno de 35%, podendo estar descoberta, ou mesmo coberta com grama ou um revestimento permeável. As paredes e os topos são revestidos por um filtro geotêxtil para evitar a penetração de sedimentos, devendo todo o material estar envolto no filtro, impedindo assim, a entrada de material fino na estrutura, além de servir como anticontaminante (no caso de resíduos sólidos suspensos).

O princípio de funcionamento de um sistema de infiltração inicia-se com a captação das águas de escoamento, que pode ser efetuada diretamente, através de estruturas de distribuição das águas ou por meio de um sistema convencional da rede de drenagem. A evacuação das águas, por sua vez, pode ser por infiltração no solo, através de dispositivos de deságue instalados no fundo do sistema, no caso de uma estrutura de detenção; ou ainda a combinação dos dois métodos (BAPTISTA *et al*., 2005).

Geralmente, tais unidades são projetadas para atender a pequenas áreas de drenagem, de forma a exigir um pré-tratamento da água para reduzir a entrada de

sólidos e a colmatação prematura, podendo ser feito por meio do revestimento da estrutura com uma manta geotêxtil removível e lavável (LAWRENCE et al., 1996).

Graciosa (2005) afirmou, em seus estudos, que o uso de trincheiras tende a reduzir os volumes e retardar os picos dos hidrogramas de cheia de bacias e micro bacias já urbanizadas. Nascimento (1996) citou outras vantagens no uso desse tipo de estrutura, como:

- Diminuir ou mesmo eliminar o escoamento da rede de microdrenagem local;
- Evitar a reconstrução da rede à jusante em caso de saturação;
- Reduzir o risco de inundação;
- Reduzir a poluição das águas superficiais;
- Recarregar as águas subterrâneas;
- Promover uma boa integração com o espaço urbano.

Sua construção pode ser realizada tanto em "novas" áreas como também em áreas já existentes, próximas de superfícies impermeabilizadas, como áreas cobertas, estacionamentos e canteiros centrais e laterais ao longo do sistema viário, mas também em jardins, áreas verdes e gramados (BAPTISTA *et al.*, 2005).

Como todas as demais estruturas de infiltração, as trincheiras são viáveis em solos com boa capacidade de percolação. É importante que o sistema seja planejado e que haja manutenção adequada, pois a principal causa de falha deste tipo de dispositivo é a colmatação precoce. Paralelamente, sua eficiência é diminuída para longos períodos chuvosos, devido à possibilidade de saturação do solo (LAWRENCE *et al.*, 1996).

Nesse contexto, alguns critérios devem ser obedecidos em sua implantação (Urbonas e Stahre, 1993):

- Profundidade mínima sazonal do lençol freático e da camada impermeável a pelo menos 1,2m;
- Classificação do solo nas categorias A ou B do Soil Conservation Service ou taxa de infiltração do solo saturado superior a 8mm/h;
- Não devem ser instalados sobre aterro ou em terrenos de grande declividade;
- Adequadas para pequenas áreas de drenagem, como lotes individuais ou quarteirões.

Conforme Souza (2002), tal medida está dividida em dois grupos: superficiais e subterrâneas. As trincheiras superficiais são tipicamente aplicadas em áreas residenciais, cuja carga de sedimentos e óleo é pequena, podendo ser retida pela grama ou receber

contribuição difusa. Já as trincheiras subterrâneas podem receber escoamento mais concentrado, de canalizações e estruturas de drenagem, no entanto devem ser providas de estruturas especiais de entrada, que devem reter sedimentos e óleos.

Vale ressaltar que apesar dos cuidados relativos à contaminação do lençol freático e colmatação do sistema de infiltração citados acima, Mikkelsen *et al.* (1997) puderam concluir que mesmo em áreas de grande aporte de carga de poluentes e partículas finas, como vias de tráfego intenso, contaminantes como metais pesados e hidrocarbonetos podem ser retidos pelo solo durante o processo de infiltração, ao longo da profundidade do solo, sem grandes prejuízos ao meio ambiente e à capacidade de infiltração. Essa situação depende das condições geológicas do local e do nível do lençol freático.

3.4.3 OPERAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A fim de elucidar o funcionamento e a operação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, descreve-se a seguir seus principais aspectos de utilização. A Figura 3.3 ilustra esquematicamente o sistema de funcionamento e uso do sistema de captação, armazenamento e distribuição das águas da chuva.

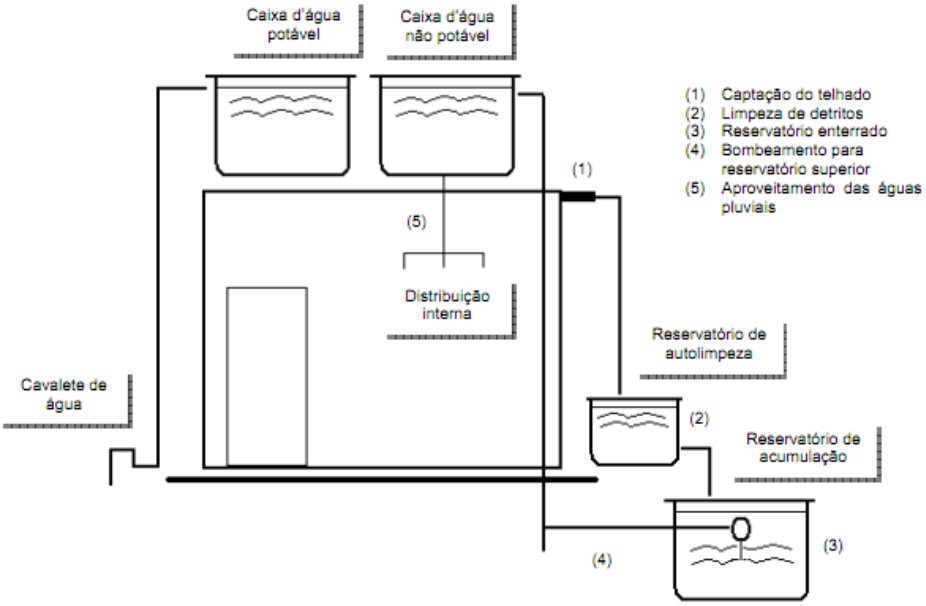


Figura 3.3 – Sistema de coleta e aproveitamento da água da chuva

FONTE: OHNUMA JÚNIOR, 2005

Como alternativa ao esquema da Figura 3.3, o reservatório de autolimpeza pode ser substituído por um sistema de filtro. Segundo a 3P Technik do Brasil (2007), a água pluvial - em condições normais - apresenta a qualidade de água para banho, principalmente, após passar por filtragem. No entanto, vale ressaltar que quando a região empregada apresenta elevados índices de poluição atmosférica, maiores cuidados devem ser tomados a fim de assegurar a qualidade da água.

Concomitantemente, deve se atentar para a instalação de um reservatório exclusivo no telhado para o abastecimento de usos não-potáveis, como descargas sanitárias, torneiras de jardim, máquinas de lavar roupa, devidamente identificados, conforme projeto da ABNT/CEET (2007).

Ohnuma (2008) ressaltou ainda que em épocas de estiagens prolongadas, todo o consumo que passa pela tubulação advindo do reservatório de água de chuva deve ser garantido para não haver escassez de água. Portanto, nesse caso deve ser prevista a realimentação do sistema com água potável em direção ao reservatório enterrado ou por uma ligação direta no filtro, em quantidades satisfatórias que garantam o consumo diário e a não ocorrência de refluxo, o qual interferiria na qualidade da água tratada, em hipótese de mistura (Figura 3.4).

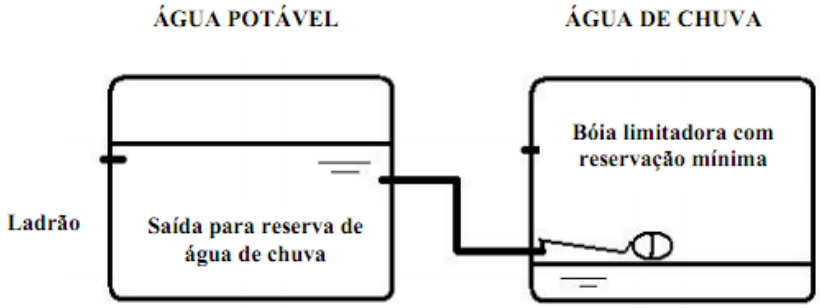


Figura 3.4 – Realimentação do sistema de reservação entre caixas d'água

FONTE: 3P TECHNIK, 2007

3.4.4 EFEITOS COMBINADOS DO USO DE MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES URBANAS

Em escala estrutural, a incorporação combinada de diferentes medidas estruturais de controle de inundações urbanas em lotes pode minimizar

consideravelmente impactos no ciclo hidrológico decorrentes da urbanização. Tal fato foi comprovado através de estudos realizados por Batista et al. (2005) que verificaram uma minimização de impacto global do ciclo hidrológico relativo às vazões máximas, quando combinadas diferentes técnicas compensatórias – cordão de trincheiras, valetas de infiltração, estruturas de detenção temporárias e áreas verdes – em uma área de drenagem com aproximadamente 56 ha de áreas verdes, 10 ha de arruamentos e mais de 48 ha de lotes.

Estudos realizados na China mostraram que a adoção de telhados verdes pode reduzir demasiadamente o escoamento superficial das águas pluviais destes; e ao se adicionar uma cisterna, é possível armazenar o escoamento que é descarregado pelo imóvel no meio ambiente. Paralelamente, a água capturada dos telhados convencionais de áreas adjacentes pode ser armazenada nas cisternas e reciclada para, por exemplo, irrigar o telhado verde, o que contribui na redução de consumo de água potável (CHANG, 2010).

Teemusk e Mander (2007) apresentaram valores, em suas pesquisas com telhados verdes, que variam entre 70-90% de retenção de águas pluviais no verão; e entre 25-40% no inverno, ou seja, indicando que tais fatores estão relacionados diretamente com a taxa de evapotranspiração.

No mesmo trabalho, Teemusk e Manders (2007) afirmaram também que eventos chuvosos sequenciais diminuem a capacidade de retenção das camadas do substrato exclusivamente pela sua saturação. De acordo com os autores, a retenção de águas pluviais de tal estrutura pode chegar a 85,7%. No entanto, no estudo apresentado, parte do volume da água de chuva começou a gotejar após cerca de uma hora do início do evento chuvoso, e perdurou por cerca de 9 (nove) horas. Em contrapartida, em uma sequência de eventos chuvosos durante 6 (seis) dias, o escoamento efluente iniciou após cerca de 20 (vinte) minutos. O volume efluente escoado foi de 12,1 mm dos 18,2 mm da precipitação, o que resultou em uma porcentagem passível de aproveitamento de 66,5%

Tendo em vista os benefícios que podem ser obtidos com a combinação das medidas compensatórias, torna-se imprescindível que haja constante monitoramento destas, de forma a avaliar os impactos no ciclo hidrológico nas áreas de fontes geradoras.

De acordo com Ohnuma Jr. (2008), vários instrumentos são utilizados para o monitoramento de medidas inseridas em lotes urbanos, sendo mais adequados aqueles que conseguem registrar historicamente os dados de forma contínua e ininterrupta. As

estações meteorológicas servem para realizar medições em qualquer ambiente a céu aberto, salvo aquelas em que a capacidade limite dos sensores é superada. Os linígrafos digitais automáticos são os mais recomendados para coleta de dados de níveis de reservatórios, trincheiras e poços de infiltração. Dependendo do modelo, estes equipamentos podem fornecer medições de qualidade de água, como temperatura e condutividade elétrica. Atualmente, há no mercado tecnologia suficiente para atender diversas necessidades de medições hidrológicas com softwares que viabilizam a comunicação automática, organizam a base de dados e, inclusive, possibilitam visualizações rápidas e claras com a geração de relatórios diversos.

3.5 MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS COMO INSTRUMENTOS DE ADAPTAÇÃO E GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS

No conceito da UNISDR (2009), as medidas não-estruturais aplicadas como instrumento de gestão das águas urbanas são tipicamente aquelas que não envolvem a construção física, mas utilizam o conhecimento, a prática ou o acordo delas a fim de reduzir os riscos e impactos, particularmente na forma de políticas, leis, sensibilização da opinião pública, treinamentos e educação; ou seja, atuam como medidas de adaptação às alterações físicas, químicas e biológicas sofridas pelo meio ambiente.

De acordo com a definição da U.S. EPA (1999), medidas não-estruturais para gestão das águas urbanas são práticas institucionais de prevenção à poluição para prevenir, minimizar a poluição das águas pluviais ou reduzir o volume dessas águas a ser gerenciado. Elas não envolvem instalações permanentes e costumam trabalhar na mudança de comportamento por meio de regulamentações do governo, persuasões ou instrumentos econômicos (Taylor e Wong, 2002).

Taylor e Fletcher (2007) sugeriram cinco categorias principais de medidas não-estruturais aplicadas como instrumentos de gestão das águas urbanas:

- Planejamento de controle das cidades, na forma de instrumentos vinculados juridicamente, que requerem projetos com princípios de desenvolvimento de baixo impacto, a serem aprovados pelos órgãos reguladores;
- Planejamentos estratégicos e institucionais, como o uso de planos de gerenciamento de qualidade das águas pluviais em toda área urbana e mecanismos que garantam o financiamento para apoiar a implementação desses planos;

- Procedimentos e práticas de prevenção à poluição, tais como varrição de ruas, a fim de prevenir e gerenciar acidentes ambientais em instalações comerciais e industriais;
- Educação e participação da população em programas intensivos e iterativos para aumentar o conhecimento sobre o porquê e como ela podem reduzir a poluição das águas pluviais, mudar atitudes e promover a prática de comportamentos para melhoria da qualidade das águas;
- Controles regulatórios, como a promulgação e aplicação de leis locais para controlar a erosão e sedimentos em locais de construção.

Os autores ainda explicitaram que as medidas não-estruturais podem operar tanto no plano tangível das estratégias (varrição das ruas, proteção da vegetação nas área de preservação permanente dentro dos núcleos urbanos, etc.) ou à nível superior, que resultam em medidas de gerenciamento das águas urbanas, de forma estrutural ou não-estrutural (Planos Diretores Municipais que exijam reaproveitamento da água em construções novas, planos de manejo de águas pluviais em toda área urbana, mecanismos estáveis de financiamento para os programas locais de gerenciamento de águas pluviais, etc.).

Nesse contexto, por exemplo, a captação de água da chuva contribui para o uso racional da água e minimiza o impacto das precipitações pluviais; podendo assim, em regiões de maior impermeabilização dos solos, ser enquadrada no conceito de medida não-estrutural da drenagem urbana (Canholi, 1995). O autor descreveu tal medida como toda e qualquer ação que busca reduzir os danos ou conseqüências das inundações não por intervenções constituídas por obras, mas fundamentalmente pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação dos sistemas de apoio à conscientização da população à manutenção dos diversos componentes do sistema de drenagem e outros.

Em Melbourne, Taylor *et al.* (2006) avaliaram se as campanhas educativas em um pequeno distrito comercial foram bem sucedidas no sentido de mudar o comportamento das pessoas e reduzir a carga poluidora das águas pluviais. Paralelamente, foram testadas novas diretrizes para monitorar todas as medidas não-estruturais para gestão das águas urbanas. Em geral, as campanhas educativas produziram resultados mistos, modestamente positivos:

- Fracassadas em termos de influência significativa sobre o conhecimento dos comerciantes e público;
- Modestamente bem-sucedido quanto à influência sobre o comportamento dos comerciantes e do público;
- Modestamente bem-sucedido quanto à redução das cargas poluidoras das águas pluviais.

A nível teórico, esse monitoramento contribuiu para destacar como o uso de diferentes BMPs podem ajudar a construir um panorama mais completo sobre o desempenho dessas medidas. Enquanto a nível prático, o projeto ajudou a melhorar as diretrizes de avaliação e monitoramento; bem como gerou outras novas, para futuras campanhas, com o objetivo de reduzir as cargas poluidoras nas áreas comerciais (Taylor *et al*., 2006).

Em Dhaka (capital de Bangladesh), segundo Faisal *et al* (1999), foram adotadas algumas medidas não-estruturais para gestão das águas urbanas para conter as inundações, como:

- Instalar postos com códigos de cores em diferentes locais do país, em que essas variações de cores indicariam níveis de inundação distintos. Tal medida auxilia os sistemas de alerta e tomadas de decisão;
- Comprar áreas privadas nos locais predestinados à construção de bacias de retenção e implementar pontos de pesca recreativa nessas bacias. Para um bom funcionamento dessas medidas, foram necessárias participação pública e mudanças de hábitos da população, a fim de evitar o despejo de resíduos sólidos, que contribuiu para as inundações anteriores em Dhaka;
- Implantar o planejamento da ocupação do solo a fim de otimizar os usos em termos geográficos, topográficos, climáticos e características do solo, além de riscos de inundação;
- Introduzir Seguro de Riscos à Inundação, uma alternativa é a cobrança de taxas pelo governo sobre a proteção de inundações, na forma de benefícios públicos;
- Adotar medidas não-estruturais individuais, em grupo, através de ONGs para mitigar os danos das inundações.

Faisal *et al* (1999) afirmou que aparentemente as metodologias de medidas não-estruturais não receberam a devida atenção se comparadas com as abordagens estruturais de mitigação das águas urbanas. Porém, ao se considerar que as medidas

estruturais têm um custo elevado e não fornecem 100% de proteção quanto às inundações, torna-se claro que as medidas não-estruturais tem um papel muito importante a desempenhar. Em outras palavras, deve se tentar um balanço combinado e bem coordenado entre medidas estruturais e não-estruturais como estratégia de longo prazo de controle de inundações em Dhaka.

Embora as medidas não-estruturais representem um conjunto amplo e diversificado de ferramentas em potencial, Taylor e Fletcher (2007) afirmaram que seu uso tem sido significativamente prejudicado pelas incertezas referentes ao seu desempenho (por exemplo, a eficiência em reduzir as cargas poluidoras das águas pluviais), como estas variam ao longo do tempo, seus custos e ciclos de vida.

Em pesquisas na Austrália, Taylor e Fletcher (2007) indicaram um aumento de 76% do uso das 41 medidas não estruturais, em comparação com apenas 34% das 29 medidas estruturais apresentadas. Das 11 medidas com tendência crescente de difusão no uso, 9 são não estruturais (Figura 3.5). Esse fator se deve à evolução da gestão das águas urbanas nas cidades, que antes se baseava principalmente em medidas estruturais e passou a adotar estratégias que utilizam uma combinação de medidas estruturais e não estruturais alavancadas por uma crescente aceitação dos princípios de desenvolvimento com menor impacto.

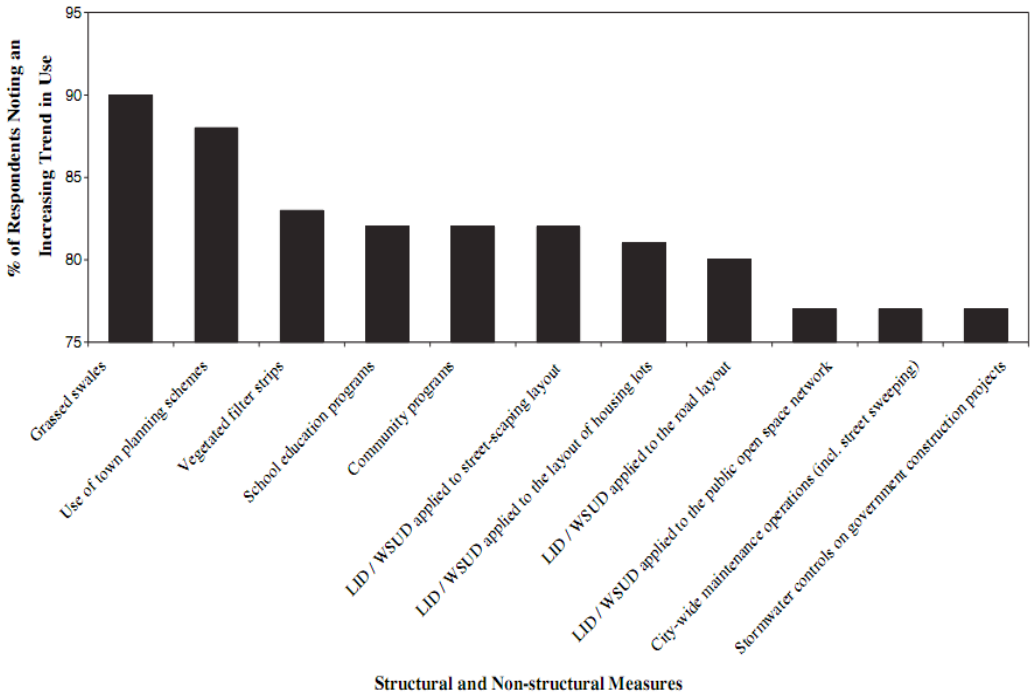


Figura 3.5– Medidas estruturais e não estruturais mais aplicadas na Austrália

FONTE: Taylor e Fletcher, 2007

A aceitação dessas tendências depende de novas legislações e programas de financiamento que requerem estratégias equilibradas de gestão das águas urbanas, crescentes provas dos benefícios potenciais das medidas não estruturais e um esforço concentrado em promover a filosofia de desenvolvimento de baixo impacto pela Austrália, por meio de legislações, estudos de caso, diretrizes e treinamentos (WONG, 2005).

Nesse sentido, a seguir foram abordadas duas medidas não-estruturais de gestão das águas urbanas, que incluem a adoção de medidas compensatórias estruturais da drenagem urbana. O intuito é contribuir com as políticas públicas e especificamente, o Código de Obras e Plano Diretor do Município de São Carlos-SP através do Balnço Hídrico de Terceira Geração e do cálculo do IPTU Hidrológico, com seus respectivos cenários futuros.

3.5.1 BALANÇO HÍDRICO DE TERCEIRA GERAÇÃO

De acordo com Braga *et al.* (2005), o ciclo hidrológico pode ser resumido nos seguintes processos (Figura 3.6):

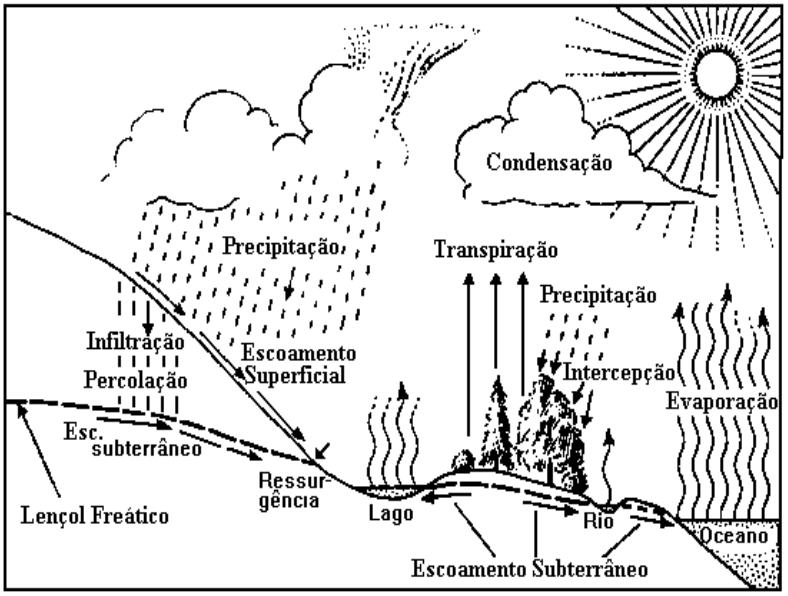


Figura 3.6– Esquema do ciclo hidrológico

FONTE: BATISTA, 2007

- Precipitação: água que cai sobre o solo ou sobre um corpo de água.

- Interceptação: parte da precipitação fica retida na vegetação, depressões do terreno e construções. Essa massa de água retorna à atmosfera pela ação da evaporação ou penetra no solo pela infiltração.
- Escoamento superficial: constituído pela água que escoa sobre o solo, fluindo para locais de altitudes inferiores, até atingir um corpo d'água como um rio, lago ou oceano. A água que compõe o escoamento superficial pode também sofrer infiltração para as camadas superiores do solo, ficar retida ou sofrer evaporação.
- Infiltração: a água infiltrada pode sofrer evaporação. Pode ser utilizada pela vegetação, escoar ao longo da camada superior do solo ou alimentar o lençol de água subterrâneo.
- Escoamento subterrâneo: constituído por parte da água infiltrada na camada superior do solo, sendo bem mais lento que o escoamento superficial. Parte desse escoamento alimenta os rios e lagos, além de ser responsável pela manutenção destes corpos durante épocas de estiagem.
- Evapotranspiração: parte da água existente no solo que é utilizada pela vegetação é eliminada pelas folhas na forma de vapor.
- Evaporação: em qualquer das fases descritas anteriormente, a água pode voltar à atmosfera na forma de vapor, reiniciando o ciclo hidrológico.

Os fatores que impulsionam o ciclo hidrológico são a energia térmica solar, a força dos ventos - que transportam vapor d'água para os continentes - a força da gravidade, responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e deslocamento das massas de água. Aproximadamente 47 mil km^3 retornam aos oceanos, a partir dos rios, represas, lagos e águas subterrâneas. Se essa drenagem fosse distribuída igualmente em todos os continentes, cada habitante do planeta Terra (aproximadamente 6 bilhões) teria disponíveis 8 mil m^3/ano. Entretanto, sabe-se que esta distribuição é desigual e causa problemas de disponibilidade nos continentes, países e regiões. Paralelamente, a distribuição não é homogênea durante o ano, em muitas regiões, o que causa desequilíbrio e desencadeia ações de gerenciamento diversificadas para enfrentar a escassez ou o excesso de água (Tundisi, 2003).

Segundo Kobiyama *et al.* (2008), atualmente, os recursos hídricos são compreendidos como fontes de valor econômico essencial para a sobrevivência e desenvolvimento dos seres vivos. Eles são abundantes na natureza e, por isso, durante muitos anos se pensou que a falta de água potável era impossível. Isso causou certa

despreocupação com a preservação desse recurso e as sociedades modernas continuaram a se desenvolver formando grandes centros urbanos a qualquer custo, deixando de lado a preocupação com a possível contaminação do meio ambiente.

O problema é que as águas de superfícies e subterrâneas, utilizadas para o abastecimento humano, estão mal distribuídas e, atualmente, a sua escassez em vários locais tem chamado a atenção dos governantes em todo o mundo, pois, a falta d'água já atinge milhões de pessoas, o que desacelera e limita o desenvolvimento social e econômico dos países. Isso acontece, principalmente, pelo aumento crescente da população mundial que conseqüentemente ocasiona uma excessiva extração dos recursos hídricos, sem permitir que as devidas reposições naturais tenham tempo para acontecer. Também é preocupante a elevada contaminação dos corpos hídricos, que recebem altas cargas de esgotos urbanos, efluentes industriais, resíduos sólidos e agrotóxicos que somados às baixas vazões, diminuem a capacidade de recuperação e impedem o estabelecimento do equilíbrio natural (Kobiyama *et al*., 2008).

O autor infere ainda que os aqüíferos, apesar de estarem mais protegidos, quando contaminados, apresentam autodepuração muito lenta e o seu equilíbrio fica ainda mais difícil de ser alcançado. Atualmente as águas subterrâneas são muito utilizadas para abastecimento público, já que possuem ótima qualidade e valor acessível e, além disso, são essenciais na manutenção de mangues e do nível de água dos rios, pois atuam como escoamentos de base.

No contexto dos Balanços Hídricos, pela definição de Tomasella e Rossato (2005), o Balanço Hídrico Tradicional ou de Primeira Geração é a somatória das quantidades de água que entram e saem de uma certa porção do solo em um determinado intervalo de tempo. O resultado é a quantidade líquida de água que nele permanece disponível às plantas.

Existem diversos métodos para o cálculo do balanço hídrico, sendo que cada um tem uma finalidade diferente. Um dos modelos mais conhecidos foi proposto por Charles Warren Thornthwaite (1948) e posteriormente modificado por John Russ Mather, (1955) que ficou conhecido como Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather (Figura 3.7).

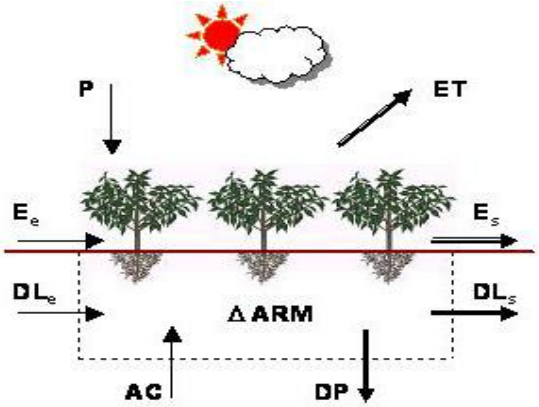


Figura 3.7– Esquema dos fluxos do Balanço Hídrico indicando as possíveis entradas e saídas de água de um volume de controle

FONTE: PEREIRA et al., 2002

P (precipitação), ET (evapotranspiração), E (escoamento superficial), ΔARM (armazenamento do solo), DL (drenagem lateral), DP(drenagem profunda), AC (ascensão capilar).

Esse método inclui estimativas da evapotranspiração real, déficit hídrico e excedente hídrico e considera que a taxa de perda de água por evapotranspiração varia linearmente com o armazenamento de água no solo (Tomasella e Rossato, 2005).

De acordo com Mendiondo (2010), o Balanço Hídrico de Segunda Geração é a somatória das entradas e saídas de água, de forma a incluir além das componentes trabalhadas no Balanço Hídrico de Primeira Geração, a demanda ou consumo doméstico.

Nesse contexto, Mendiondo (2010) acrescentou que uma das aplicações de medidas não-estruturais para gestão das águas urbanas seria uma nova equação de continuidade geral, que aceite o balanço hídrico de componentes reais e virtuais e considere como indicador o grau de neutralidade de impactos ou sustentabilidade de águas urbanas em escala de lote domiciliar (ΔX).

De forma que para valores próximos de zero haveria um equilíbrio sinérgico, baseado no balanço de entradas e saídas anuais de água real local e fluxos de água virtual que entram ou são gerados, em escala de lote urbano. A principal característica inovadora dos Balanços Hídricos de Terceira Geração está justamente na inclusão de dados de pegada hídrica na metodologia, de forma a considerar esses fluxos tanto reais quanto virtuais (Figura 3.8).

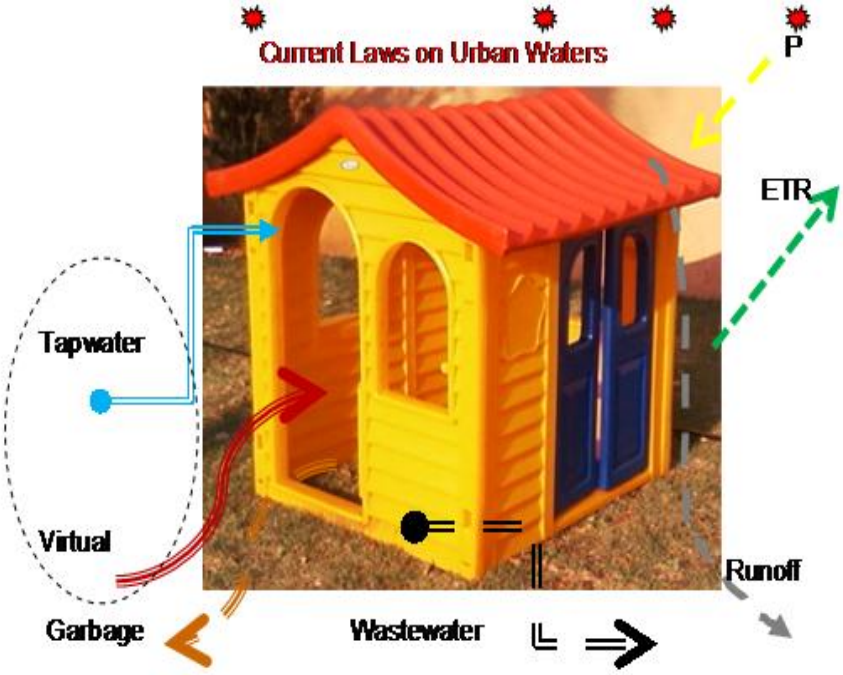


Figura 3.8– Esquema do Balanço Hídrico de Terceira Geração no lote urbano

FONTE: MENDIONDO, 2010

Em suma, a equação do Balanço Hídrico de 3ª Geração pode ser escrita da seguinte forma (Mendiondo, 2010):

$$\langle \Delta X \rangle_{lote} = \underbrace{P}_{verde} + \overbrace{\underbrace{\overset{*}{Aabas}}_{azul} + \underbrace{AVe}_{\substack{verde\\azul\\cinza}}}^{peg.hidrica} + \underbrace{\sum Diluição\left(\overset{*}{Pe}, Esan, AVs(Rsol)\right)}_{cinza} - \underbrace{ETR}_{verde} - \underbrace{\overset{*}{Pe} - Esan - AVs(\overset{*}{Rsol})}_{cinza}$$

equação 3.1

Onde:

P: Precipitação Média Anual

Aabas: Abastecimento de água

Ave: Água Virtual de Bens e Serviços

∑ Diluição: As diluições de esgoto, resíduos sólidos e escoamento são os coeficientes de diluição a serem adotados;

ETR: Evapotranspiração Média Anual

Pe: Lâmina de Escoamento

Esan: esgoto sanitário

Avs(Rsol): água virtual dos resíduos sólidos

3.5.1.1 COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO DE TERCEIRA GERAÇÃO

a) Precipitação média anual

Produtos sólidos ou líquidos gerados da condensação do vapor d'água proveniente das nuvens, armazenada no ar ou nas superfícies (IUCN, 2010).

De acordo com o GRH-UFBA (2005), as características principais da precipitação são o seu total, duração e distribuições temporal e espacial. O total precipitado não tem significado se não estiver ligado a uma duração. Por exemplo, 100mm pode ser pouco em um mês, mas é muito em um dia ou, ainda mais, numa hora. A ocorrência da precipitação é um processo aleatório que não permite uma previsão determinística com grande antecedência, de forma que o tratamento dos dados de precipitação para a grande maioria dos problemas hidrológicos é estatístico.

b) Evapotranspiração Média Anual

Quantidade de água transferida do solo para a atmosfera por meio da evaporação e transpiração das plantas (IUCN, 2010). De acordo com o GRH-UFBA (2005), há dois conceitos que devem ser diferenciados:

- Evapotranspiração Potencial (ETP): quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo, de uma superfície extensa completamente coberta de vegetação de porte baixo e bem suprida de água.
- Evapotranspiração Real (ETR): quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, nas condições reais (existentes) de fatores atmosféricos e umidade do solo. A evapotranspiração real é igual ou menor que a evapotranspiração potencial (ETR < ETP).

Os mesmos autores ainda afirmam que informações confiáveis sobre evapotranspiração real são escassas e de difícil obtenção, pois demandam um longo tempo de observação e custam muito caro. Já a evapotranspiração potencial, pode ser obtida a partir de modelos baseados em leis físicas e relações empíricas de forma rápida

e suficientemente precisas. Várias teorias, relacionam a ETR e ETP em função da disponibilidade de água no solo.

Apesar destas tentativas, ainda hoje, não existe nenhuma teoria que seja aceita universalmente. Sendo um processo complexo e extremamente dinâmico, que envolve organismos vivos, como o solo e a planta, o que torna muito difícil estabelecer um valor exato de evapotranspiração real (GRH-UFBA, 2005). Entretanto, a conjugação de inúmeras informações associadas ao conceito de ETP, permite elaborar estimativas suficientemente confiáveis para a grande maioria dos objetivos. As diferenças entre a evapotranspiração real e potencial diminuem sempre que os intervalos de tempo utilizados para o cálculo da segunda são ampliados (um mês ou mais).

c) Água de Abastecimento

De maneira geral, constitui a quantidade de água que foi utilizada, mas não retornou para o recurso natural, como exemplo tem-se a água empregada pelo consumidor em sua residência (IUCN, 2010).

De acordo com a Lei Federal de Saneamento Básico 11.445/2007 a água de abastecimento é constituída pelas atividades, infra-estrutura e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição.

d) Água Virtual de Entrada

A água virtual de um produto seria a quantidade de água necessária para gerar esse produto, medida no local onde ele foi gerado. Outra definição seria o volume de água requerido para gerar o produto no local em que ele foi consumido. O adjetivo virtual refere-se ao fato da maior parte de água utilizada no processo, no final não estar contida no produto. A água real contida nele é geralmente negligenciável se comparada à água virtual (ALLAN, 1996).

Em outras palavras, o termo “água virtual” seria o volume de água consumido nos processos produtivos tanto agrícolas quanto industriais. A fim de avaliar os fluxos de água virtual entre as nações ou regiões, a base da abordagem tem sido multiplicar o

montante de comércio de produtos (ton/ano) pelo seu teor associado de água virtual (MA *et al*, 2005).

e) Água de Diluição

A água de diluição ou pegada hídrica cinza seria a poluição, ou seja, a quantidade de água requerida para assimilar a carga de poluentes, baseada nos padrões de qualidade de água existentes (HOEKSTRA *et al*., 2009).

No cálculo dessa pegada é considerada a carga de poluente medida no tempo, a concentração permitida pela legislação e a concentração natural do curso d'água, que seria encontrada caso não houvesse ocupação humana. O mesmo autor (op cit) ressalta que altos valores de pegada hídrica cinza não significam, necessariamente, que os padrões estabelecidos foram ultrapassados, mas que parte da capacidade de assimilação já foi consumida. A assimilação da carga de poluentes que chega até o corpo receptor é feita pela água azul, disponível nos rios, portanto há uma relação direta entre a quantidade de água poluída e a quantidade necessária para diluir essa poluição, possibilitando uma análise da sustentabilidade dessa pegada hídrica.

f) Lâmina de Escoamento

De acordo com Batista (2007), define-se escoamento como o movimento das águas nas superfícies do solo, na interface entre a superfície e o interior do solo e no lençol subterrâneo. São fenômenos fundamentalmente governados pela ação da gravidade e caracterizados quantitativamente por variáveis como velocidade, vazão ou lâmina equivalente.

O escoamento superficial ocorre, geralmente, devido ao excesso de chuva sobre a capacidade de infiltração no solo, uma vez que quanto maior a intensidade desta mais rápido a capacidade de infiltração é atingida, o que provoca um excesso de precipitação denominado Precipitação Efetiva (BATISTA, 2007).

g) Esgoto Sanitário

A Lei Federal de Saneamento Básico 11.445/2007 estabelece que os serviços referentes ao esgotamento sanitário devem ser universais e prestados de formas adequadas à saúde pública e a proteção do meio ambiente.

Tal lei define o esgotamento sanitário como aquele constituído pelas atividades, infra-estrutura e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente.

h) Água Virtual de Saída

Corresponde à parte do fluxo de retorno que não está disponível para reutilização na mesma bacia hidrográfica no mesmo período de retirada, ou porque ele é reenviado para outra bacia hidrográfica (ou descarregado para o mar) ou porque ele é devolvido em outro período de tempo (HOEKSTRA *et al*., 2009).

Em escala de lote urbano, tal quantificação pode ser analisada pelo volume de água presente nos resíduos domiciliares gerados.

3.5.2 INCENTIVOS AMBIENTAIS E O "IPTU HIDROLÓGICO"

Com o intuito de promover incentivos ambientais, torna-se interessante a aplicação de espécies de "impostos ambientais". No Brasil, tem-se tentado permear pelo caminho de associação de um incentivo ambiental ao IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano), já que este se trata de um imposto municipal, que inclui a propriedade territorial urbana e a propriedade predial, incidente sobre o terreno e a edificação respectiva (Denari, 2002) e se baseia no cálculo do valor venal do imóvel (valor estimado de avaliação do mesmo para compra e venda à vista considerando sua localização e características físicas).

Algumas cidades já adotam a associação de incentivos ao IPTU como Porto Alegre, Recife e Manaus, onde são denominados "IPTU Ecológico"; no entanto, seu cálculo se relaciona diretamente à arborização dos lotes e a presença de área florestal, de modo a não considerar diferentes condições de impermeabilização dos terrenos ou armazenamento da água da chuva.

Um bom exemplo de incentivo ambiental é Guarulhos-SP que decretou uma Lei Municipal nº6793/2010 de redução no valor do IPTU para os imóveis que adotem as seguintes medidas: sistema de captação de água da chuva, sistema de reuso da água, sistema de aquecimento hidráulico solar, sistema de aquecimento elétrico solar,

construções com material sustentável, utilização de energia passiva, sistema de utilização de energia eólica, instalação de telhado verde, separação de resíduos sólidos.

Assim, justifica-se que com o agravamento dos problemas relacionados à demanda hídrica de uma bacia hidrográfica, tornam-se imprescindíveis estudos que visem à sustentabilidade dessa bacia, seja armazenando, ou ainda, retardando a saída da água na própria bacia para evitar as enchentes. Já que com o decorrer do tempo, tal questão se mostra mais preocupante pela intensidade e periodicidade destes eventos.

Nesse sentido, de acordo com Kawatoko *et al.* (2010), há a necessidade de estudos aprofundados a fim de se propor novos projetos e soluções. Uma medida é a inclusão de impostos para lotes urbanos, onde a lâmina de água alcance valores mais elevados quando comparados com a da bacia hidrográfica; ou a diminuição da permeabilidade do solo no lote adquirir valores mais baixos que os encontrados em toda a bacia hidrográfica.

Desta forma, o valor seria atribuído no intuito de incentivar o aumento de permeabilidade de um lote urbano, seja por negociação com outro lote em situação contrária, ou através do pagamento de um "IPTU – hidrológico" ao poder público, o que envolve conceitos de infiltração e escoamento superficial gerado pelo excesso de impermeabilização do solo e associando-se isto ao IPTU (Kawatoko *et al.*, 2010).

Em contrapartida, infere-se que a redução do valor final do IPTU Hidrológico poderia ser associada à maximização do armazenamento potencial de água no lote e/ou à minimização da vazão máxima instântanea, ao serem implementadas medidas compensatórias em escala de lote urbano, como no caso das trincheiras de infiltração, telhados verdes, armazenamento com posterior reúso da água da chuva, pavimentos permeáveis, etc (Kawatoko *et al.*, 2010).

Em suma, uma das propostas do presente trabalho se baseia em incluir no cálculo de IPTU "tradicional" uma componente ambiental com base em variáveis hidráulicas e hidrológicas, bem como avaliar o comportamento do mesmo em face dos diferentes cenários abordados, denominando-o como "IPTU Hidrológico", conforme metodologia proposta por Mendiondo (2007).

De acordo com Mendiondo (2007), as medidas não-estruturais têm como objetivo melhorar a aplicação de instrumentos como IPTU com base hidrológica. Seguindo essa linha, o Código de Obras pode incluir alternativas para que esse IPTU tenha relação direta com o grau de sustentabilidade das águas urbanas, IPTU (***ΔX***).

Este novo cálculo de IPTU (***ΔX***) seria fundamentado no princípio de precaução, proporcional a valores monetários nominais (R$) e por meio de funções matemáticas ponderadas, resultaria em alternativas para as medidas não-estruturais, como o armazenamento máximo, a vazão máxima, a pegada hídrica e a matéria orgânica.

3.5.2.1 ARMAZENAMENTO MÁXIMO

Um método de utilização corrente que se aplica especialmente quando não se dispõe de dados hidrológicos é o do "Soil Conservation Service" (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Este método foi adaptado para as condições do Estado de São Paulo e encontra-se descrito em detalhes no boletim técnico do DAEE V2 no2 Mai/Ago 1979 - pág. 82 (GONÇALVES, 2006).

A partir dos valores de CN (número de curva) que variam de 0 a 100 de acordo com os tipos e usos do solo, calcula-se o armazenamento máximo, as perdas iniciais, bem como as lâminas de escoamento, através de equações de continuidade hidrológicas.

3.5.2.2 VAZÃO MÁXIMA

A intensidade da chuva considerada na aplicação dos métodos que transformam precipitação em vazão é a intensidade máxima média observada num certo intervalo de tempo, para um período de retorno determinado, sendo um resultado do valor médio da chuva, no tempo e no espaço (TUCCI et al, 1993).

A estimativa da vazão do escoamento gerado pelas chuvas em determinada área é fundamental para o dimensionamento dos canais coletores, interceptores ou drenos. Existem várias metodologias para estimar esta vazão, sendo muito conhecido o uso da equação racional (CARVALHO E SILVA, 2006).

Desta forma, é obtida uma relação de intensidade máxima média das chuvas através das curvas IDF e posteriormente, estimada a vazão máxima de escoamento de uma área sujeita a essa precipitação por cálculos do método racional. De acordo com Carvalho e Silva (2006), tal método foi desenvolvido pelo irlandês Thomas Mulvaney (1851), seu uso é limitado a pequenas áreas (até 80 ha) e é utilizado quando se tem muitos dados de chuva e poucos dados de vazão.

3.5.2.3 PEGADA HÍDRICA

A idéia de se considerar o uso da água ao longo das cadeias de abastecimento que participa, surgiu com o conceito de pegada hídrica introduzida por *Hoekstra et al*. em 2002 (Hoekstra *et al*., 2003). Assim, entende-se por pegada hídrica como o uso da água doce, não só de forma direta como também indireta, podendo ser adotada como um indicador global de apropriação dos recursos hídricos, aliado à tradicional e restrito medição de retirada da água (Hoekstra *et al*, 2009).

Por exemplo, a pegada hídrica de um produto é o volume d'água usada para produzi-lo, medido ao longo da cadeia de abastecimento global, ou seja, é um indicador multi-dimensional, apresentando volumes de consumo de água por: fonte e volumes poluídos, tipo de poluição, de modo que todos os componentes da pegada total sejam especificados geograficamente e temporalmente.

Não obstante, de acordo com Hoekstra *et al.* (2009), a pegada da água azul se refere ao consumo dos recursos de água azul (águas superficiais e subterrâneas) ao longo da cadeia de fornecimento de um produto. O "Consumo" refere-se à perda de água superficial disponível nos corpos receptores em uma bacia hidrográfica, que ocorre quando a água evapora, retorna para outra bacia hidrográfica ou no mar ou é incorporada em um produto.

A água verde, por sua vez, se refere ao consumo de recursos de água verde (água da chuva armazenada no solo, como umidade do solo). Já, a cinza refere-se à poluição, e é definida como o volume de água doce que é necessária para assimilar a carga de poluentes, com base nos padrões atuais de qualidade ambiental (Figura 3.9).

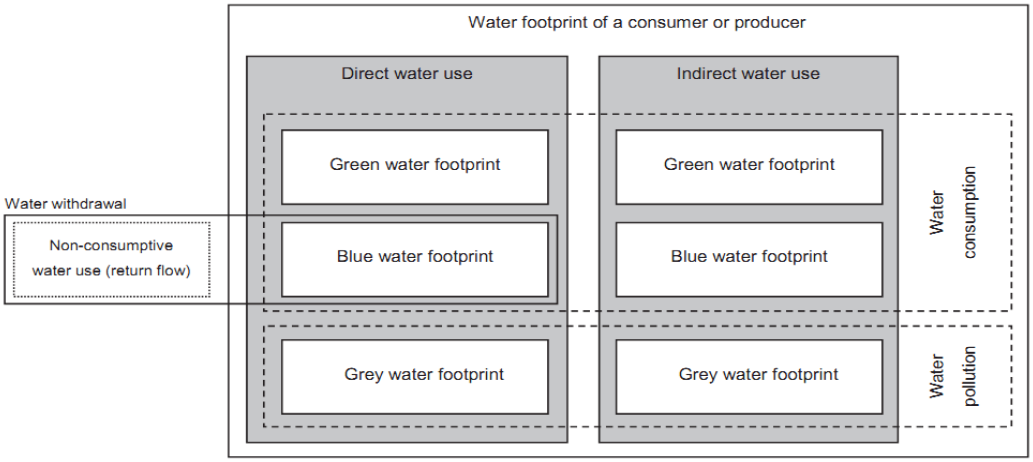


Figura 3.9– Componentes da Pegada Hídrica

Fonte: HOEKSTRA, et al., 2011

3.5.2.4 MATÉRIA ORGÂNICA

A água está, direta ou indiretamente, embutida em todas as atividades humanas e itens comercializados em escala local, regional e global. Ao se comparar o uso agrícola, industrial e doméstico da água, observa-se que o primeiro é o que consume maiores volumes. Entretanto, também há valores consideráveis de consumo e poluição em decorrência das atividades dos setores industrial e doméstico (Hoekstra et al., 2011).

Segundo Hoekstra e Chapagain (2009), a quantificação da água consumida ou poluída permite a análise dos impactos das atividades humanas sobre os recursos hídricos, favorecendo o desenvolvimento de medidas de adaptação.

Na definição da Organização Mundial da Saúde (OMS), água poluída é aquela, cuja composição tenha sido direta ou indiretamente alterada, de forma a se tornar menos adequada aos usos que poderia ter no seu estado natural. Os parâmetros de qualidade da água são os primeiros indicadores de poluição que devem ser considerados, uma vez que, se os valores de concentração de uma determinada espécie encontrados num corpo d’água estiverem acima do parâmetro permitido, terá a indicação de uma possível poluição (GPQA, 2008). Nesse sentido a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, entre eles a demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

De acordo com a ACQUA (2010), a água poluída causa um consumo maior de oxigênio no meio e esse aumento de demanda é provocado sempre por intermédio de uma atividade biológica ou bioquímica (atividade bacteriana), ou seja, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). De maneira que, a quantidade de poluentes pode ou não ser assimilado pelo recurso hídrico, dependendo da capacidade de diluição deste, vazão do rio, e outros fatores.

O mesmo autor afirma que essa concentração de matéria poluidora lançada no corpo d’água poderia ser medida por uma complexa análise química, em que seriam determinados todos os seus constituintes orgânicos e a quantidade que cada um deles exigiria de oxigênio da água para sua completa estabilização ou assimilação. E, a partir da concentração de oxigênio disponível na massa d'água, seria calculada a massa que restaria dele depois de algum tempo. Todavia, esta análise seria onerosa e complexa,

sendo substituída por uma determinação simples e prática que revela a quantidade de oxigênio que é "absorvida" pela oxidação bioquímica dos despejos orgânicos (DBO).

A DBO representa o potencial ou a capacidade que possui uma determinada massa orgânica de consumir o oxigênio dissolvido nas águas de um rio, lago ou oceano. Este consumo, por outro lado, não é praticado diretamente pelo composto orgânico, mas sim, resultado da atividade respiratória de microrganismos que se alimentam da matéria orgânica (ACQUA, 2010).

Outro indicador, porém não listado na Resolução CONAMA 357/2005, seria a demanda química de oxigênio (DQO), sobremaneira preciosa na medida da matéria orgânica em despejos que contenham substâncias tóxicas à vida. A DQO em um despejo é, em geral, mais alta do que a DBO, em virtude da maior facilidade com que grande número de compostos pode ser oxidado por via química do que por via biológica. Para muitos tipos de despejos é possível correlacionar a DQO com a DBO. Isto é vantajoso, pois a DQO é determinada em apenas três horas, ao passo que a determinação da DBO leva cinco dias (ACQUA, 2010).

3.5.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

De acordo com Silvio (2004), a análise de sensibilidade pode ser definida como uma técnica que permite de forma controlada conduzir experimentos e investigações com o uso de um modelo de simulação. Esta permite avaliar impactos associados: (a) as alterações das variáveis de entrada e dos parâmetros do sistema, e (b) das mudanças estruturais em um modelo. Estes impactos são determinados por meio de análises das variáveis de saída.

Em análises de sensibilidade, ao se proceder várias rodadas de simulação e avaliar os cenários gerados, é possível constatar tendências e anomalias. Para proceder estas constatações pode-se fazer uso das diferentes formas de análises de resultados de simulação como as disponibilizadas pela estatística clássica (SILVA, 2005).

3.6 CENÁRIOS COMO FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS

A Tabela 3.1 apresenta um histórico de exemplos de estudos de cenários.

Tabela 3.1- Histórico de exemplos de estudos de cenários

Autor	Estudo	Ano	Metodologia
Thomas Robert Malthus	"Essay on the Principle of Population"	1798	Extrapolativa
Henry George	"Progress and Poverty"	1879	Extrapolativa
Ester Boserup	"The conditions of Agricultural Growth"	1965	Extrapolativa
O Clube de Roma	"Limits the Growth"	1972	Prospectiva
OECD	"Interfutures"	1979	Prospectiva
Berendt *et al.*	"Global 2000 report to the President"	1980	Extrapolativa
Comissão Brundtland	"Our Common Future"	1987	-----*
Meadows *et al.*	"Beyond the Limits"	1992	Prospectiva
WRR	"Ground for Choices"	1992	Prospectiva
FAO	"Agricuture Towards 2010"	1995	Prospectiva
UNEP	"Global Environmental Outlook"	1999	Prospectiva
IPCC	"Special Report on Emission Scenarios (SRES) "	2000	Prospectiva
WSG	"The Great Transition "	2001	Prospectiva
MA	"Millenium Ecosystem Assesment"	2005	Prospectiva
The Millennium Project	"State of the Future"	2006	Prospectiva
CIA	"O relatório da CIA- Como será o mundo em 2020"	2006	Prospectiva
MMA – PNRH	"Água para o Futuro: Cenários para 2020"	2006	Prospectiva

*Informação não disponível FONTE : Leemans, 2007 (atualizado)

A curiosidade humana em desvendar o futuro é tão antiga quanto a sua própria existência. Brandi (2003) afirmou que o exercício de tentar conhecer o futuro é "uma necesidade biológica, ligada ao instinto de sobrevivência". Ele ainda descreve distintas formas de percepção do futuro e analisa a antiguidade – 4000 A.C. – até os dias atuais, episódios em que o homem criou mecanismos para antever o futuro.

Um bom exemplo de utilização de cenários futuros como técnica de planejamento é o estudo denominado "Essay on the Principle of Population" feito por Tomas Roberth Malthus (século XVIII) que, por meio de extrapolações, "previu" cenários tendenciais de crescimento populacional.

Avançando no tempo, de acordo com Porto et al. (2001), a metodologia extrapolativa revelou-se confiável até meados de 1970, período em que a estabilidade

política, econômica e tecnológica predominava. No entanto, com a crise do petróleo, essa estabilidade cedeu lugar a mudanças aceleradas na área tecnológica e na política, de forma a alterar a dinâmica do desenvolvimento, bem como colocar à prova os planejamentos fundamentados em cenários extrapolativos. Sobe essas circunstâncias, emergiu uma nova metodologia de construção de cenários denominada de prospectiva. Os cenários prospectivos se caracterizam por possibilitar não apenas um como nos cenários extrapolativos, mas múltiplos cenários, pois parte do princípio da incerteza do futuro (NEVES, 2007).

O estudo denominado Millenium Ecosystem Assesment (MA) - um programa de trabalho internacional sobre os impactos que as mudanças nos ecossistemas causam ao bem-estar humano e as opções de respostas a essas mudanças - foi desenvolvido com o intuito de atender às necessidades de informações científicas dos tomadores de decisões. Neste trabalho, desenvolveram-se quatro cenários globais (Figura 3.10), que exploraram duas linhas de desenvolvimento global: globalizado e regionalizado; e duas abordagens diferentes de gestão dos ecossistemas: uma com ação reativa, e outra em que a gestão dos ecossistemas é pró-ativa com políticas de longo prazo (MA- SCENARIO WORKING GROUP, 2005).

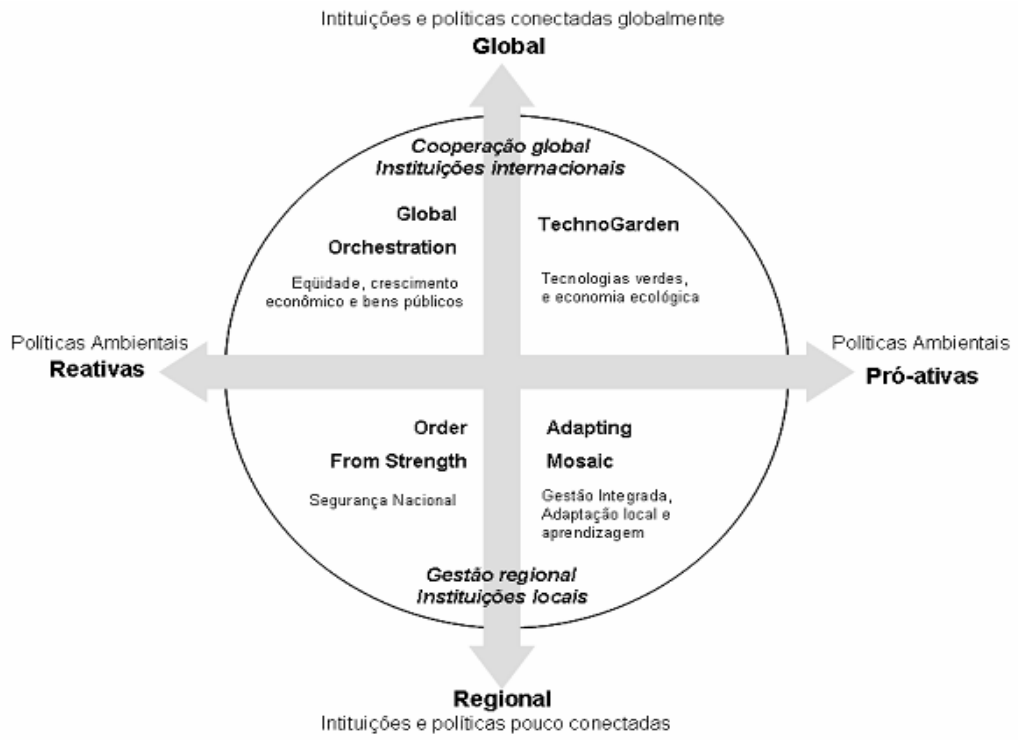


Figura 3.10– Estrutura dos cenários

FONTE: MA, 2005

Tal estudo foi considerado a maior avaliação já realizada sobre a saúde dos ecossistemas e preparado por 1360 especialistas de 95 países, com um extenso processo de revisão e consenso de cientistas de todo o mundo, sendo planejada para atender os tomadores de decisão de governos, setor privado e sociedade civil.

Em sua composição o MA foi formado por 3 grupos: Condições, Cenários e Respostas, dos quais para cada grupo foram dadas questões chave. Assim, para o grupo ‘Cenários’, a questão chave que direcionou o desenvolvimento dos cenários do Milênio foi:

"Quais serão as consequências plausíveis das mudanças nas trajetórias de desenvolvimento para os ecossistemas e seus serviços e para o bem-estar humano?"

A partir desta, outras quatro questões mais específicas foram consideradas :

- Quais são as consequências para os serviços dos ecossistemas e para o bem-estar humano de estratégias que enfatizam reformas econômico-políticas (redução dos subsídios e internalização das externalidades) como principal medida de planejamento?
- Quais são as consequências para os serviços dos ecossistemas e para o bem-estar humano de estratégias que enfatizam a segurança e a proteção local e regional?
- Quais são as consequências para os serviços dos ecossistemas e para o bem-estar humano de estratégias que enfatizam o desenvolvimento e o uso de tecnologias permitindo maior eco-eficiência e controle adaptativo?
- Quais são as consequências para os serviços dos ecossistemas e para o bem-estar humano de estratégias que enfatizam o manejo adaptativo e a aprendizagem local sobre as consequências das intervenções nos serviços dos ecossistemas?

Com base nessas questões chaves foram desenvolvidos quatro cenários que exploram aspectos de futuros globais plausíveis e suas implicações para os serviços dos ecossistemas. Os cenários são: Global Orchestration (GO), Order From Strength (OS), Adapting Mosaic (AM) e TechnoGarden (TG); sendo dois deles dados com políticas pró-ativas de manejo dos ecossistemas (AM e TG) e dois em torno de políticas reativas (GO e OS). Tais cenários são descritos mais detalhadamente no Quadro 1.

As considerações sobre os cenários em escala de lote que serão apresentadas a seguir foram extraídas de SOUZA (2008), cuja construção se baseou nos seguintes parâmetros: àreas impermeáveis conectadas aos lotes urbanos, áreas impermeáveis em lotes urbanos, solo descoberto nos lotes, tecnologias de manejo apropriadas para a escala de lote, vegetação nos lotes e grama nos lotes.

Nesse sentido, a narrativa desses cenários dá-se para lotes residenciais com área de 200 m² a 1200m² e destaca-se que a verticalização de imóveis não foi considerada neste trabalho, apesar de desempenhar influência sobre o escoamento das águas urbanas.

Quadro 1 - Comparação dos Benefícios Potenciais e dos Riscos entre os Cenários Globais.

Tipo	Cenário	Benefícios Potenciais	Riscos Potenciais
Reativo	Global Orchestration	Prosperidade econômica e aumento da igualdade devido a melhor eficiência do mercado global. Riqueza aumenta a demanda por um ambiente melhor. Aumento da coordenação global (mercado, transporte e saúde).	Problemas no progresso do ambiente global podem ser insuficientes para sustentar os serviços ecológicos locais e regionais. Desarranjo de serviços ecológicos criam iniquidades. Gerenciamento reativo pode ser mais oneroso que o gerenciamento preventivo ou pró-ativo.
	Order from Strength	Aumento da segurança para as nações e do investimento em separação do potencial agressor. Aumento da paz mundial se o regime benéfico tiver poder para agir com uma política regional. Menor expansão de pragas, erva-daninha e comércio controlado. Na riqueza dos países, ecossistemas podem proteger, enquanto os impactos degradantes são exportados para outras regiões ou países. Habilidades de aplicar limites locais apropriados para o comércio e práticas de gerenciamento de solo. Comércio não é dirigido pela abertura e políticas liberais globais. Proteção de indústrias locais de competição.	Alta iniquidade e tensão social, ambas dentro de coligação política e de países, desnutrição, menos liberdade e outros declínios do ser humano. Riscos de abertura na segurança. Degradação ambiental global, países pobres são forçados a explorar seus recursos naturais e riquezas, eventualmente face aos impactos de mudança climática, poluição marinha e do ar. Menor crescimento econômico para todos os países; aos países pobres limitações dos recursos e aos ricos pequenos comércio de seus produtos. Desnutrição.
Pró – ativo	Adapting Mosaic	Alta capacidade com mudanças locais. Mutuamente benéfico no gerenciamento de sistemas de ecossistemas. Forte rede cooperativa nacional e internacional, eventualmente constituída da necessidade de processo ascensionais.	Negligência da comunidade global. Falta de atenção a inequidade. Menor crescimento econômico por causa do menor comércio e da diversidade de recursos para gerenciamento.
	Techno Garden	Mutuamente benéfico para soluções de conflitos entre economia e meio ambiente. Otimização dos serviços ecológicos. Sociedade que trabalha a favor da natureza.	Falta de tecnologia tem efeitos a longo alcance, além de grandes impactos. Pessoas têm menor experiência de natureza inanimada, lideradas pela simples visão natural.

CORK, S. et al, 2005

3.6.1 GLOBAL ORCHESTRATION

A Tabela 3.2 elucida a caracterização do cenário Global Orchestration (GO).

Tabela 3.2 – Evolução dos indicadores para o lote típico – cenário GO

Escala	Global Orchestration – golbal, reativo					
	Indicador	Unidade	2025	2050	2075	2100
LOTE	Áreas Impermeáveis conectadas aos lotes urbanos	%	+	+	+	0
	Áreas Impermeáveis em lotes urbanos	%	+	+	0	0
	Solos descobertos nos lotes	%	+	0	0	0
	Tecnologias de manejo apropriadas para a escala do lote	%	0	0	+	+
	Vegetação nos lotes	m³	-	0	0	+
	Grama nos lotes	%	+	-	-	-

FONTE: SOUZA, 2008

Há um crescente aumento até 2075 do percentual de áreas impermeáveis conectadas à rede pluvial e estagnação no período seguinte; já para o percentual de áreas impermeáveis há também aumento, porém somente nos primeiros 50 anos e estagnação posterior. O percentual de solo descoberto aumenta no primeiro período (2000-2025) e permanece constante nos demais. A vegetação diminui até 2025, permanece inalterada entre 2025-2075 e aumenta entre 2075-2100. O percentual de grama nos lotes aumenta até 2025 e diminui nos períodos seguintes.

Nesse cenário, a utilização de tecnologias de manejo apropriadas para a escala de lote (BMP's) como cisternas, trincheiras de infiltração e telhados verdes permanece inalterada nos primeiros 50 anos e aumenta nos 50 anos seguintes.

3.6.2 ORDER FROM STRENGTH

A Tabela 3.3 apresenta a caracterização do cenário Order from Strength (OS).

Tabela 3.3 – Evolução dos indicadores para o lote típico – cenário OS

Escala	Order from Strength – regional, reativo					
	Indicador	Unidade	2025	2050	2075	2100
L O T E	Áreas Impermeáveis conectadas aos lotes urbanos	%	++	++	+	+
	Áreas Impermeáveis em lotes urbanos	%	++	+	0	-
	Solos descobertos nos lotes	%	+	+	0	0
	Tecnologias de manejo apropriadas para a escala do lote	%	--	-	-	0
	Vegetação nos lotes	m³	--	-	-	0
	Grama nos lotes	%	0	-	-	0

FONTE: SOUZA, 2008

A sociedade no cenário OS comporta-se de forma despreocupada com as questões ambientais e com os problemas sociais. Por ignorar medidas de precaução às cheias urbanas, os lotes tornam-se mais impermeabilizados com grandes áreas construídas. As áreas impermeáveis conectadas à rede pluvial aumentam durante todos os períodos, sobretudo nos primeiros 50 anos, em que há um aumento acentuado deste indicador. Já para o percentual de áreas impermeáveis, há um aumento nos primeiros 50 anos, acentuando-se até 2025, se estagna entre 2050-2075 e diminui nos últimos 25 anos. O percentual de solo descoberto aumenta nos primeiros 50 anos e permance estagnado no período seguinte. A vegetação diminui até 2075, sobretudo no período correspondente a 2000-2025, permanecendo inalterada entre 2075-2100. Enquanto, o percentual de grama nos lotes fica estagnado nos primeiros 25 anos, diminui entre 2025-2075 e permanece estagnado posteriomente.

No presente cenário, a utilização de tecnologias de manejo apropriadas para escala de lote (BMP's) diminui entre 2000-2075, ocorrendo de forma mais acentuada até 2025 e permanecendo inalterada entre 2075-2100.

3.6.3 ADAPTING MOSAIC

A Tabela 3.4 apresenta a caracterização do presente cenário.

Tabela 3.4 – Evolução dos indicadores para o lote típico – cenário AM

Escala	Adapting Mosaic – regional, proativo					
	Indicador	Unidade	2025	2050	2075	2100
LOTE	Áreas Impermeáveis conectadas aos lotes urbanos	%	0	-	-	-
	Áreas Impermeáveis em lotes urbanos	%	0	-	-	0
	Solos descobertos nos lotes	%	0	-	0	0
	Tecnologias de manejo apropriadas para a escala do lote	%	+	+	+	0
	Vegetação nos lotes	m³	+	+	+	+
	Grama nos lotes	%	0	+	0	0

FONTE: SOUZA, 2008

No que diz respeito aos lotes urbanos do cenário AM, não há alteração do percentual das áreas impermeáveis conectadas à rede pluvial durante o primeiro quarto de século, no entanto nos demais há uma redução gradativa deste indicador. Já o percentual das áreas impermeáveis não se altera até 2025, diminui nos 50 anos seguintes e volta a estagnar até 2100. O percentual de solo descoberto diminui somente no período de 2025-2050, nos demais permance inalterado. A vegetação aumenta gradativamente ao longo dos anos, enquanto a grama sofre aumento no período 2025-2050, de forma a permancer inalterada nos demais.

No cenário Adapting Mosaic, a utilização de tecnologias de manejo apropriadas para escala de lote (BMP's) aumenta gradativamente até 2075, tanto em número de tecnologias adotadas como em sua capacidade de armazenar e/ou retardar o deslocamento de águas pluviais, bem como permanece inalterada no último período (2075-2100). No entanto, vale ressaltar que pelo caráter regional do cenário, embora haja utilização de BMP's, as mesmas não contam com conhecimento técnico avançado, sendo representadas portanto, por cisternas e utilização de telhados verdes.

3.6.4 TECHNOGARDEN

Os detalhes da caracterização do cenário TechnoGarden podem ser visualizados na Tabela 3.5. Em relação aos lotes urbanos, não há alteração no percentual das áreas impermeáveis conectadas à rede pluvial durante o primeiro quarto do século, no entanto nos demais há uma redução desse indicador, sendo sua ocorrência mais acentuada no

período de 2025-2050. Já o percentual das áreas impermeáveis não se altera até 2025, diminui nos 50 anos seguintes, de forma mais acentuada entre 2050-2075 e aumenta até 2100. O percentual de solo descoberto diminui acentuadamente no período de 2025-2050, nos demais permanece inalterado. A vegetação aumenta acentuadamente nos primeiros 25 anos, aumenta em menor grau nos 50 anos seguintes e permanece inalterada nos últimos 25 anos. A grama diminui entre 2025-2050 e nos demais períodos permanece inalterada.

Tabela 3.5 – Evolução dos indicadores para o lote típico – cenário TG

Escala	**TechnoGarden – global, proativo**					
	Indicador	Unidade	2025	2050	2075	2100
L O T E	Áreas Impermeáveis conectadas aos lotes urbanos	%	0	-	-	-
	Áreas Impermeáveis em lotes urbanos	%	0	-	--	+
	Solos descobertos nos lotes	%	0	--	0	0
	Tecnologias de manejo apropriadas para a escala do lote	%	++	++	+	0
	Vegetação nos lotes	m³	++	+	+	0
	Grama nos lotes	%	0	-	0	0

FONTE: SOUZA, 2008

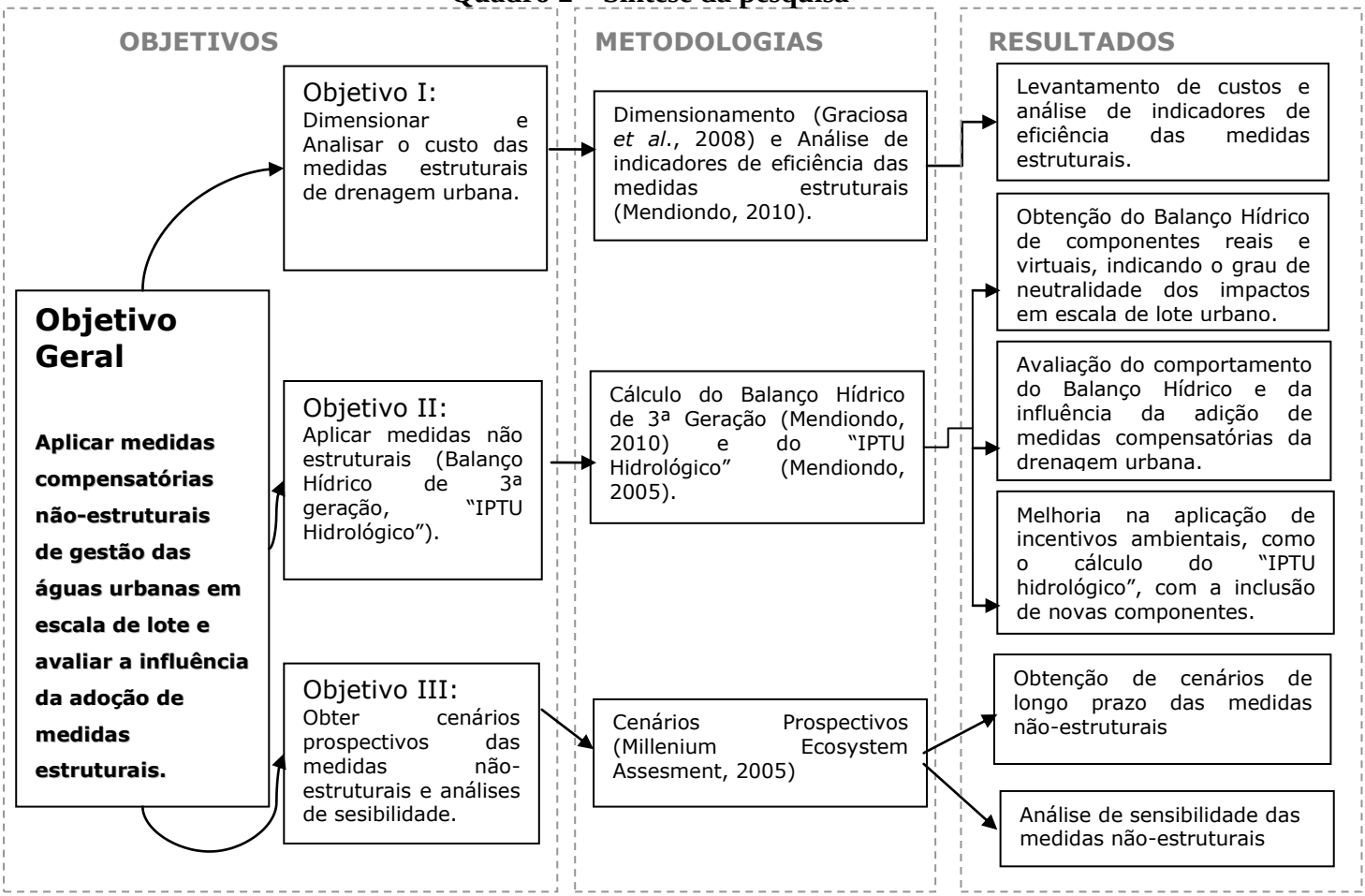
Neste cenário, a utilização de tecnologias de manejo apropriadas para escala de lote (BMP's) aumenta até 2075, sendo sua ocorrência mais acentuada nos primeiros 50 anos, tanto em número de tecnologias adotadas como na sua capacidade de armazenar e/ou retardar o deslocamento das águas pluviais, e permanece inalterada durante o último período (2075-2100). Por ser globalmente conectado, tal cenário apresenta maior facilidade na obtenção de novas informações dentre elas, as de caráter tecnológico, exigindo assim, a inclusão de trincheiras de infiltração como BMP's.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Em linhas gerais, a metodologia do presente trabalho foi dividida em três etapas, sendo a primeira através do dimensionamento e orçamento de medidas estruturais de controle de drenagem urbana, a segunda por meio da aplicação de medidas não-estruturais em escala de lotes urbanos; e, finalmente, a terceira através da avaliação e análise de sensibilidade em quatro cenários diferentes em escala prospectiva de 2025, 2050, 2075 2100; considerando em alguns deles, a existência de medidas compensatórias estruturais de drenagem urbana.

Desta forma, a seguir pode ser visualizado um quadro resumo das atividades desenvolvidas no presente trabalho (Quadro 2), constando de: objetivo principal, objetivos específicos, respectiva metodologia empregada e resultados.

Quadro 2 – Síntese da pesquisa



4.1 MEDIDAS ESTRUTURAIS DE DRENAGEM URBANA

As medidas estruturais de controle de drenagem urbana analisadas no presente trabalho foram: reservatórios de água e trincheiras de infiltração. A partir do dimensionamento das medidas estruturais para o lote urbano de 200m², avaliaram-se os custos associados a estas, conforme tabela de preços do mercado da construção civil, referentes: projeto, execução, operação e manutenção (SINAPI, 2011).

4.1.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA

O dimensionamento dos reservatórios ou tanques de água foi baseado na variação de vazão máxima do Método Racional (com duração de 10 minutos e tempo de retorno de 10 anos), entre os períodos pré e pós-urbanização, que permitiu o cálculo do volume do tanque com área de base circular para o lote urbano de 200m².

4.1.2 DIMENSIONAMENTO DA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO

De acordo com metodologia estabelecida por Graciosa *et al.* (2008), o volume de entrada da trincheira de infiltração em projeto é estimado em função da intensidade, tempo de precipitação e da área de drenagem, expressos na equação 4.1.

$$Vp = \frac{i \times t_D \times A_D}{3600 \times 10^3} \quad \text{equação 4.1}$$

Em que:

Vp = volume do projeto (m³);

i = intensidade de precipitação (mm/h);

t_D = tempo de precipitação (s);

A_D = área de drenagem diretamente conectada à trincheira de infiltração (m²).

A intensidade de precipitação é estimada com base na curva de intensidade-duração-frequência do município de São Carlos, da forma apresentada na equação 4.2.

$$i(mm/h) = \frac{1519xTr^{0,236}}{(d+16)^{0,935}}$$ ..... equação 4.2

Em que:

i= intensidade de precipitação (mm/h);

T = período de retorno (anos);

d = tempo de precipitação, ou duração da chuva (minutos).

Apesar do processo de infiltração em trincheiras ser multidimensional, uma análise pelo modelo de infiltração horizontal de Philip, em que a taxa de infiltração decai com o tempo, fornece um meio de dimensionar o volume da trincheira considerando a vazão de infiltração correspondente ao tempo de precipitação. Os volumes infiltrados e área de infiltração podem ser obtidos pelas seguintes equações:

$$i = \frac{C}{2\sqrt{t}}$$ equação 4.3

$$I = C\sqrt{t}$$ .....equação 4.4

$$Vinf\ (t) = I(t) \times Ainf$$ equação 4.5

$$Ainf = L \times H$$ equação 4.6

Em que:

Vinf = volume infiltrado até o instante t (m^3);

t = tempo (s);

I = infiltração acumulada até o instante t (m^3/m^2);

Ainf = área efetiva de infiltração (m^2);

i= taxa de infiltração no instante t ($m^3/s.m^2$);

C = sortividade, grandeza relacionada com a capacidade do solo homogêneo de absorver água em relação à sua umidade inicial ($m^3/s\ .m^2$);

L = comprimento da trincheira;

H = altura da trincheira.

Os volumes de armazenamento efetivo (Varm.ef.) e volume da trincheira (V_T) podem ser calculados pelas equações 4.7 e 4.8, respectivamente:

$$Varm.ef. = Vp - Vinf \quad \text{equação 4.7}$$

$$V_T = \frac{Varm.ef.}{\emptyset} \quad \text{equação 4.8}$$

Em que:

Varm.ef. = volume de armazenamento efetivo (m^3);

Vp = volume de projeto (m^3);

Vinf = volume de infiltração (m^3)

V_T = volume da trincheira;

ø = porosidade (%).

As dimensões da trincheira são: B (largura), H (profundidade) e L (comprimento). O processo de dimensionamento é iterativo, consiste em adotar valores iniciais para H e L, para o cálculo do lado direito da equação de Vinf, e, por esta equação, obter o valor de B. Assim, verifica-se a viabilidade construtiva e refaz-se os cálculos, se necessário, adotando novos valores para H e L.

No contexto da adoção da trincheira de infiltração, a fim de compensar o aumento de escoamento superficial do passado, foram estabelecidos novos critérios, expressos nas equações 4.9 e 4.10:

$$\Delta Pe = Pe_{atual} - Pe_{passado} \quad \text{equação 4.9}$$

$$\Delta Pe \leq \Phi \cdot Vol_{\text{med estr}} + (Ia+F) \cdot A_{\text{med estr,}} \quad \text{equação 4.10}$$

Ou de forma simplificada (equação 4.11):

$$\Delta Pe \leq Vp \quad \text{equação 4.11}$$

Em que:

ΔPe = variação de escoamento (m^3);

Φ = porosidade (%);

Vol.med.est = volume efetivo de armazenamento (m^3);

(Ia +F). Amed.estr = volume infiltrado (m^3).

4.2 MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS COMO INSTRUMENTOS DE GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS

A metodologia para a aplicação de medidas não-estruturais proposta foi dividida em duas abordagens, sendo que a primeira propôs o Balanço Hídrico de Terceira Geração, que considera componentes tanto reais como virtuais, enquanto que a segunda se referiu ao estabelecimento do IPTU, com base hidrológica.

Seguindo a AEASC (2009) que instituiu o Código de Obras da cidade, foram considerados tempos de retorno (***Tr***) de 10 anos, sob a suposição que a relação IDF permanecesse constante no tempo em uma escala prospectiva de cenários: atuais (2010), 2025, 2050, 2075 e 2100. Tais cenários basearam-se no fator de urbanização adotado, levando em consideração as mudanças das áreas impermeáveis propostas pela Millenium Ecosystem Assessment (2005): *Global Orchestration, Order from Stregth, Adapting Mosaic, TechnoGarden*.

Tomou-se como base para cálculo das medidas compensatórias não-estruturais, um lote urbano de 200m² e a partir deste foram projetados os cenários prospectivos para lotes de até 1200m², de modo a obter uma análise de sensibilidade da variação dos componentes de tais medidas, de acordo com a escala de lote urbano adotada. Da mesma forma, outra análise de sensibilidade foi apresentada exclusivamente para o "IPTU Hidrológico", referente aos pesos atribuídos a cada componente das águas urbanas, considerada no cálculo dos impostos.

4.2.1 BALANÇO HÍDRICO DE TERCEIRA GERAÇÃO

Conforme equação 3.1 apresentada anteriormente, segundo Mendiondo (2010), uma nova equação do Balanço Hídrico de 3ª Geração pode ser calculada da seguinte forma:

$$\langle \Delta X \rangle_{lote} = \underbrace{P}_{verde} + \overbrace{\underbrace{\overbrace{Aabas}^{*}}_{azul} + \underbrace{AVe}_{\substack{verde\\azul\\cinza}}}^{peg.hidrica} + \underbrace{\sum Diluição\left(\overbrace{Pe}^{*}, Esan, AVs(Rsol)\right)}_{cinza} - \underbrace{ETR}_{verde} - \underbrace{\overbrace{Pe}^{*} - Esan - AVs(\overbrace{Rsol}^{*})}_{cinza}$$

Onde:

P: Precipitação Média Anual obtida

Aabas: Abastecimento de água

Ave: Água Virtual de Bens e Serviços

∑ Diluição: As diluições de esgoto, resíduos sólidos e escoamento são os coeficientes de diluição a serem adotados;

ETR: Evapotranspiração Média Anual

Pe: Lâmina de Escoamento

Esan: esgoto sanitário

Avs(Rsol): água virtual dos resíduos sólidos

4.2.1.1 PRECIPITAÇÃO ANUAL

A Precipitação Média Anual de São Carlos foi obtida através da média dos valores registrados entre 1972 e 2010 na Estação Meteorológica do CRHEA, pertencente a USP.

4.2.1.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÉDIA ANUAL

A Evapotranspiração Potencial (ETP) pôde ser calculada da seguinte forma (equação 4.12):

$$ETP\ [\text{mm}] = d\ .\ 16\ .\ (10.\ T\ /\ \boldsymbol{I}\ )^{a}\ ;\ T\ [^{o}\text{C}] \qquad \text{equação 4.12}$$

Adotou-se uma variação mensal do coeficiente “d” (Tabela 4.1) para o ano base de 2010, que se manteve constante ao longo dos cenários prospectivos (2025, 2050, 2075, 2100).

Tabela 4.1 – Valores do coeficiente "d"

Meses	d (adim)
Janeiro	1,17
Fevereiro	1,01
Março	1,05
Abril	0,96
Maio	0,94
Junho	0,88
Julho	0,98
Agosto	0,98
Setembro	1,00
Outubro	1,10
Novembro	1,11
Dezembro	1,18

$$\text{Coeficiente "}a\text{"} = 67{,}5.10^{-8} I^3 - 7{,}71.10^{-5} I^2 + 0{,}01791.I + 0{,}492 \qquad \text{equação 4.13}$$

$$\text{Coeficiente } I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T}{5}\right)^{1{,}514} \qquad \text{equação 4.14}$$

A simulação do armazenamento do solo (S*) é regida pelo equacionamento 4.15:

$$S^* = (P\text{-}ETP) + S_{início} \text{ sabendo-se que,} \qquad \text{equação 4.15}$$

$S_{inicial} = S_{(t-1)}$, P e ETP são calculados previamente. Assim, tem-se os valores de Evapotranspiração Real (ETR):

Tabela 4.2 – Cálculo de Armazenamento do Solo (S) e Evapotranspiração Real (ETR)

Se Smin ≤ S* ≤ Smax	S* < Smin	S* > Smax
ETR = ETP; S(fim) = P-ETP +S(inicio); Excesso = 0; ΔS = S(fim) – S(inicio)	ETR = P + S(inicio); Deficit = ETP – ETR; Excess = 0; ΔS = S(fim) – S(inicio)	ETR = ETP; S(end) = Smax; Excesso = S* - Smax; ΔS = S(fim) – S(inicio)

4.2.1.3 LÂMINA DE ESCOAMENTO

Com os valores de CN e CN médio para cada cenário foi possível calcular uma série de parâmetros vinculados ao escoamento superficial do lote estudado. Os cálculos da capacidade de armazenamento do solo ($S_{médio}$), precipitação (P*), perdas iniciais (Ia),

escoamento (Pe) e infiltração durante o escoamento (Fa) foram efetuados a partir das seguintes equações do Método SCS:

Armazenamento de água

$$S_{médio}(mm) = \frac{25400}{CN_{médio}} - 254 \quad \text{equação 4.16}$$

onde $CN_{médio}$ é:

$$CN_{médio} = \sum CN_i x A_i \quad \text{equação 4.17}$$

Perdas iniciais

$$Ia_{médio} = 5\% S_{médio} \quad \text{..equação 4.18}$$

Lâmina de escoamento

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad \text{equação 4.19}$$

Essa equação é válida para P>Ia e PE, P, Ia e S são dados em (mm).

Equação da continuidade

$$Fa = P - Pe - Ia \quad \text{equação 4.20}$$

Ainda, adotou-se uma relação proporção de $Ia = cte2 \cdot S$, verificou-se $C = Pe^{\cdot -1}$ e considerou-se o ***CN*** como um coeficiente adimensional tabelado para uso e ocupação, enquanto ***P*** é obtido de curvas IDF locais.

As taxas de variação de armazenamento máximo nos cenários prospectivos estão diretamente ligadas às condições de urbanização através do CN, impermeabilização dos solos e consequente, capacidade de armazenamento.

4.2.1.4 PEGADA HÍDRICA

A metodologia adotada para a obtenção de uma estimativa da pegada hídrica de entrada no lote foi a proposta por Hoekstra *et al.* (2009), em cujos cenários prospectivos, foram consideradas as seguintes componentes, baseadas em variações do Produto Interno Bruto (PIB): consumo doméstico, água virtual dos produtos industrializados e do consumo de carnes e cereais.

Os valores de PIB e taxa de crescimento populacional foram baseados nos dados do IBGE (2011), o consumo doméstico (2010) extraído de dados da prestadora de serviço local (SAAE), enquanto as variações de componentes das pegadas hídricas de produtos industrializados, carnes e cereais acompanharam as projeções propostas por Hoekstra *e* Chapagain (2004) e de Alcamo *et al.* (2008).

4.2.1.5 ÁGUA VIRTUAL DE SAÍDA (LIXIVIADO DOS RESÍDUOS)

Para os resíduos sólidos foi projetada uma tendência de geração destes de acordo com cada proposta de cenário prospectivo (reativos e pró-ativos), a qual permitiu através do Método Suíco, o cálculo do volume de lixiviado gerado, em que (equação 4.21):

$$Q\ (l/s) = [P\ (mm)\ .\ A\ (m^2)\ .\ k]\ /\ t(s) \qquad \text{equação 4.21}$$

Em que,
P = precipitação (mm);
A = área do aterro de São Carlos (m²)
K = coeficiente de compactação dos resíduos
t = tempo do ano (s)

4.2.1.6 ESGOTO SANITÁRIO

Os dados referentes ao esgoto sanitário para o ano base (2010) foram obtidos junto à prestadora de serviço local (SAAE) e as projeções para os cenários futuros baseadas nos estudos de Hoekstra *e* Chapagain (2004) e de Alcamo *et al.* (2008), ao se estabelecer uma correlação entre consumo doméstico/esgoto sanitário.

4.2.1.7 FATORES DE DILUIÇÃO

Os fatores de diluição foram calculados a partir de adequações da estimativa da pegada cinza, proposta por Hoekstra et al. (2009), ou seja, (equação 4.22):

$$F.Diluição = \frac{Concentração\ do\ Poluente}{Concentração\ Permitida - Concentração\ Natural}$$ equação 4.22

Em que:

Concentração do Poluente, Concentração Permitida, Concentração Natural dadas em mg/L.

F. Diluição (adimensional)

Após os cálculos dos fatores de diluição, foram obtidos os volumes anuais de Pegada Hídrica Cinza do escoamento, lixiviado dos resíduos e esgoto sanitário para o Balanço Hídrico de Terceira Geração (equação 4.23):

$$Pegada\ Hídrica\ Cinza = F.Diluição \times Componente\ Água\ Urbana$$ equação 4.23

Em que:

Pegada Hídrica Cinza, Componente Água Urbana dadas em m³

F. Diluição (adimensional)

4.2.2 "IPTU HIDROLÓGICO"

A segunda abordagem de inovação das medidas não-estruturais adota o IPTU com base hidrológica, de forma a promover incentivos ambientais, em valores monetários (R$), parte das seguintes variáveis:

- se ΔS (t) ≠ 0 , então calcular: $IPTU(t)_S$ = f1(t, ΔS); equação 4.24
- se $\Delta Qmáx$ (t) ≠ 0 , então calcular: $IPTU(t)_{Qmax}$ = f2(t, $\Delta Qmáx$); equação 4.25
- se $\Delta Pegada$ (t) ≠ 0 , então calcular: $IPTU(t)_{P.H.}$= f3 (t , ***P.H.***); equação 4.26
- se ΔDBO(t) ≠ 0, então calcular: $IPTU(t)_{DBO.}$= f4 (t , ***DBO***). equação 4.27

Em que:

ΔS(t): variação máxima de armazenamento

ΔQmáx(t): variação máxima de vazão

ΔPeg. Hídrica: variação da pegada hídrica

ΔDBO (t): variação de matéria orgânica

O IPTU do Código de Obras (equação 4.28) é um balanço dos impactos de f1, f2, f3, f4 a partir de pesos dados no Plano Diretor (Mendiondo, 2007):

$$\boldsymbol{IPTU(t)}_{\text{Código_de_Obras}} = (\boldsymbol{W1} \cdot \boldsymbol{IPTU(t)}_{\text{Smax}}) + (\boldsymbol{W2} \cdot \boldsymbol{IPTU(t)}_{\boldsymbol{Qmax}}) + (\boldsymbol{W3} \cdot \boldsymbol{IPTU(t)}_{\boldsymbol{P.H.}}) + (\boldsymbol{W4} \cdot \boldsymbol{IPTU(t)}_{\boldsymbol{DBO.}}) \qquad \text{equação 4.28}$$

sendo $\boldsymbol{W1} + \boldsymbol{W2} + \boldsymbol{W3} + \boldsymbol{W4} = 1$; em que $0 \leq \boldsymbol{W1} \leq 1$; $0 \leq \boldsymbol{W2} \leq 1$; $0 \leq \boldsymbol{W3} \leq 1$; $0 \leq \boldsymbol{W4} \leq 1$.

Nesse sentido, adotou-se o valor base de IPTU atual (2010), fornecido pelo site da Prefeitura Municipal de São Carlos, cujo valor venal do imóvel foi estimado a uma alíquota de 0,8% para o cálculo do IPTU, de acordo com AEASC/PMSC (2009).

Em um segundo momento, foram analisadas as medidas compensatórias de contenção e reaproveitamento de águas pluviais, na forma de (equação 4.29):

$$\boldsymbol{IPTU(t)}_{\text{negociado}} = \boldsymbol{IPTU(t)}_{\boldsymbol{S}} \qquad \text{equação 4.29}$$

Desta forma, as metodologias adotadas para o cálculo do “IPTU hidrológico” com base na variação do armazenamento máximo, vazão máxima, pegada hídrica e matéria orgânica podem ser verificadas abaixo.

4.2.2.1 ARMAZENAMENTO MÁXIMO

O IPTU em questão é calculado pelo Método SCS (subitem 4.2.1.3). Portanto, o cálculo do “IPTU Hidrológico” com base nessa componente, se estabeleceu da seguinte forma (equação 4.30):

Correção do IPTU tipo 1

$$IPTU_{ano} = IPTU_{ano-base} \cdot \left(1 - \frac{Smáx_{ano} - Smáx_{ano-base}}{Smáx_{ano-base}}\right) \qquad \text{equação 4.30}$$

4.2.2.2 VAZÃO MÁXIMA

Segundo o Método Racional, foi avaliada também a possibilidade de implantação de um "IPTU Hidrológico" com base nas vazões máximas geradas no lote, para o município de São Carlos-SP, cuja relação baseada nas curvas IDF é a seguinte:

Intensidade da chuva – Curva IDF

$$i(mm/h) = \frac{1519xTr^{0,236}}{(d+16)^{0,935}} \quad \text{..... equação 4.31}$$

onde d = minutos e Tr = anos.

Vazão – Método Racional

$$Q(m^3/s) = 0,278.i_{crítico}.CE.A \quad \text{..... equação 4.32}$$

onde $i_{crítico}$ = mm/h e A = Km^2. O coeficiente de escoamento é dado por: CE = Pe/P.

As taxas de variação de vazão máxima nos cenários prospectivos estão diretamente ligadas às condições de urbanização através do CN, impermeabilização dos solos e capacidade de armazenamento; portanto, o cálculo do "IPTU Hidrológico" com base nessa componente, estabeleceu-se da seguinte forma (equação 4.33):

Correção do IPTU tipo 2

$$IPTU_{ano} = IPTU_{ano-base}.(1 + \frac{Qmáx_{ano} - Qmáx_{ano-base}}{Qmáx_{ano-base}}) \quad \text{equação 4.33}$$

4.2.2.3 PEGADA HÍDRICA

A metodologia de quantificação de pegada hídrica está expressa no subitem 4.2.1.4. Desta maneira, a correção do IPTU pode ser calculada da seguinte forma (equação 4.34):

Correção do IPTU tipo 3

$$IPTU_{ano} = IPTU_{ano-base}.(1 + \frac{P.H_{ano} - P.H._{ano-base}}{P.H_{ano-base}}) \quad \text{equação 4.34}$$

4.2.2.4 MATÉRIA ORGÂNICA

A metodologia adotada para a obtenção do "IPTU Hidrológico" baseado na matéria orgânica (MO) concentrou-se nos valores do parâmetro DBO das componentes das águas urbanas (escoamento ou drenagem, esgoto sanitário e lixiviados dos resíduos sólidos).

A quantificação para os cenários prospectivos do volume de água de escoamento foi baseada no Método SCS (subitem 4.2.1.3). Para o cálculo do volume de lixiviado de resíduos fez-se uso do Método Suíço (subitem 4.2.1.5). E, finalmente, para a obtenção do volume de esgoto sanitário foi estabelecida uma relação entre demanda/esgoto (4.2.1.6). Esses volumes foram multiplicados pelo valor de DBO (mg/L) de cada componente, cuja somatória gerou a variável Matéria Orgânica (MO). Desta maneira, a correção do IPTU pode ser calculada da seguinte forma (equação 4.35):

Correção do IPTU tipo 4

$$IPTU_{ano} = IPTU_{ano-base}.(1 + \frac{MO._{ano} - MO._{ano-base}}{MO._{ano-base}}) \quad \text{equação 4.35}$$

4.2.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DAS MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS

A partir do cálculo das medidas compensatórias não-estruturais do lote urbano de 200m², foram projetados os cenários prospectivos para lotes de até 1200m², de modo a obter uma análise de sensibilidade da variação dos componentes de tais medidas, de acordo com a escala a ser adotada. Da mesma forma, outra análise de sensibilidade foi apresentada exclusivamente para o "IPTU Hidrológico", referente aos pesos atribuídos a cada componente das águas urbanas, considerada no cálculo do incentivo ambiental.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 MEDIDAS COMPENSATÓRIAS ESTRUTURAIS DE DRENAGEM URBANA

Nos cenários *Global Orchestation* (2075, 2100), *Adapting Mosaic* e *TechnoGarden* há adoção de medidas compensatórias estruturais (trincheiras de infiltração, reservatórios de água, etc.) que proporcionam um aumento do Armazenamento Máximo do solo. Desta forma, o dimensionamento da capacidade de tais dispositivos foi baseado em dois métodos: na variação de vazão máxima das situações pré-urbanizadas e pós-urbanizadas (atual) e na variação do volume da lâmina de escoamento entre elas.

5.1.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA

O volume do tanque de água foi dimensionado baseado no método racional para o cálculo da vazão máxima. Determinou-se para a área construída do lote urbano de 200m², o valor de C_1 igual a 0,80 devido ao alto grau de adensamento, porém ainda com a presença de áreas permeáveis. Já o valor de C_A igual a 0,10 (antes da impermeabilização) foi determinado considerando área de mata pouco densa.

Paralelamente, adotou-se a intensidade de precipitação média máxima para São Carlos-SP de 125,9967 mm/h, com tempo de duração de chuva de 10min e período de retorno (Tr) de 10 anos.

Tem-se a partir da equação 4.25:

Antes da urbanização

$$Q = 0{,}278 \,.\, C.\, i \,.\, A$$

$$Q = 0{,}278 \,.\, 0{,}1 \,.\, 125{,}9967 \,.\, 200 \,.\, 10^{-6}$$

$$Q = 0{,}0007 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pós-urbanização

$$Q = 0{,}278 \,.\, C.\, i.\, A$$

$$Q = 0{,}278 . 0{,}8 . 125{,}9967 . 200 . 10^{-6}$$
$$Q = 0{,}00561 \ m^3/s$$

De forma que a variação de vazão seja:

$$\Delta Q = 0{,}00491 \ m^3/s$$

Portanto, o volume do reservatório de água necessário para armazenar esse aumento de vazão máxima será de 2,946 m³.

5.1.2 DIMENSIONSAMENTO DA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO

No caso do lote urbano de 200m², foram detalhados nas Tabelas 5.1 e 5.2 os seguintes usos e ocupações do solo, seus respectivos valores de CN e dimensões nas tabelas (pré-urbanização) e (pós-urbanização), respectivamente:

Tabela 5.1 – Características do lote urbano de 200m² (pré-urbanização)

Uso e ocupação	CN	Área (m²)
solo descoberto	82	20
Vegetação	68	180

Tabela 5.2 – Características do lote urbano de 200m² (2010)

Uso e ocupação	CN	Área (m²)
área impermeável	98	100
área impermeável conectada	100	36
solo descoberto	82	10
Vegetação	68	30
Grama	66	24

A partir das tabelas anteriores, foram obtidos valores de CNmédio de 80,6 (pré-urbanização) e 89,22 (pós-urbanização) para o lote de 200m² e assim, foram calculados o armazenamento máximo, perdas e a lâmina de escoamento formada (Tabela 5.3 e 5.4).

Tabela 5.3 – Características Pré-Urbanização

Precipitação (mm)	1505,07
Armazenamento (mm)	61,14
Perdas (Ia) (mm)	3,06
Lâmina de Escoamento (mm)	1443,27

Tabela 5.4 – Características Pós-Urbanização (2010)

Precipitação (mm)	1505,07
Armazenamento (mm)	30,68
Perdas (Ia) (mm)	1,53
Lâmina de Escoamento (mm)	1473,46

Deste modo, tem-se a partir da equação 4.10:

$$\Delta Pe = Pe_{atual} - Pe_{passado}$$

$$\Delta Pe = 1473{,}46 - 1443{,}27$$

$$\Delta Pe = 30{,}192 \text{ mm}$$

Portanto, as medidas estruturais de drenagem urbana a serem incorporadas no lote de 200m² para os cenários *Global Orchestration* (2075, 2100), *Adapting Mosaic* e *TechnoGarden* devem ter capacidade mínima de armazenamento/infiltração de 30,192mm ou em termos de volume, 6,038m³. A Tabela 5.5 mostra as dimensões projetadas para a trincheira de infiltração do lote urbano de 200m², de acordo com características climáticas e pedológicas de São Carlos-SP.

Tabela 5.5- Dimensionamento da trincheira de infiltração (lote 200m²)

Parâmetros de dimensionamento	
Imáx (mm)	125,996
Volume projeto (m³)	4,199
I (m³/m²)	0,198
C(m³/s.m²)	0,00571
Comprimento da trincheira (m)	5,000
Altura da trincheira (m)	1,000
Área de infiltração (m²)	5,000
Volume infiltrado (m³)	0,989
Volume efetivamente armazenado (m³)	3,211
Porosidade da brita 3 (%)	40,000
Volume da trincheira (m³)	8,027
Largura da trincheira (m)	1,610

Para conter a variação de escoamento (6,038m³) entre os períodos: antes da urbanização e atual (2010) propõe-se a adoção de duas trincheiras de infiltração a jusante do lote de 200m², acima dimensionadas, cuja capacidade de armazenamento e infiltração - volume do projeto - seja de 4,1998m³, totalizando 8,3996m³.

5.1.3 AVALIAÇÃO DE CUSTOS DE MEDIDAS ESTRUTURAIS DE DRENAGEM URBANA

A fim de otimizar a escolha das medidas estruturais de drenagem urbana a serem incorporadas nos lotes domiciliares, é essencial que haja uma análise de indicadores de eficiência, de forma a estabelecer relações destes com aqueles de urbanização.

Nesse sentido Shiratsubaki *et al.* (2011) estabeleceu em sua pesquisa para os Campus 1 e 2 da USP de São Carlos-SP , indicadores de eficiência de duas medidas compensatórias estruturais distintas (trincheira de infiltração e reservatórios de água), de forma a estabelecer relações custo/ variação de lâmina de escoamento e indicadores de urbanização.

Nas Figuras (5.1, 5.2, 5.3 e 5,4) foram considerados indicadores simples e compostos, cuja diferença da metodologia consiste na inclusão do número de pessoas beneficiadas pela instalação dos dispositivos em relação ao custo total/variação de lâmina de escoamento, nos indicadores compostos. Enquanto, o indicador de urbanização trata-se da relação entre a área impermeabilizada/área total, em que serão implantadas as medidas estruturais.

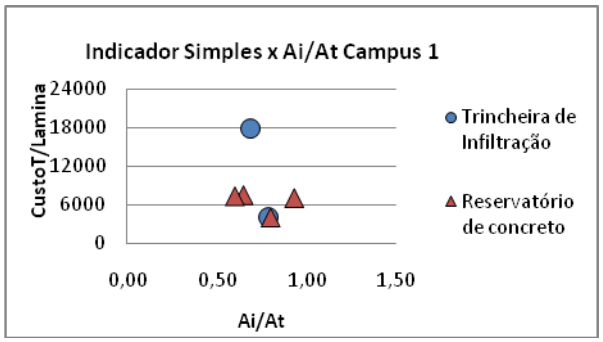


Figura 5.1: Gráfico Indicador Simples x Ai/At medidas compensatórias C1

FONTE: SHIRATSUBAKI et al., 2011

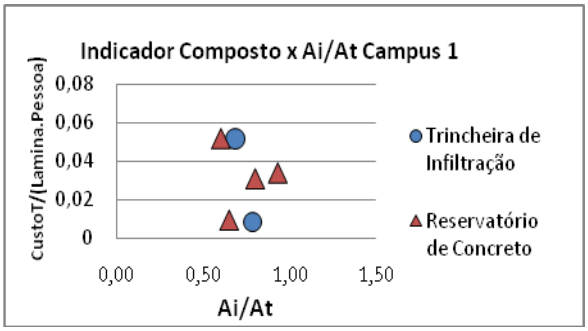


Figura 5.2: Gráfico Indicador Composto x Ai/At medidas compensatórias C1

FONTE: SHIRATSUBAKI et al., 2011

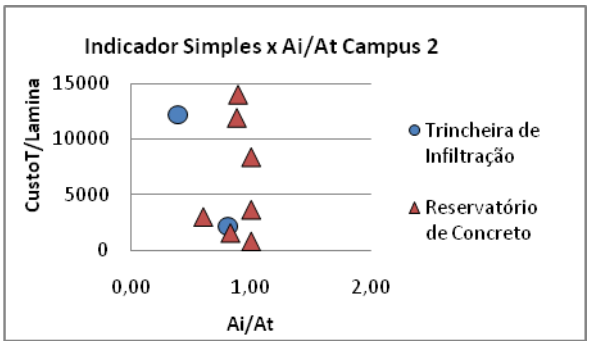


Figura 1.3: Gráfico Indicador Simples x Ai/At medidas compensatórias do C2

FONTE: SHIRATSUBAKI et al., 2011

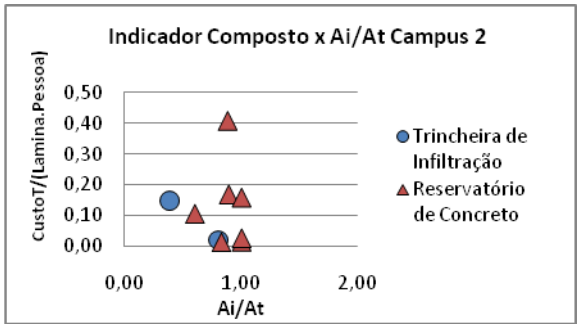


Figura 5.4:Gráfico Indicador Composto x Ai/At medidas compensatórias C2

FONTE: SHIRATSUBAKI et al., 2011

É interessante observar que o indicador simples mais eficiente foi o reservatório de água dimensionado para a área do "prédio da química" do Campus 2. Tal fator pode estar correlacionado à menor urbanização desta região, o que acarreta numa menor lâmina de escoamento, menor necessidade de armazenamento de água e, consequentemente, redução do volume e custo de P&E e O&M que o dispositivo mitigador deverá ter. Já em relação ao indicador composto, a trincheira de infiltração da "biblioteca EESC" do Campus 1 foi a que apresentou melhor desempenho, devido ao

grande número de pessoas beneficiadas diretamente com a obra (Shiratsubaki *et al.*, 2011).

Por fim, os mesmos autores afirmaram que era esperado que houvesse relação entre os indicadores (de eficiência e de urbanização), uma vez que o aumento de área impermeabilizada gera uma lâmina de escoamento maior, e consequentemente, necessidade de dispositivos de maior capacidade e custos. No entanto, o fato de não ser observada tal correlação pode estar associado às diferentes concepções de projetos adotadas para as medidas compensatórias, bem como as condições hidráulicas e hidrológicas distintas para cada situação.

Diante da dificuldade de se estabelecer uma tendência geral de relação custo/eficiência dos dispositivos como acima citada, para o presente trabalho foram dimensionadas e orçadas duas medidas compensatórias estruturais de drenagem urbana (reservatórios de água e trincheira de infiltração), com as características do lote urbano de 200m², em estudo.

Para tais orçamentos, foram consideradas algumas suposições, que podem se alterar ao serem aplicadas à condições reais:

- o estudo da bacia hidrográfica está incluso no projeto;
- a estabilidade do solo é boa, de forma a não provocar recalques;
- disponibilidade de areia no local;
- a carga horária (engenheiro, pedreiros e ajudantes) é relativa às condições da área, do terreno e climáticas;
- o cálculo das tubulações foi majorado para desprezar perdas (Apêndice A).

Além disso, nos cálculos não foram considerados os elementos de custos indiretos, como o BDI (*Budget Diferrence Income*) e os valores foram baseados nas tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2011).

Assim, a Tabela 5.6 apresenta o orçamento dos custos para a implantação de um reservatório de água de fibra de vidro com sistema de captação da água da chuva, com vida útil de 20 anos e capacidade de 3 m³ (área de base circular de diâmetro 1,85m e altura total 1,25m).

Tabela 5.6 – Custos do reservatório de água

	Material	Unidade	Quantidade	Preço Unitário		Preço Total	
PROJETO E EXECUÇÃO	Projeto	-	01	R$	2.000,00	R$	2.000,00
	Desenhista	Horas	10	R$	14,57	R$	145,70
	Engenheiro responsável	Horas	20	R$	64,35	R$	1287,00
	Pedreiro 1	Horas	20	R$	10,12	R$	202,40
	Pedreiro 2	Horas	20	R$	10,12	R$	202,40
	Ajudante 1	Horas	20	R$	8,47	R$	169,40
	Ajudante 2	Horas	20	R$	8,47	R$	169,40
	Tanque	-	01	R$	562,00	R$	562,00
	Cimento	kg	100	R$	0,69	R$	69,00
	Tubulação PVC (100mm)	metros	81	R$	16,47	R$	1334,07
					Total:	**R$**	**7475,44**
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	Vistoria	Horas	1	R$	64,35	R$	64,35
	Limpeza	m²	0	R$	6,12	R$	-
	Reparos	Horas	3	R$	10,12	R$	30,36
					Total:	**R$**	**94,71**
			TOTAL GERAL:			**R$**	**7.570,15**

A Figura 5.5 apresenta o dimensionamento da trincheira de infiltração destinada ao lote de 200m², cuja capacidade é de aproximadamente 4,2m³, cada.

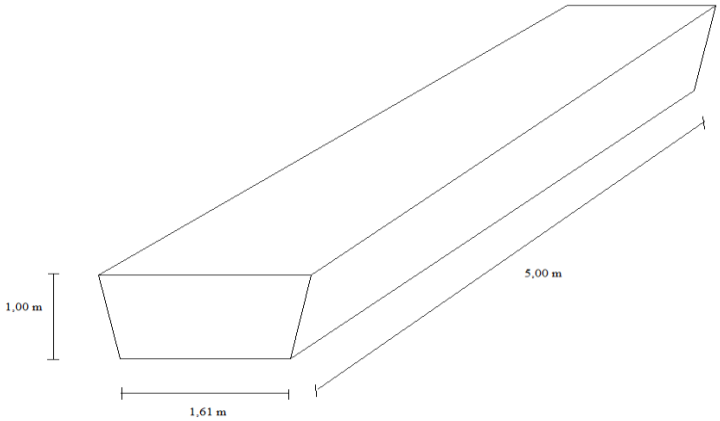


Figura 5.5 – Dimensionamento da trincheira de infiltração do lote de 200m²

Já a Tabela 5.7 apresenta o orçamento dos custos para a implantação de duas trincheiras de infiltração, com as mesmas características e vida útil de 20 anos, baseado nos parâmetros pré-definidos por Shiratsubaki *et al.* (2011).

Os dimensionamentos foram projetados para atender a variação da vazão máxima (reservatório de água) e a variação de lâmina de escoamento (trincheira de infiltração), de forma que apesar da proximidade nos valores de orçamento, é

importante salientar que a implantação de duas trincheiras de infiltração no lote urbano de 200m² promoverá em torno de 39% a mais de armazenamento/infiltração em relação ao volume mínimo necessário para conter os impactos das situações pré e pós-urbanizadas sobre o escoamento.

Tabela 5.7 – Custos da trincheira de infiltração

	Material	Unidade	Quantidade	Preço Unitário		Preço Total	
PROJETO E EXECUÇÃO	Projeto	-	01	R$	2.000,00	R$	2.000,00
	Desenhista	Horas	10	R$	14,57	R$	145,70
	Brita 3	m³	8,4	R$	35,00	R$	294,00
	Manta geotêxtil	m²	60	R$	2,30	R$	138,00
	Escavação	m³	8,4	R$	29,25	R$	245,70
	Bota-Fora	m³	8,4	R$	12,63	R$	106,09
	Engenheiro responsável	Horas	30	R$	64,35	R$	1930,50
	Pedreiro 1	Horas	30	R$	10,12	R$	303,60
	Pedreiro 2	Horas	30	R$	10,12	R$	303,60
	Ajudante 1	Horas	30	R$	8,47	R$	254,10
	Ajudante 2	Horas	30	R$	8,47	R$	254,10
	Cimento	kg	400	R$	0,69	R$	276,00
	Tubulação PVC (100mm)	m	71	R$	16,47	R$	1169,37
				Total:		**R$**	**7.421,57**
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	Vistoria	Horas	2	R$	64,35	R$	128,70
	Limpeza	m²	0	R$	6,12	R$	-
	Reparos	Horas	5	R$	10,12	R$	50,60
					Total:	**R$**	**179,30**
				TOTAL GERAL:		**R$**	**7.600,87**

5.2 MEDIDAS COMPENSATÓRIAS NÃO-ESTRUTURAIS PARA GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS

As medidas compensatórias não-estruturais trabalhadas na presente pesquisa consistem no Balanço Hídrico de Terceira Geração e no IPTU com base hidrológica. A princípio foram detalhados os resultados obtidos para o lote urbano exemplo de 200m², de modo que ao final, apresentou-se uma Análise de Sensibilidade de tais medidas não-estruturais de acordo com as diferentes escalas de lote urbano. E, concomitantemente, no caso do “IPTU Hidrológico”, foi abordada também uma análise de sensibilidade referente aos pesos atribuídos a cada uma de suas componentes.

5.2.1 BALANÇO HÍDRICO DE TERCEIRA GERAÇÃO

Para o Balanço Hídrico de Terceira Geração no ano de 2010, foi detalhado um lote urbano exemplo de 200m² (Figura 5.6), no município de São Carlos-SP (Figura 5.7) sob alíquota de 0,8% no valor venal do imóvel, fixando o valor de R$800,00, de acordo com a taxa estabelecida pela Lei Municipal 13692/2005, que institui a Planta Genérica de Valores do Município de São Carlos, em que habitam 4 pessoas.

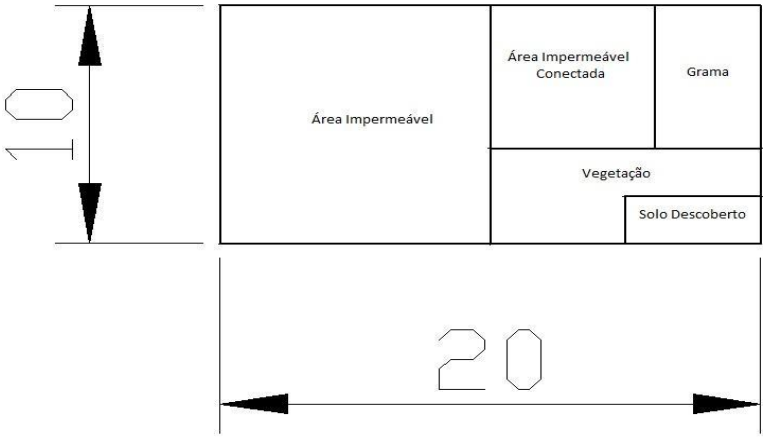


Figura 5.6 – Lote urbano de 200m²

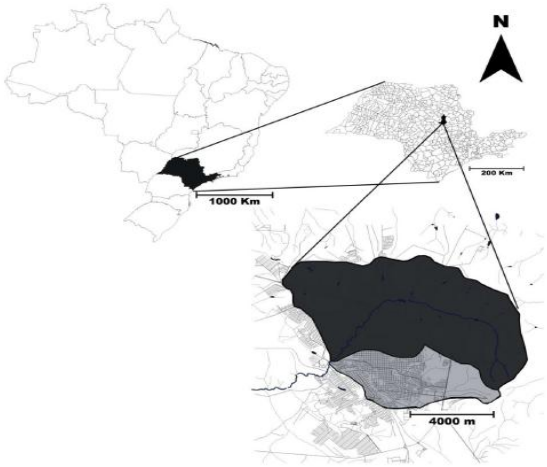


Figura 5.7 Localização de São Carlos

FONTE : ALVAREZ (2010)

5.2.1.1 PRECIPITAÇÃO

A Precipitação Média Anual adotada para o município de São Carlos é de 1505,07mm, tanto para o ano base (2010) quanto para os cenários prospectivos,

resultante da média das alturas pluviométricas de 1972-2010 coletadas na Estação do CRHEA, pertencente ao campus da USP (Figura 5.8).

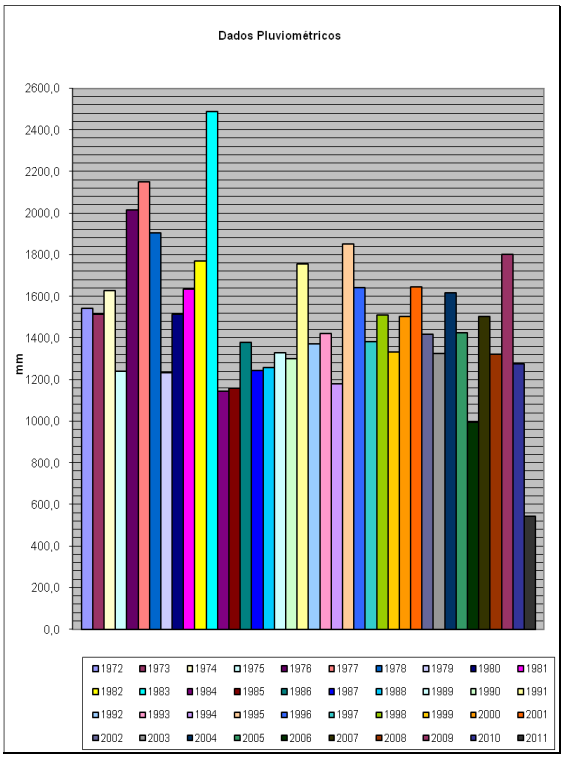


Figura 5.8 - Alturas Pluviométricas de São Carlos (1972-2010)

FONTE: ESTAÇÃO CRHEA, 2011

5.2.1.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL

A partir dos dados climatológicos e das séries temporais de 1972-2010 obtidas na Estação Meteorológica do CHREA (pertencente à USP), obtevesse uma estimativa de evapotranspiração real média de 893,03mm para o município de São Carlos.

5.2.1.3 ESCOAMENTO

De acordo com as características do lote urbano adotado (200m²) apresentadas na Tabela 5.2 (subitem 5.1.2. Dimensionamento de Trincheiras de Infiltração) obtevesse um CN médio global de 89,22, a partir do qual, foram calculados na Tabela 5.8: o armazenamento máximo, as perdas e a lâmina de escoamento formada para 2010. Paralelamente, para os cenários prospectivos, a Tabela 5.9 apresenta as características do lote pertencente aos cenário *Global Orchestration, Order from Strength, Adapting*

Mosaic e *TechnoGarden*, respectivamente, referentes ao uso e ocupação do solo, valores de CN, bem como armazenamento potencial do solo e lâmina de escoamento gerada.

Tabela 5.8 – Precipitação, Armazenamento, Perdas e Lâmina de Escoamento 2010

CN	89,22
Precipitação (mm)	1505,07
Armazenamento (mm)	30,68
Perdas (Ia) (mm)	1,53
Lâmina de Escoamento (mm)	1473,46

Tabela 5.9 – Características hidrológicas do lote urbano sob cenários de longo prazo (2025-2100)

Cenário	2025		2050		2075		2100	
	m²	CN	m²	CN	m²	CN	m²	CN
AI (GO)	40	98	110	98	110	98	110	98
AIDC (GO)	104	100	44	100	45,6	100	45,6	100
SD (GO)	14	82	14	82	14	82	14	82
BMP (GO)	-	-	-	-	+	-	+	-
V (GO)	12	68	12	68	12	68	16	68
G (GO)	30	66	20	66	9,6	66	5,6	66
AI (OS)	50	98	110	98	110	98	120	98
AIDC (OS)	104	100	60	100	64	100	54	100
SD (OS)	14	82	16	82	16	82	16	82
BMP (OS)	-	-	-	-	-	-	-	-
V (OS)	24	68	7	68	5	68	5	68
G (OS)	8	66	7	66	5	66	5	66
AI (AM)	100	98	94	98	94	98	94	98
AIDC (AM)	36	100	32	100	26	100	22	100
SD (AM)	6	82	6	82	6	82	6	82
BMP (AM)	+	-	+	-	+	-	+	-
V (AM)	32	68	42	68	48	68	52	68
G (AM)	26	66	26	66	26	66	26	66
AI (TG)	100	98	100	98	84	98	84	98
AIDC (TG)	36	100	36	100	32	100	26	100
SD (TG)	8	82	6	82	6	82	6	82
BMP (TG)	+	-	+	-	+	-	+	-
V (TG)	32	68	34	68	50	68	60	68
G (TG)	24	66	24	66	24	66	24	66
CN global (GO)		90,68		92,32		89,69		89,73
Armazenamento (GO)		26,11		21,13		29,20		29,08
Pe (GO)		1478,11		1483,17		1455,85		1455,96
CN global (OS)		92,34		95,15		95,81		95,71
Armazenamento (OS)		21,07		12,95		11,11		11,39
Pe (OS)		1483,24		1491,59		1493,49		1493,20
CN global (AM)		88,92		87,38		86,42		85,78
Armazenamento (AM)		31,65		36,68		39,91		42,11
Pe (AM)		1442,58		1437,70		1434,59		1432,48
CN global (TG)		88,92		88,94		84,54		84,94
Armazenamento (TG)		31,65		31,59		46,45		45,03
Pe (TG)		1443,08		1442,64		1432,87		1429,67

5.2.1.4 PEGADA HÍDRICA

A pegada hídrica de entrada foi representada no lote urbano pelas águas reais (consumo doméstico ou água de abastecimento), bem como as águas virtuais (produtos industriais, produtos de agricultura e carnes).

Como na metodologia proposta por Hoekstra et al. (2004) a estimativa da Pegada Hídrica das nações está relacionada com o PIB per capta (US$); para o cálculo de cada cenário prospectivo foram estabelecidas projeções do crescimento populacional (Figura 5.9) e da variação do PIB (US$). Tais projeções foram baseadas em estudos de séries históricas tanto do crescimento populacional quanto da variação do PIB per capita (US$), as quais permitiram a obtenção dos equacionamentos necessários para os cálculos (Figura 5.10)

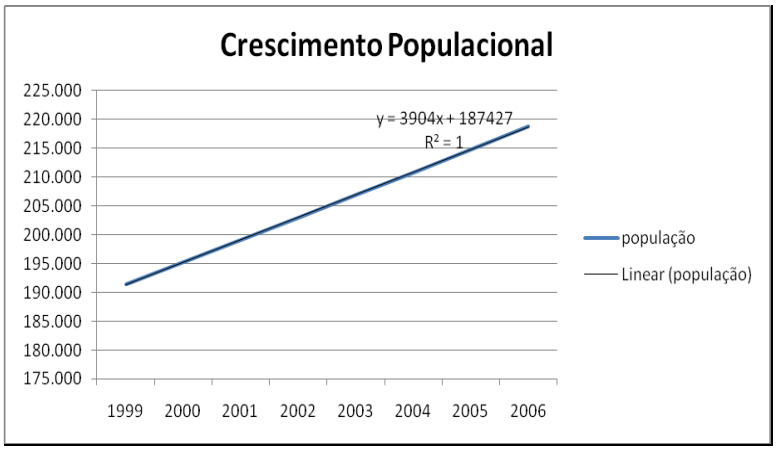


Figura 5.9– Série Histórica do Crescimento Populacional

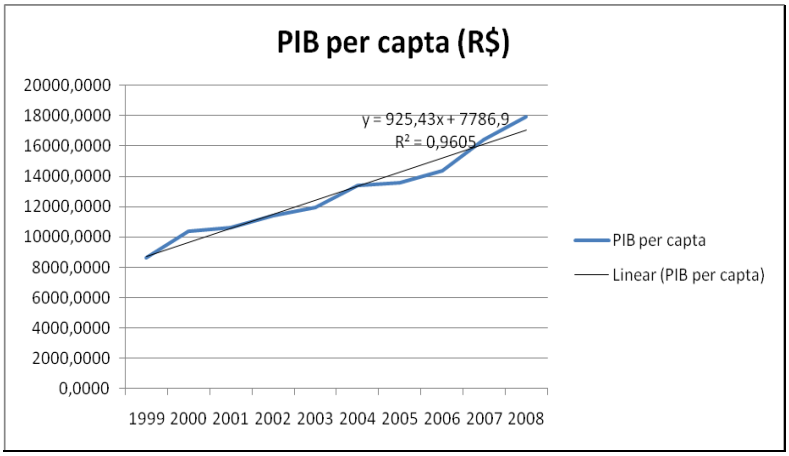


Figura 5.10– Série Histórica do PIB per capta (R$)

Assim, para os cenários prospectivos de 2010, 2025, 2050, 2075 e 2100 foram obtidos os seguintes valores (Tabela 5.10):

Tabela 5.10 – Projeções do crescimento populacional e PIB(US$) dos cenários

Cenários	População	PIB per capita	PIB per capta(US$)	PIB (US$)
2010	234.702	18891,700	11112,764	2608188102
2025	294702	32772,700	19278,058	5681282491
2050	394702	55907,700	32886,882	12980518238
2075	494702	79042,700	46495,705	23001518691
2100	594702	102177,700	60104,529	35744283850

Não obstante, Hoekstra e Chapagain (2004) disponibilizaram através de seus estudos, ferramentas que possibilitam o cálculo da média de pegada hídrica nacional, bem como da pegada hídrica individual, por meio das estimativas de PIB (US$) .

Assim, a média global no ano de 2010 foi de 1402,38 m³/ano, tal valor per capta estava dividido entre as seguintes componentes (Figura 5.11): produtos industriais (188,66m³), uso doméstico (103,16m³) e produtos da agricultura e carne (1110,56m³).

Figura 5.11 – Distribuição da Pegada Hídrica 2010 no Brasil

As projeções da Pegada Hidrica para os cenários prospectivos foram baseadas nos equacionamentos propostos por Hoekstra e Chapagain (2004), como pode ser visualizado nas figuras a seguir:

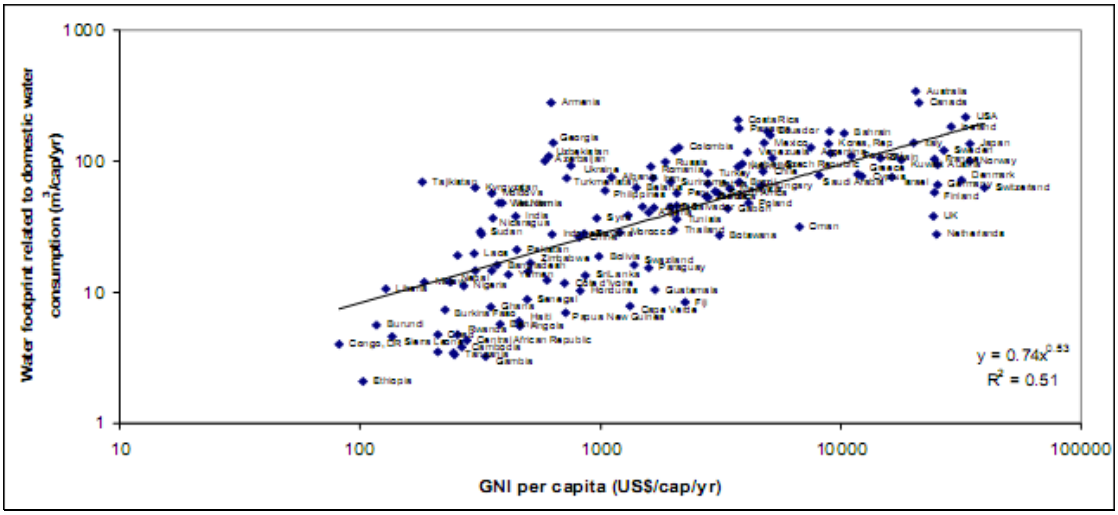


Figura 5.12– Relação Pegada Hídrica do Consumo Doméstico e o PIB (US$)

FONTE: HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2004

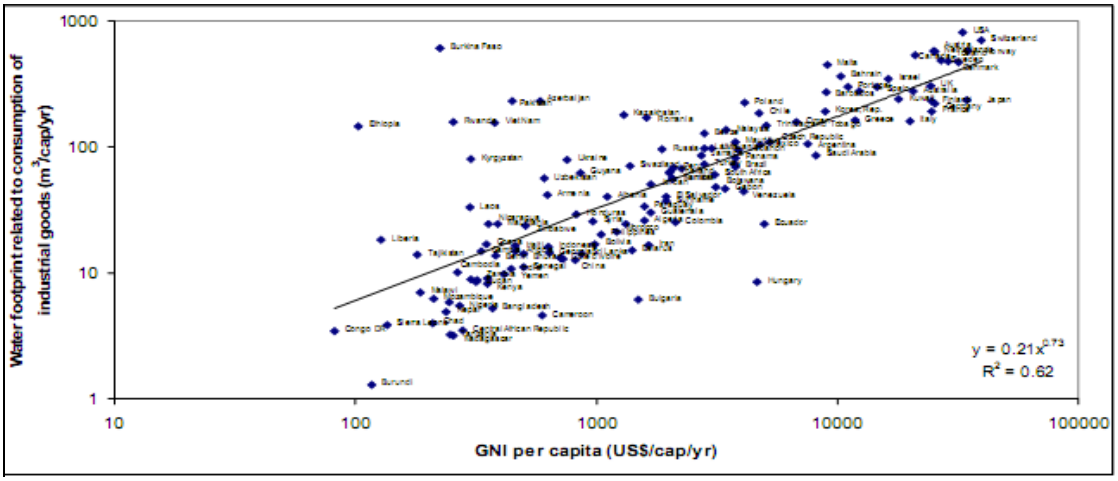


Figura 5.13– Relação Pegada Hídrica da Indústria e o PIB (US$)

FONTE: HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2004

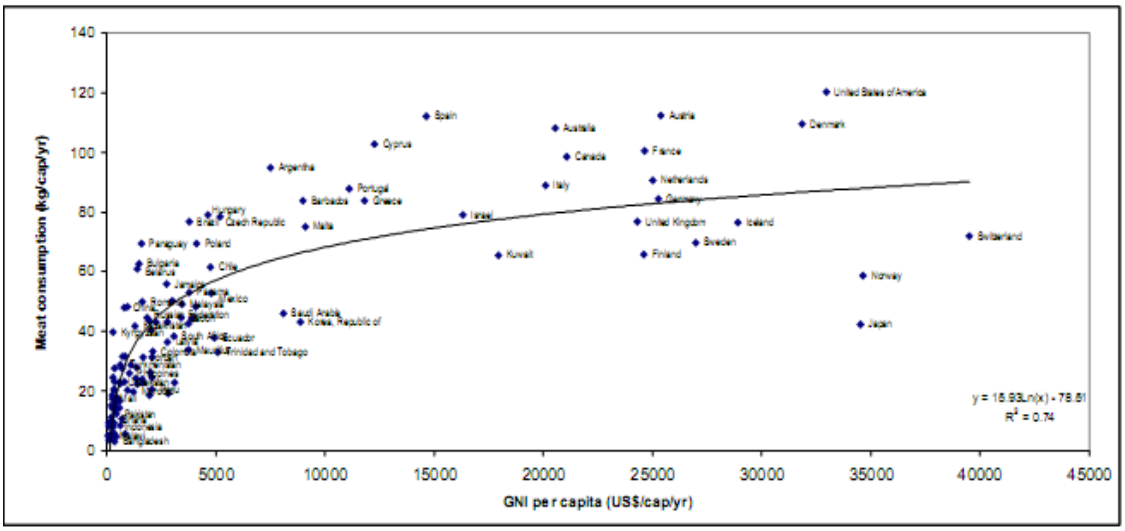


Figura 5.14- Relação entre Consumo de Carne e PIB (US$)

FONTE: HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2004

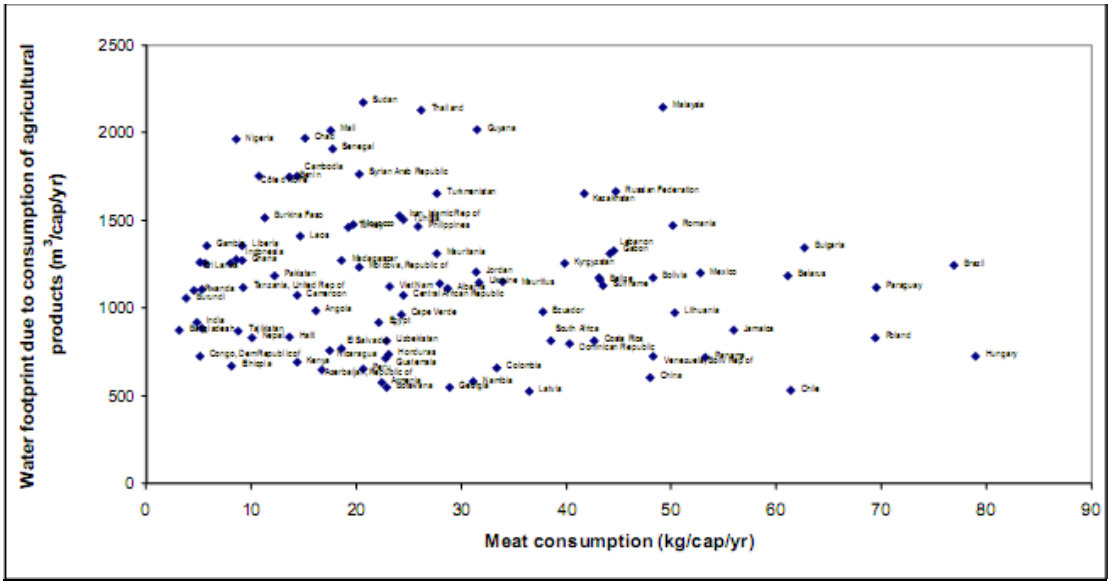


Figura 5.15– Relação entre Pegada Hídrica e consumos de carnes e agricultura

FONTE: HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2004

A fim de se calcular as variações referentes à Pegada Hídrica de entrada, tomou-se como base, o ano de 2010 e foram projetados os cenários *Global Orchestration*, *Order from Strength*, *Adapting Mosaic* e *TechnoGarden* de acordo com os estudos propostos por Alcamo et al. (2008), como será detalhado a seguir:

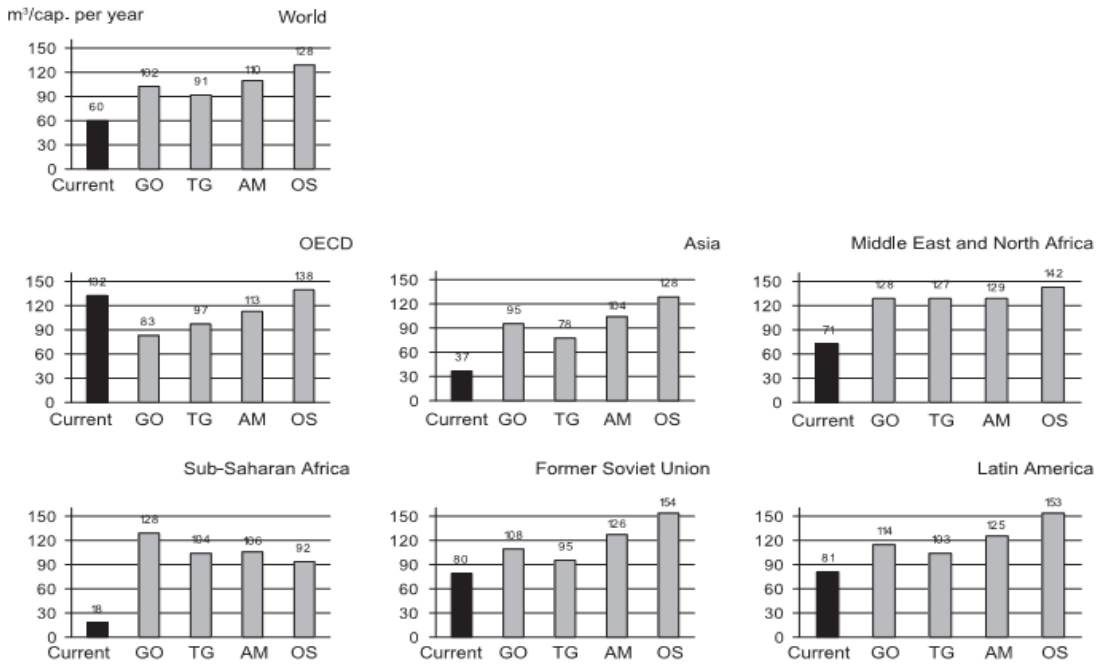


Figura 5.16- Cenários M.A. para o consumo doméstico de água no mundo em 2050

FONTE: ALCAMO et al., 2008

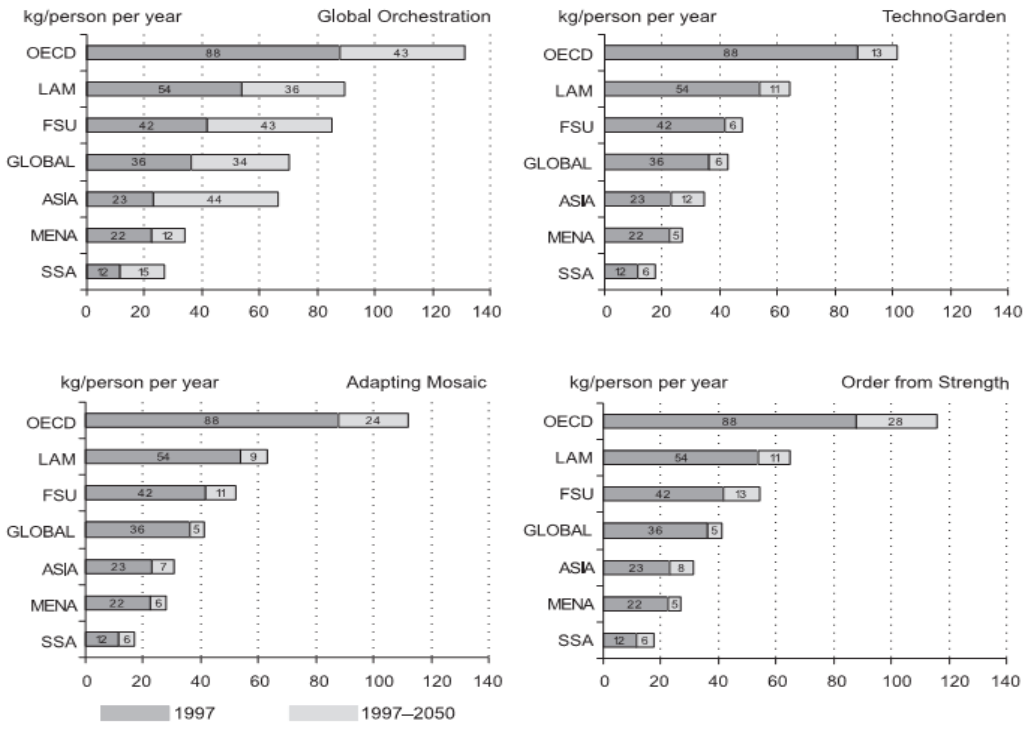


Figura 5.17– Cenários M.A. para o consumo de produtos industrializados em 2050

FONTE: ALCAMO et al., 2008

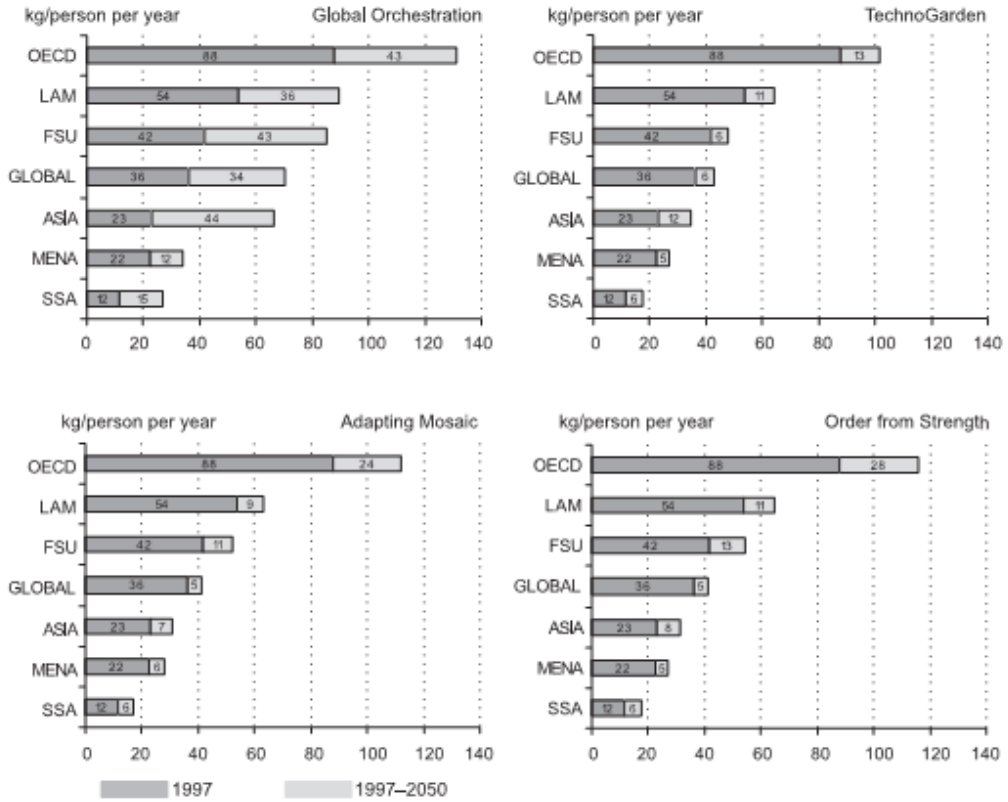


Figura 5.18 – Cenários M.A. para o consumo de carnes em 2050

FONTE: ALCAMO et al., 2008

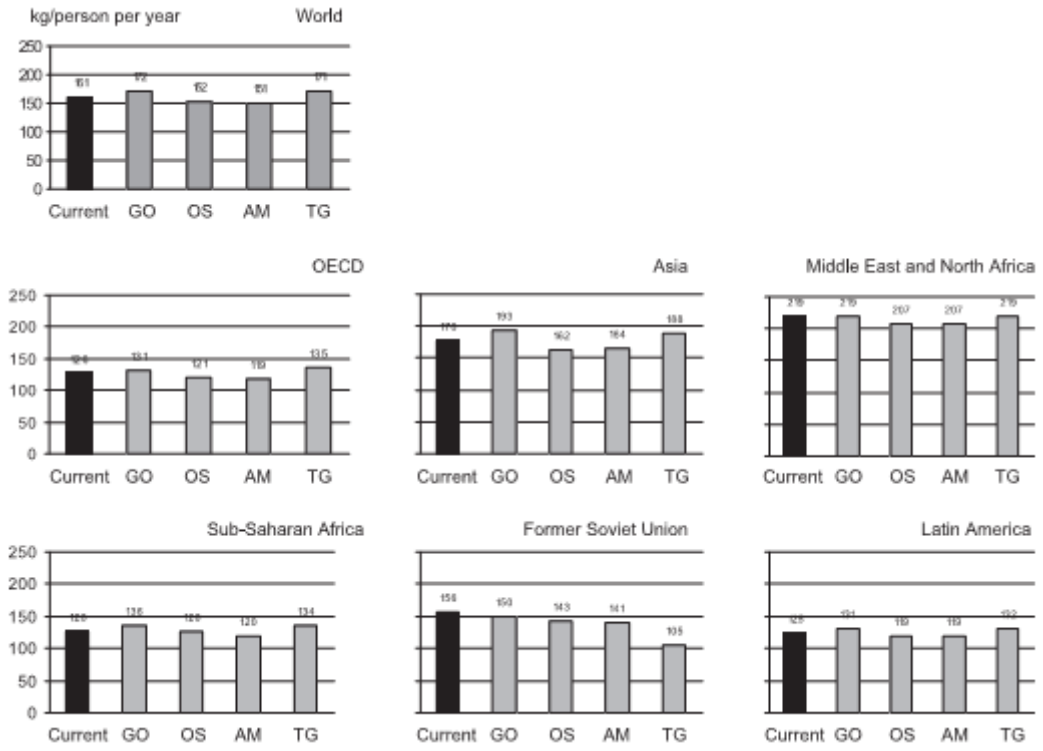


Figura 5.19 – Cenários M.A. para o consumo de cereais em 2050

FONTE: ALCAMO et al., 2008

Assim, a Tabela 5.11 apresenta as projeções dos volumes (m³) de Pegada Hídrica anual por habitante para cada cenário prospectivo em estudo:

Tabela 5.11 – Pegada Hídrica Anual por Habitante

Cenários	UD (m³)	PI (m³)	AC (m³)	Pegada Hídrica (m³)
2010	103,16	188,66	1110,56	1402,38
G.O. (2025)	151,95	310,25	1637,50	2099,70
G.O. (2050)	220,00	499,84	2257,87	2977,71
G.O. (2075)	286,35	697,23	2857,33	3840,91
G.O. (2100)	353,33	905,63	3475,50	4734,46
O.S. (2025)	168,53	344,09	1375,00	1887,62
O.S. (2050)	264,01	599,80	1667,36	2531,17
O.S. (2075)	365,55	890,30	1916,18	3172,03
O.S. (2100)	474,47	1216,13	2152,97	3843,57
A.M. (2025)	156,79	320,12	1356,25	1833,16
A.M. (2050)	232,84	528,99	1620,68	2382,51
A.M. (2075)	309,48	753,54	1848,43	2911,45
A.M. (2100)	388,66	996,19	2060,69	3445,54
T.G. (2025)	147,39	300,94	1337,50	1785,83
T.G. (2050)	208,27	473,18	1579,12	2260,57
T.G. (2075)	265,21	645,74	1782,15	2693,10
T.G. (2100)	312,03	822,83	1968,43	3103,29

*Uso Doméstico (UD) ; Produtos Industrializados (PI) ; Agricultura e Carnes (AC)

5.2.1.5 ÁGUA VIRTUAL DE SAÍDA (LIXIVIADOS DOS RESÍDUOS)

As projeções de lixiviados de resíduos ou água virtual de saída podem ser verificadas na Tabela 5.12:

Tabela 5.12 – Projeções dos Resíduos Sólidos Urbanos e Lixiviados

Cenário	RSU (Kg/hab)	RSU(kg/ano.hab)	Lixiviado (l/ano.hab)
2010	0,80	292,00	680,27
2025 (GO)	0,90	328,50	765,31
2025 (OS)	1,00	365,00	850,34
2025 (AM)	0,75	273,75	637,76
2025 (TG)	0,70	255,50	595,24
2050 (GO)	1,00	365,00	850,34
2050 (OS)	1,10	401,50	935,38
2050 (AM)	0,70	255,50	595,24
2050 (TG)	0,65	237,25	552,72
2075 (GO)	1,10	401,50	935,38
2075 (OS)	1,20	438,00	1020,41
2075 (AM)	0,65	237,25	552,72
2075 (TG)	0,60	219,00	510,20
2100 (GO)	1,20	438,00	1020,41
2100 (OS)	1,30	474,50	1105,45
2100 (AM)	0,60	219,00	510,20
2100 (TG)	0,55	200,75	467,69

Para se determinar o volume de lixiviado de resíduos sólidos urbanos dos cenários prospectivos (água virtual de saída), foi adotado o método suíço (equação 4.21):

$$Q\ (l/s) = [P\ (mm)\ .\ A\ (m^2)\ .\ k]\ /\ t(s)$$

Em que,

P (precipitação) = 1505,07 mm

A (área do aterro de São Carlos) = 225.995,3 m²

K (coeficiente de compactação dos resíduos) = 0,4

t (tempo do ano em segundos) = 31536000 s

$$Q = (1505{,}07\ .\ 225995{,}3\ .\ 0{,}4)\ /\ 31536000$$

$$Q = 4{,}3143\ l/s$$

Assim, a vazão estimada pelo método suíço de lixiviados para a população de São Carlos considerada na construção do aterro sanitário (aproximadamente, 200.000 habitantes) foi de 2,1571 x 10^{-5} l/s.hab, ou seja, ao ano um volume de 680,277 litros/hab. Ao se adotar a relação (litro de lixiviado/ kg RSU) de 2,3297; foi possível estabelecer o volume de lixiviados dos cenários prospectivos de acordo com as projeções de aumento de geração de resíduos sólídos urbanos.

5.2.1.6 ESGOTO SANITÁRIO

Para a determinação do esgoto sanitário dos cenários prospectivos, foram estimados os volumes gerados pela população de São Carlos-SP de acordo com as projeções de demanda de água de abastecimento (subitem 5.2.1.3), obedecendo uma relação (esgoto/demanda) de aproximadamente 0,437 (SAAE, 2010). A Tabela 5.13 mostra essas projeções para cada cenário:

Tabela 5.13 – Projeções para Consumo e Esgoto Sanitários dos Cenários

Cenário	Consumo (l/hab.dia)	Consumo (l/hab.ano)	Esgoto Sanitário (l/hab.dia)	Esgoto Sanitário(l/hab.ano)
2010	280,00	102200,00	122,44	44692,06
2025 (GO)	416,30	151949,50	182,04	66447,51
2025 (OS)	461,72	168527,80	201,91	73697,20
2025 (AM)	429,55	156785,75	187,84	68562,40
2025 (TG)	403,82	147393,57	176,58	64455,20
2050 (GO)	602,76	220005,94	263,58	96208,59
2050 (OS)	723,31	264006,69	316,30	115450,12
2050 (AM)	637,92	232840,80	278,96	101821,28
2050 (TG)	570,61	208272,65	249,52	91077,62
2075 (GO)	784,53	286353,45	343,07	125222,36
2075 (OS)	1001,78	365649,70	438,07	159898,61
2075 (AM)	847,89	309479,85	370,78	135335,53
2075 (TG)	726,60	265207,91	317,74	115975,41
2100 (GO)	968,03	353329,85	423,31	154511,14
2100 (OS)	1299,92	474470,80	568,45	207486,08
2100 (AM)	1064,83	388662,95	465,65	169962,30
2100 (TG)	879,52	321024,80	384,61	140384,14

5.2.1.7 DILUIÇÕES

Para o cálculo Balanço Hídrico de Terceira Geração do lote urbano, foram adotadas algumas hipóteses (Tabela 5.14):

Tabela 5.14: Hipóteses adotadas para cálculo de Balanço Hídrico de 3º Geração

Pessoas que vivem dentro do lote urbano	04
Área (m²)	200
Precipitação (mm)	1505,07
Fator de diluição de esgoto	15,4
Fator de diluição de escoamento	2,08
Fator de diluição de lixiviados	10000

O parâmetro qualitativo escolhido para a determinação dos fatores de diluição das 3 componentes das águas urbanas (escoamento, lixiviado, esgoto sanitário) foi a DBO, por ser abordada na Resolução CONAMA nº 357/2005 como condição e padrão de qualidade da água. As características das componentes das águas urbanas podem ser visualizadas na Tabela 5.15.

Tabela 5.15 – Relação DQO/DBO das componentes das águas urbanas

Parâmetro	DQO	DBO	Relação DQO/DBO
Escoamento	66,100	10,400	6,356
Lixiviado	78000,000	50000,000	1,560
Esgoto Sanitário	145,000	77,000	1,883

FONTE: Tomaz (2006); Gomes (2005); Scalize (2003)

Os fatores de diluição para o cálculo da pegada hídrica cinza foram obtidos de acordo com a equação 4.34:

$$F.Diluição\ Esgoto = \frac{77}{5-0} = 15{,}4$$

$$F.Diluição\ Escoamento = \frac{10{,}4}{5-0} = 2{,}08$$

$$F.Diluição\ Lixiviados = \frac{50000}{5-0} = 10000$$

A concentração permitida adotada foi 5mg/L de DBO, condição e padrão de lançamento estabelecido pela CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água doces classe 2. Já a concentração natural sem intervenção humana foi considerada como 0mg/L, por se tratar de um corpo d'água genérico em estudo; mas ressalta-se que na prática, esse valor de DBO tende a diferir de 0mg/L. De modo que para diferentes condições naturais, sejam obtidos variados valores de fatores de diluição.

Após, a determinação dos fatores de diluição de cada componente das águas urbanas, tais valores foram multiplicados aos seus volumes respectivos (subitens 5.2.1.3; 5.2.1.5 e 5.2.1.6).

A Tabela 5.16 apresenta o Balanço Hídrico de Terceira Geração para o lote urbano referência (200m²) habitado por quatro pessoas, expressos em volume de água (m³), de acordo com os cenários *Global Orchestration, Order from Strength, Adapting Mosaic* e *TechnoGarden* numa escala prospectiva de : 2010, 2025, 2050, 2075 e 2100.

Tabela 5.16 – Balanço Hídrico de Terceira Geração (lote 200m²)

	Precipitação	Consumo	AVE	Dil. Escoamento	Dil. Esgoto	Dil. Resíduos	ETR	Escoamento	Esgoto	AVS	ΔX
2010	301,014	408,800	5200,708	612,959	2753,031	27211,200	178,606	294,692	178,768	2,721	35832,924
GO (2025)	301,014	607,798	7982,500	614,893	4093,167	30612,490	178,606	295,622	265,790	3,061	43468,783
GO (2050)	301,014	880,023	11308,080	617,002	5926,450	34013,880	178,606	296,636	384,834	3,401	52182,974
GO (2075)	301,014	1145,414	14579,100	6138,429	7713,698	37415,270	178,606	2951,168	500,889	3,741	63658,515
GO (2100)	301,014	1413,319	17969,800	605,679	9517,887	40816,650	178,606	291,192	618,044	4,081	69532,433
OS (2025)	301,014	674,111	7088,767	617,027	4539,748	34013,880	178,606	296,648	294,788	3,401	46461,101
OS (2050)	301,014	1056,027	9401,373	620,501	7111,728	37415,270	178,606	298,318	461,800	3,741	54963,441
OS (2075)	301,014	1462,599	11686,750	621,291	9849,755	40816,650	178,606	298,698	639,594	4,081	63617,086
OS (2100)	301,014	1897,883	14074,340	621,171	12781,140	44218,040	178,606	298,640	829,944	4,421	72581,979
AM (2025)	301,014	627,143	6903,075	600,113	4223,444	25510,410	178,606	288,516	274,249	2,551	37421,275
AM (2050)	301,014	931,363	8892,124	598,083	6272,191	23809,710	178,606	287,540	407,285	2,380	39928,677
AM (2075)	301,014	1237,919	10797,910	596,789	8336,669	22109,020	178,606	286,918	541,342	2,210	42370,242
AM (2100)	301,014	1554,652	12717,360	595,911	10469,680	20408,330	178,606	286,496	679,849	2,040	44899,953
TG (2025)	301,014	589,574	6739,518	600,321	3970,441	23809,710	178,606	288,616	257,820	2,380	35283,158
TG (2050)	301,014	833,090	8471,681	600,138	5610,382	22109,020	178,606	288,528	364,310	2,210	37091,671
TG (2075)	301,014	1060,832	10045,780	596,078	7144,086	20408,330	178,606	286,576	463,901	2,040	38624,991
TG (2100)	301,014	1284,099	11569,590	594,742	8647,663	18707,630	178,606	285,934	561,536	1,870	40076,796

* Valores em m³

No apêndice B podem ser verificados os Balanços Hídricos de Terceira Geração para diferentes escalas de lote urbano, com áreas que variam de 300 a 1200m².

Quando considerado o indicador de grau de sustentabilidade do lote urbano de 200m² (ΔX), nota-se que para todos os cenários propostos *pela Millennium Ecosystem Assessment* (2005) houve um aumento do volume de água que entra no lote urbano. Ressalta-se ainda que esse valor tende a aumentar mais ainda ao longo dos anos: 2025, 2050, 2075, 2100.

No caso, dos cenários em que são adicionadas as medidas compensatórias estruturais de drenagem urbana, há uma suavização no aumento de volume de entrada de água no lote, no entanto tal compensação de detenção/retenção não é suficiente para conter o impacto decorrente das demais componentes consideradas no balanço.

Como já abordado anteriormente o Balanço Hídrico de Terceira Geração é intrinsicamente ligado aos valores de pegada hídrica, ou seja, os valores de água virtual que entram e saem do lote, bem como os fatores de diluição para as componentes das águas urbanas, o que pode ser visualizado na Tabela 5.16. Essa forte influência resulta em valores elevados no indicador de sustentabilidade (ΔX).

E, justamente, por estarem extremamente correlacionados, torna-se interessante que dados de pegada hídrica sejam inclusos nas metodologias, uma vez que podem servir como ferramentas de gestão e manejo dos recursos hídricos, além de auxiliar nas tomadas de decisão, estabelecendo prioridades, para os Códigos de Obras e Planos Diretores Municipais.

5.2.2 “IPTU HIDROLÓGICO”

Tendo em vista as significativas variações nos Balanços Hídricos de Terceira Geração para o lote urbano quando são consideradas condições de mudanças nos cenários prospectivos, torna-se interessante que sejam aplicadas também outras medidas não-estruturais, como aquelas que promovam os incentivos ambientais.

Nesse contexto, destaca-se o IPTU com base hidrológica, estimado a partir da ponderação de quatro variáveis tanto quantitativas quanto qualitativas: Armazenamento Máximo (Smáx), Vazão Máxima (Qmáx), Pegada Hídrica (P.H.) e Matéria Orgânica (MO).

5.2.2.1 ARMAZENAMENTO MÁXIMO

De acordo com as projeções calculadas no subitem 5.2.1.3, que mostram as variações de Armazenamento Máximo para cada cenário, obtem-se os valores monetários de “IPTU Hidrológico” para o lote urbano de 200m² (Figura 5.20):

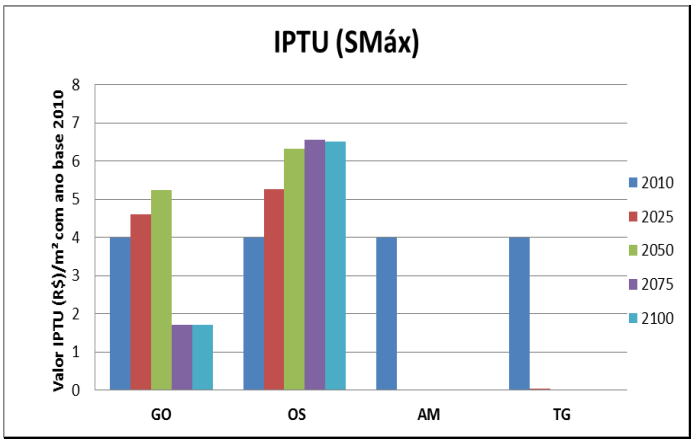


Figura 5.20– “IPTU Hidrológico” do Armazenamento Máximo

Os valores variam na escala temporal, sendo sempre crescentes no *Order from Strength* e especificamente no *Global Orchestration* até 2050; a partir desse ano, estes se reduzem devido à adoção de medidas estruturais de drenagem.

Já no caso dos cenários proativos como *o Adapting Mosaic* e o *TechnoGarden*, o IPTU é sempre decrescente, também devido a adoção de tais medidas, chegando a se anular a partir de 2025. Não obstante, salienta-se que a medida estrutural adotada para o lote urbano de 200m² dos cenários *Global Orchestration* (2075, 2100), *Adapting Mosaic* e *TechnoGarden*, de acordo com as condições expostas no subitem 5.1, deve ter capacidade mínima de armazenamento de 30,192mm.

A Tabela 5.17 mostra os valores monetários de IPTU estabelecidos para cada cenário prospectivo de acordo com o parâmetro Armazenamento Máximo (Smáx):

Tabela 5.17 – Valores do "IPTU Hidrológico" do Armazenamento Máximo

Cenários	P (mm)	CN	Smáx	ΔS (mm)	Ia (mm)	Pe (mm)	Valor IPTU (R$)
2010	1505,07	89,22	30,68		1,53	1473,46	800,00
G.O. (2025)	1505,07	90,68	26,11	-4,57	1,31	1478,10	919,48
G.O. (2050)	1505,07	92,32	21,13	-9,56	1,06	1483,18	1049,19
G.O. (2075)	1505,07	93,34	48,32	17,64	2,42	1455,84	340,54
G.O. (2100)	1505,07	93,38	48,20	17,52	2,41	1455,96	343,57
O.S. (2025)	1505,07	92,34	21,07	-9,62	1,05	1483,24	1050,75
O.S. (2050)	1505,07	95,15	12,95	-17,742	0,65	1491,59	1262,51
O.S. (2075)	1505,07	95,81	11,11	-19,581	0,55	1493,49	1310,44
O.S. (2100)	1505,07	95,71	11,38	-19,304	0,57	1493,2	1303,22
A.M. (2025)	1505,07	88,92	61,84	31,16	3,09	1442,58	0,00
A.M. (2050)	1505,07	87,38	66,88	36,20	3,34	1437,70	0,00
A.M. (2075)	1505,07	86,42	70,11	39,43	3,50	1434,59	0,00
A.M. (2100)	1505,07	87,38	72,30	41,62	3,61	1432,48	0,00
T.G. (2025)	1505,07	89,08	61,33	30,65	3,07	1443,08	1,30
T.G. (2050)	1505,07	88,94	61,78	31,10	3,09	1442,64	0,00
T.G. (2075)	1505,07	85,90	71,88	41,20	3,59	1432,86	0,00
T.G. (2100)	1505,07	84,94	75,23	44,55	3,76	1429,67	0,00

5.2.2.2 VAZÃO MÁXIMA

A fim de se calcular o "IPTU Hidrológico" referente à Vazão Máxima, tomou-se como base, o ano de 2010, a partir do qual foram obtidos valores monetários de acordo com suas variações para cada cenário prospectivo (2025, 2050, 2075, 2100).

Desta forma, a Vazão Máxima (Qmáx) para o ano de 2010, ao considerar o lote urbano de 200m², foi Qmáx= 0,006858m³/s (Tabela 5.18).

Tabela 5.18 – Vazão Máxima em 2010 para o lote urbano

Precipitação (mm)	1505,07
Lâmina de Escoamento (mm)	1473,46
Coeficiente de Escoamento CE	0,98
Tr(anos)	10,00
d (min)	10,00
Área (m²)	200,00
Icrítico (mm/h)	125,99
Q (m³/s)	0,006858

Assim, a tabela 5.19 mostra os valores monetários de IPTU estabelecidos para cada cenário prospectivo de acordo com o parâmetro Vazão Máxima (Qmáx):

Tabela 5.19 - Valores do "IPTU Hidrológico" da Vazão Máxima

Cenários	P (mm)	CN	Pe (mm)	CE	Icrítico (mm)	Q (m³/s)	ΔQ (m³/s)	Valor IPTU (R$)
2010	1505,07	89,22	1473,46	0,97	125,99	0,006858	-	800,00
G.O. (2025)	1505,07	90,68	1478,1	0,98	125,99	0,006870	0,000012	802,52
G.O. (2050)	1505,07	92,32	1483,18	0,98	125,99	0,006900	0,000042	805,29
G.O. (2075)	1505,07	93,34	1455,84	0,96	125,99	0,006770	-0,000088	790,44
G.O. (2100)	1505,07	93,38	1455,96	0,96	125,99	0,006780	-0,000078	790,50
O.S. (2025)	1505,07	92,34	1483,24	0,98	125,99	0,006904	0,000046	805,31
O.S. (2050)	1505,07	95,15	1491,59	0,99	125,99	0,006943	0,000085	809,84
O.S. (2075)	1505,07	95,81	1493,49	0,99	125,99	0,006951	0,000093	810,87
O.S. (2100)	1505,07	95,71	1493,2	0,99	125,99	0,006951	0,000092	810,72
A.M. (2025)	1505,07	88,92	1442,58	0,95	125,99	0,006710	-0,000148	783,23
A.M. (2050)	1505,07	87,38	1437,70	0,95	125,99	0,006690	0,000168	780,58
A.M. (2075)	1505,07	86,42	1434,59	0,95	125,99	0,006680	0,000178	778,89
A.M. (2100)	1505,07	87,38	1432,48	0,95	125,99	0,006670	0,000188	777,75
T.G. (2025)	1505,07	89,08	1443,08	0,96	125,99	0,006710	0,000148	783,51
T.G. (2050)	1505,07	88,94	1442,64	0,95	125,99	0,006710	0,000248	783,27
T.G. (2075)	1505,07	85,90	1432,86	0,95	125,99	0,006660	0,000198	777,97
T.G. (2100)	1505,07	84,94	1429,67	0,94	125,99	0,006650	0,000208	776,23

Nota-se que os valores de IPTU (R$) referentes a essa componente não sofreram grandes variações. A Figura 5.21 mostra sua evolução para o lote urbano de 200m²:

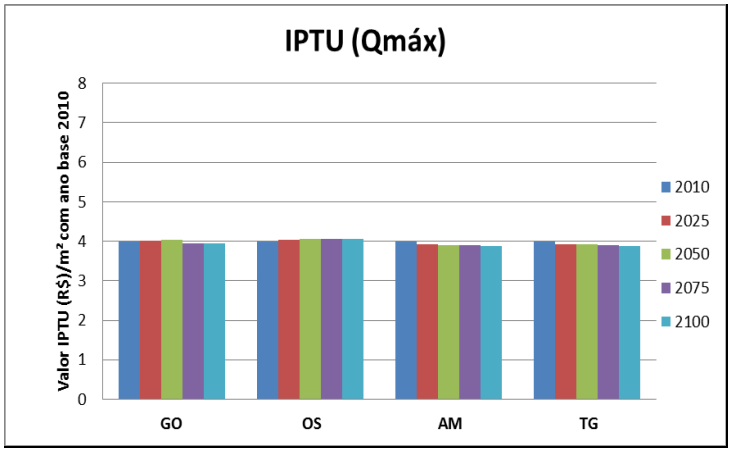


Figura 5.21– "IPTU Hidrológico" da Vazão Máxima

5.2.2.3 PEGADA HÍDRICA

A variação de Pegada Hídrica de entrada no lote (200m², habitado por quatro pessoas) para cada cenário prospectivo foi quantificada no subitem 5.2.1.4, referente ao

uso doméstico, produtos industriais, produtos da agricultura e carnes. A Tabela 5.20 apresenta os valores monetários de IPTU estabelecidos para cada cenário prospectivo de acordo com o parâmetro Pegada Hídrica (P.H.):

Tabela 5.20 – Valores de "IPTU Hidrológico" da Pegada Hídrica por habitante

	Pegada Hídrica					
Cenários	**UD (m³)**	**PI (m³)**	**AC (m³)**	**Pegada Hídrica**	**ΔPH (m³)**	**Valor IPTU (R$)**
2010	103,16	188,66	1110,56	1402,38	-	800,00
G.O. (2025)	151,95	310,25	1637,50	2099,70	697,32	1197,79
G.O. (2050)	220,00	499,84	2257,87	2977,71	1575,33	1698,66
G.O. (2075)	286,35	697,23	2857,33	3840,91	2438,53	2191,08
G.O. (2100)	353,33	905,63	3475,50	4734,46	3332,08	2700,82
O.S. (2025)	168,53	344,09	1375,00	1887,62	485,24	1076,81
O.S. (2050)	264,01	599,80	1667,36	2531,17	1128,79	1443,93
O.S. (2075)	365,55	890,30	1916,18	3172,03	1769,65	1809,58
O.S. (2100)	474,47	1216,13	2152,97	3843,57	2441,19	2192,70
A.M. (2025)	156,79	320,12	1356,25	1833,16	430,78	1045,74
A.M. (2050)	232,84	528,99	1620,68	2382,51	980,13	1359,13
A.M. (2075)	309,48	753,54	1848,43	2911,45	1509,07	1660,86
A.M. (2100)	388,66	996,19	2060,69	3445,54	2043,16	1965,55
T.G. (2025)	147,39	300,94	1337,50	1785,83	383,45	1018,75
T.G. (2050)	208,27	473,18	1579,12	2260,57	858,19	1289,57
T.G. (2075)	265,21	645,74	1782,15	2693,10	1290,72	1536,30
T.G. (2100)	312,03	822,83	1968,43	3103,29	1700,91	1775,43

*Uso Doméstico (UD) ; Produtos Industrializados (PI) ; Agricultura e Carnes (AC)

A Figura 5.22 mostra a evolução dos valores de "IPTU Hidrológico" com base nessa variável para o lote urbano de 200m²:

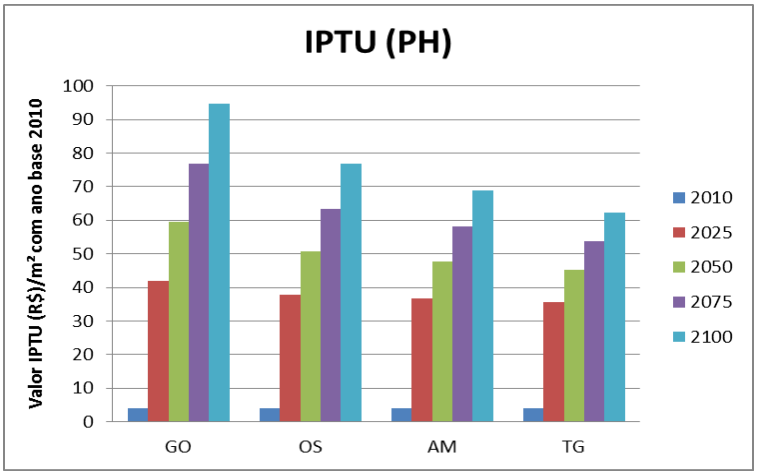


Figura 5.22 – "IPTU Hidrológico" da Pegada Hídrica

Para todos os cenários em estudo, tanto proativos como reativos, os valores de IPTU (R$) são crescentes, e apresentam-se mais acentuados no *Global Orchestration* devido à globalização dos recursos, maiores facilidades de distribuição e consequentemente, aumento do consumo de carnes, produtos da agricultura e industriais; por exemplo, no ano de 2100, o IPTU é de R$94,69/m².

5.2.2.4 MATÉRIA ORGÂNICA

A fim de se calcular o "IPTU Hidrológico" referente a Matéria Orgânica, tomou-se como base, o ano de 2010, a partir do qual foram obtidos valores monetários de acordo com as variações de matéria orgânica para cada cenário prospectivo (2025, 2050, 2075, 2100) de um lote urbano de 200m² com quatro habitantes.

Nesse sentido, foram consideradas 3 componentes das águas ubanas na determinação do "IPTU Hidrológico" da Matéria Orgânica: água de escoamento da drenagem, lixiviados dos resíduos sólidos urbanos e esgoto sanitário.

Para o ano base de 2010, a DBO e a DQO das componentes das águas urbanas de um lote de 200m² podem ser visualizadas na tabela a seguir:

Tabela 5.21 – DQO e DBO das componentes das águas urbanas em 2010

Parâmetro	DQO (mg)	DBO (mg)
Escoamento	19479141	3064797
Lixiviado	212246596	1,36E+08
Esgoto Sanitário	25921395	13765154

A Tabela 5.22 mostra os valores monetários de IPTU estabelecidos para cada cenário prospectivo de acordo com o parâmetro Matéria Orgânica (MO) e no Apêndice C, encontram-se os valores detalhados para cada componente:

Tabela 5.22- Valores de "IPTU Hidrológico" da Matéria Orgânica

Cenários	ΔDBO (mg)	DBO total (mg)	Valor IPTU (R$)
2010	-	152885461,80	800,00
GO (2025)	23617278,90	176602740,70	924,10
GO (2050)	49901180,50	202786642,30	1061,12
GO (2075)	75787500,40	228672962,20	1196,57
GO (2100)	101815633,60	254701095,40	1332,77
OS (2025)	42967799,00	195853260,80	1024,84
OS (2050)	72852002,70	225737464,50	1181,21
OS (2075)	103553030,00	256438491,80	1341,86
OS (2100)	135216313,80	288101775,60	1507,54
AM (2025)	-1215632,50	151669829,30	750,73
AM (2050)	514480,70	153399942,50	802,69
AM (2075)	2326912,70	155212374,50	812,18
AM (2100)	4484120,40	157369582,20	823,46
TG (2025)	-10,983079,60	141902382,20	742,53
TG (2050)	-11287758,30	141597703,50	740,93
TG (2075)	-12143030,90	140742430,90	736,46
TG (2100)	-13137348,10	139748113,70	731,26

A Figura 5.23 mostra a evolução dos valores de "IPTU Hidrológico" com base na variável Matéria Orgânica para o lote urbano de 200m²:

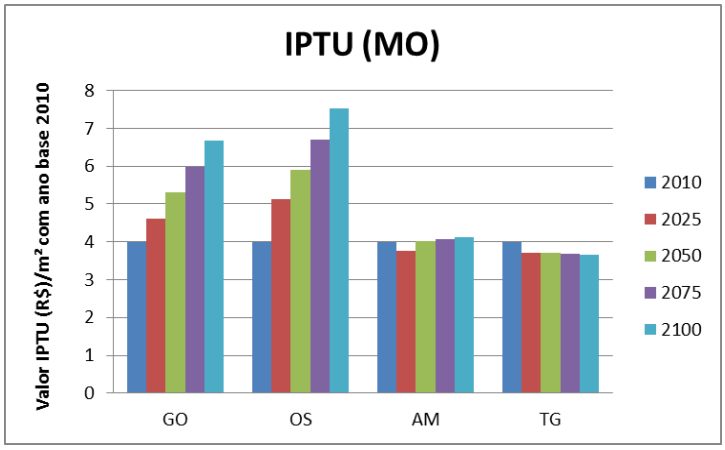


Figura 5.23– IPTU da Matéria Orgânica

Os valores de IPTU (R$) da variável Matéria Orgânica são crescentes para os cenários *Global Orchestration* e *Order from Strength* e decrescentes para o *TechnoGarden*. Enquanto que para o cenário *Adapting Mosaic* há uma pequena queda em 2025, proporcionada pela redução de geração de lixiviados e posterior tendência de aumento até 2100, ocasionada pela superior demanda de esgoto sanitário .

5.2.2.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO IPTU HIDROLÓGICO

Diante da inovação proposta na metodologia de “IPTU Hidrológico”, a qual acrescenta novas componentes ao cálculo do incentivo ambiental, torna-se imprescindível que haja uma verificação do grau de influência que diferentes situações podem acarretar nos valores monetários finais do imposto. Por essa razão, além dos quatro cenários prospectivos propostos pela *Millennium Ecosystem Assesment* (2005), a seguir foram demonstradas quatro análises de sensibilidade sobre tal abordagem.

As duas primeiras análises de sensibilidade se referem à escala de lote urbano adotada, ou seja, tendo em vista que o lote de referência foi de 200m², a seguir foram apresentados os valores de “IPTU Hidrológico” para diferentes escalas (até 1200m²), com e sem interferência da Pegada Hídrica. Ressalta-se que a cada aumento de 100m² na área do lote urbano foi considerado um acréscimo de R$400,00 no valor do IPTU do ano base (2010).

Já as demais análises de sensibilidade se referem aos pesos adotados para cada componente considerada no cálculo do “IPTU Hidrológico”, de forma a avaliar o grau de influência destes no valor final do incentivo ambiental no lote exemplo de 200m², bem como auxiliar os tomadores de decisão na formulação e aperfeiçoamento dos Códigos de Obras e Planos Diretores Municipais, de acordo com as características e necessidades de cada localidade. Ademais, neste caso, também foram consideradas duas situações: com e sem interferência da Pegada Hídrica.

Como já citado anteriormente, a análise de sensibilidade da escala de lote urbano adotada no Balanço Hídrico de Terceira Geração pode ser visualizada no apêndice B.

5.2.2.5.1 Escala de lote urbano

Para a análise de sensibilidade foram considerados lotes urbanos que variaram na escala de 200m² a 1200m². Como o intuito dessa primeira análise foi verificar a influência no valor final de “IPTU Hidrológico” de acordo apenas com o tamanho da área de estudo, atribuíram-se pesos equivalentes a todas componentes.

A) Escala de lote urbano (Smax, Qmax, MO)

Na primeira situação, a análise de sensibilidade do "IPTU Hidrológico" de escala de lote urbano, foi composta apenas pelas variáveis: armazenamento máximo, vazão máxima e matéria orgânica.

As Figuras (5.24, 5.25, 5.26 e 5.27) apresentam graficamente a análise de sensibilidade dos valores de IPTU/m² (Smax, Qmax e MO) para diferentes escalas de lote urbano dos cenários *Global Orchestration, Order from Strength, Adapting Mosaic* e *TechnoGarden*, respectivamente.

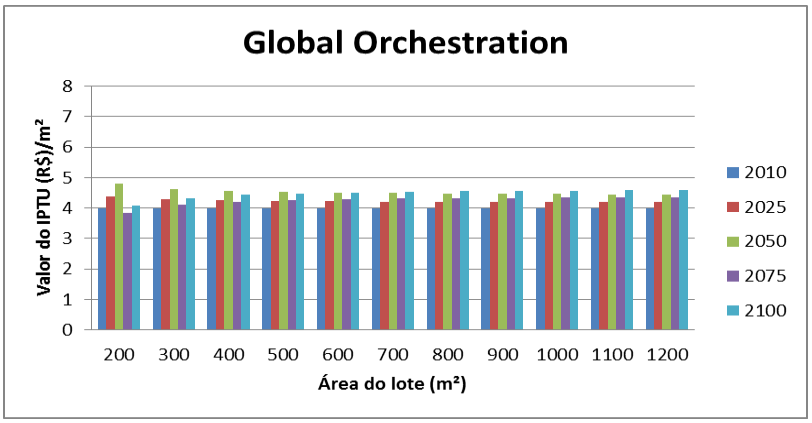


Figura 5.24– Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, MO) do Global Orchestration

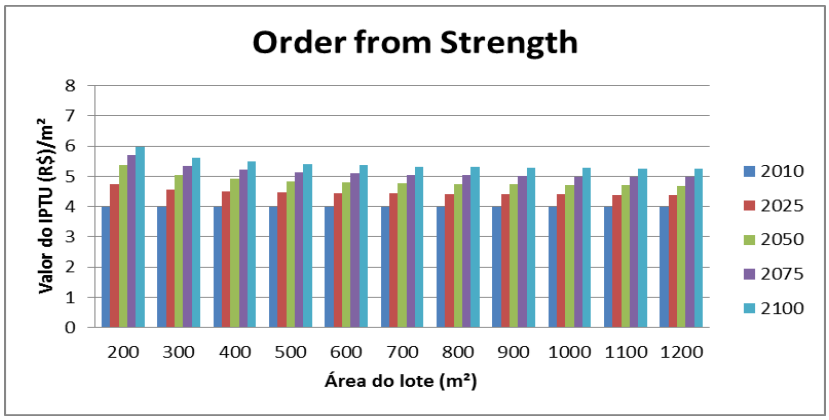


Figura 5.25 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, MO) do Order from Strength

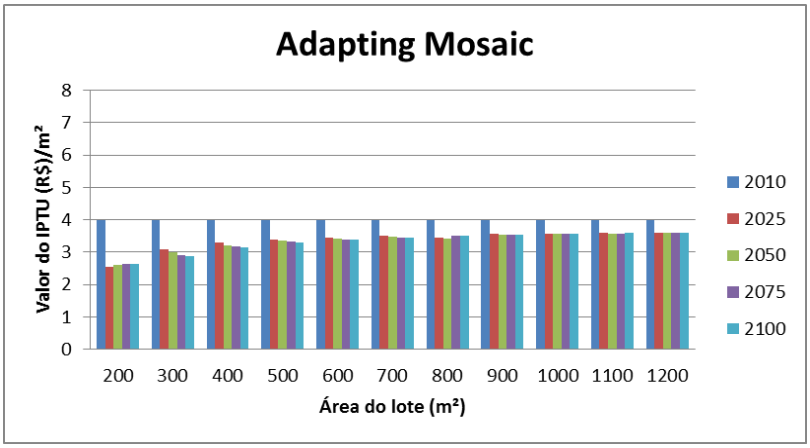


Figura 5.26 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, MO) do Adapting Mosaic

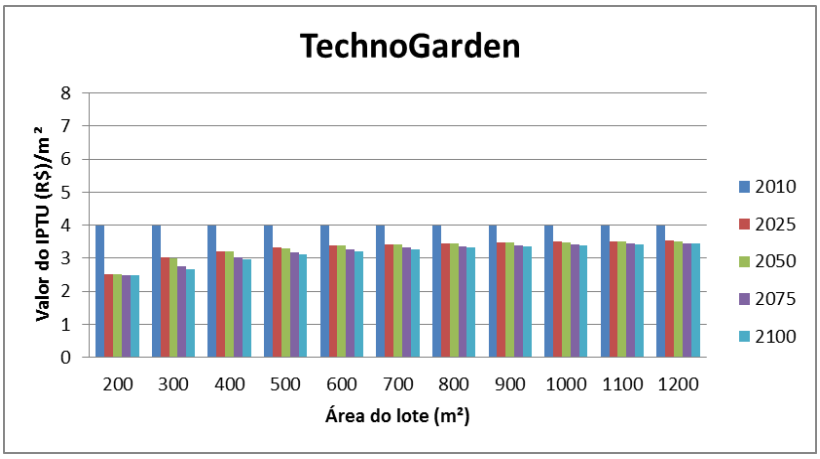


Figura 5.27 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, MO) do TechnoGarden

A partir da análise de sensibilidade dos valores de IPTU (R$)/m² das componentes armazenamento máximo, vazão máxima e matéria orgânica para diferentes escalas de lote urbano, pôde ser verificado que as séries anuais seguiram as mesmas tendências para cada situação, de forma que para as escalas menores (200m²) a amplitude das variações se mostraram maiores. Em outras palavras, quanto maior a escala do lote, menor a variação nos valores finais de IPTU(R$)/m² em relação ao ano base de 2010.

Nos cenários como o *Global Orchestration*, inicialmente há um aumento no preço do IPTU/m² e quando são adotadas medidas estruturais de drenagem urbana aliadas a demais medidas compensatórias, há uma redução no valor. Enquanto, nos cenários reativos como o *Order from Strength* em que predominam as práticas não-

conservacionistas, degradações ambientais, tensões sociais e ausência de crescimento econômico dos países; as linhas de tendência dos valores aparecem sempre crescentes.

Já nos cenários proativos em que as questões ambientais são consideradas (*Adapting Mosaic* e *TechnoGarden*), os preços do IPTU(R$)/m² apresentaram linhas de tendência decrescentes.

B) Escala de lote Urbano (Smax, Qmax, P.H. e MO)

As Figuras (5.28, 5.29, 5.30 e 5.31) apresentam a análise de sensibilidade dos valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, P.H. e MO) para diferentes escalas de lote urbano dos cenários *Global Orchestration*, *Order from Strength*, *Adapting Mosaic* e *TechnoGarden*, respectivamente.

Pôde ser verificado assim como no caso anterior, que as séries anuais seguiram as mesmas tendências para cada situação, de forma que para as escalas menores (200m²) a amplitude das variações se mostraram maiores. Em outras palavras, quanto maior a escala do lote, menor a variação nos valores finais de IPTU(R$)/m² em relação ao ano de 2010.

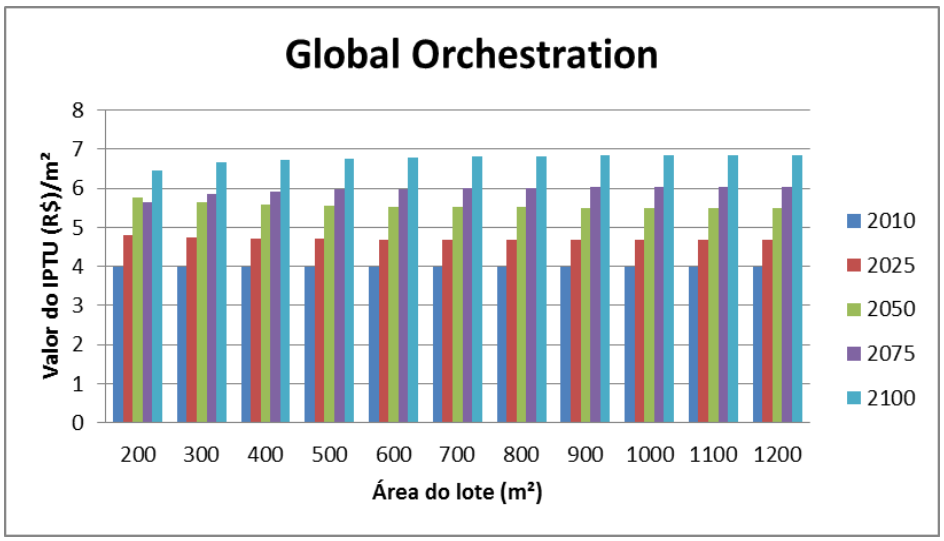


Figura 5.28 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, P.H., MO) Global Orchestration

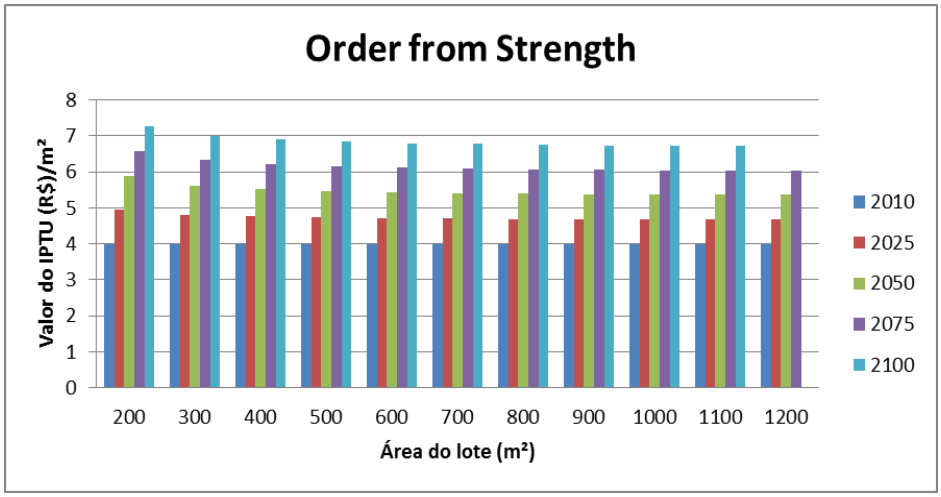


Figura 5.29 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, P.H., MO) Order from Strength

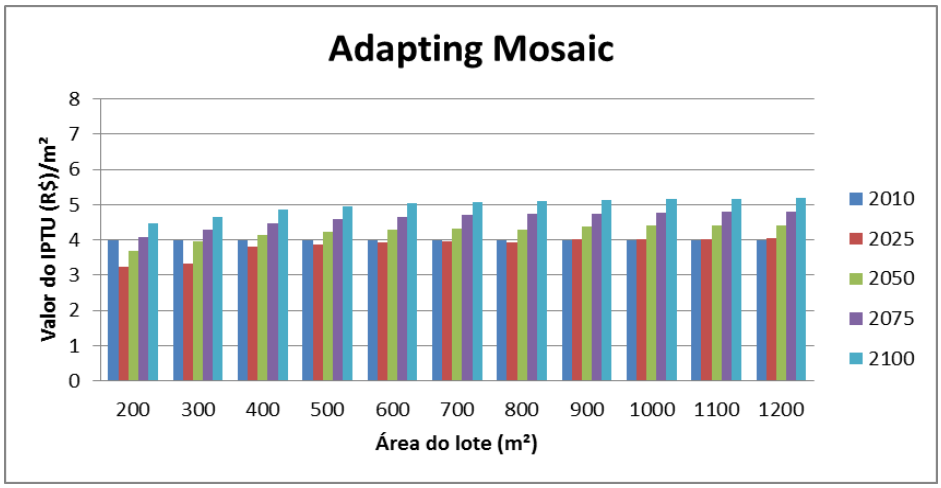


Figura 5.30 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, P.H., MO) Adapting Mosaic

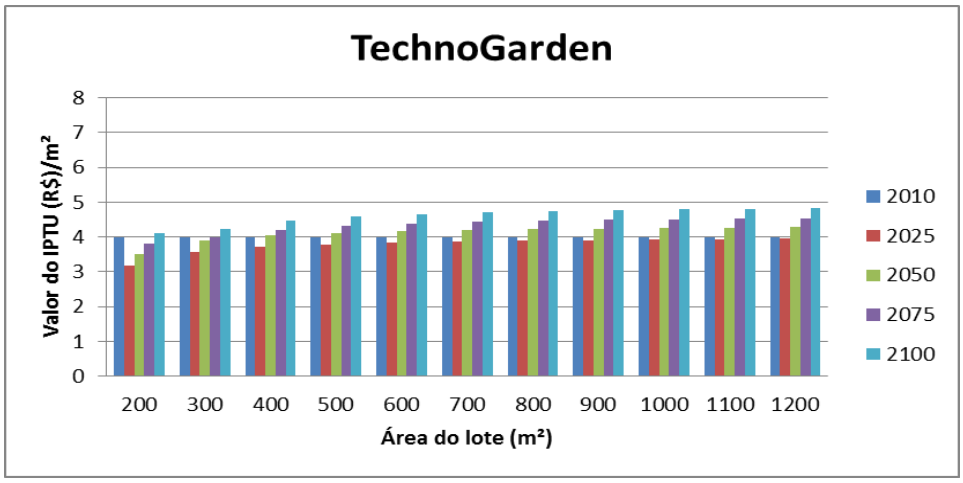


Figura 5.31 – Valores de IPTU/m² (Smax, Qmax, P.H., MO) TechnoGarden

Desta maneira, o diferencial é que quando adicionado na metodologia de cálculo de “IPTU Hidrológico”, o fator de pegada hídrica exerce grande influência sobre o aumento dos valores porque, independentemente, do cenário em que seja abordado, sempre há um aumento do consumo de água ao longo dos anos, seja real ou virtualmente. Assim, quanto maior a escala do lote, mais acentuada a amplitude da variação no gráfico, visto que há um maior consumo de água (pegada hídrica) envolvido.

Ao analisar as linhas de tendência, o cenário *Global Orchestration* mostra valores mais altos e aproximados do *Order from Strength* (cenário de degradação ambiental), devido a um maior consumo de carne (parcela significativa do consumo de água virtual), bem como a facilidade de acesso aos industrializados, advindos da globalização.

Nos cenários *Adapting Mosaic* e *TechnoGarden* que adotam práticas conservacionistas e sustentáveis, ainda no ano de 2025 há um decréscimo no valor do IPTU (R$)/m², no entanto ao longo dos anos, esse valor também passa a subir, alavancados pelo acréscimo da pegada hídrica.

Salienta-se que o cenário *Global Orchestration* ainda apresenta uma peculiaridade quanto ao lote de 200m² (menor escala analisada), pois apenas no ano de 2050 há uma pequena queda no valor do IPTU(R$)/m², devido a adoção das medidas compensatórias estruturais. Ao se aumentar a escala do lote, por exemplo 300m², essa queda já não é mais perceptível.

5.2.2.5.2 Ponderação das componentes do “IPTU Hidrológico”

Para a análise de sensibilidade considerou-se novamente o lote urbano de 200m², em que foram atribuídos pesos diferentes a todas componentes: armazenamento máximo, vazão máxima, pegada hídrica e matéria orgânica.

Kawatoko & Mendiondo (2011) também propuseram em seus trabalhos, uma análise de sensibilidade para lotes urbanos de 200m², no entanto em suas ponderações foram consideradas apenas duas componentes do “IPTU Hidrológico”: Armazenamento Máximo (Smax) e Vazão Máxima (Qmax).

As Figuras (5.32, 5.33, 5.34 e 5.35) apresentam tal análise dos respectivos cenários: *Global Orchestration*, *Order from Strength*, *Adapting Mosaic* e *TechnoGarden* (KAWATOKO & MENDIONDO, 2011).

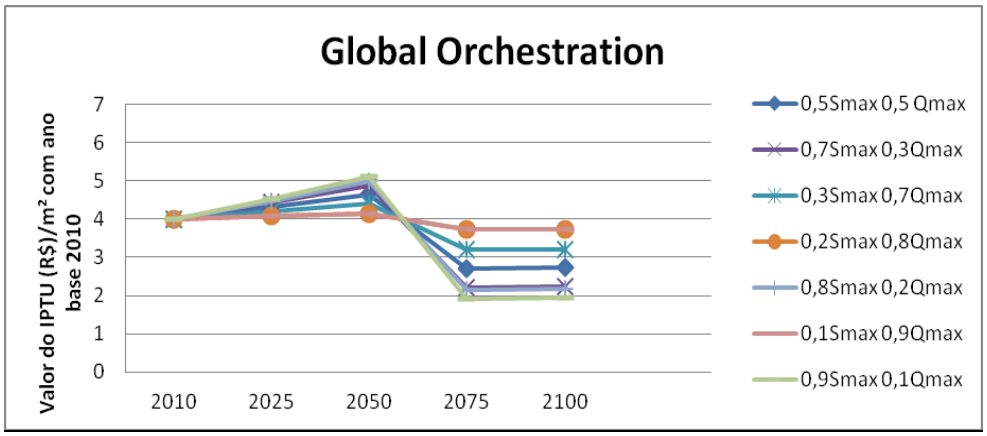


Figura 5.32 – Ponderação do Smáx e Qmáx do cenário Global Orchestration

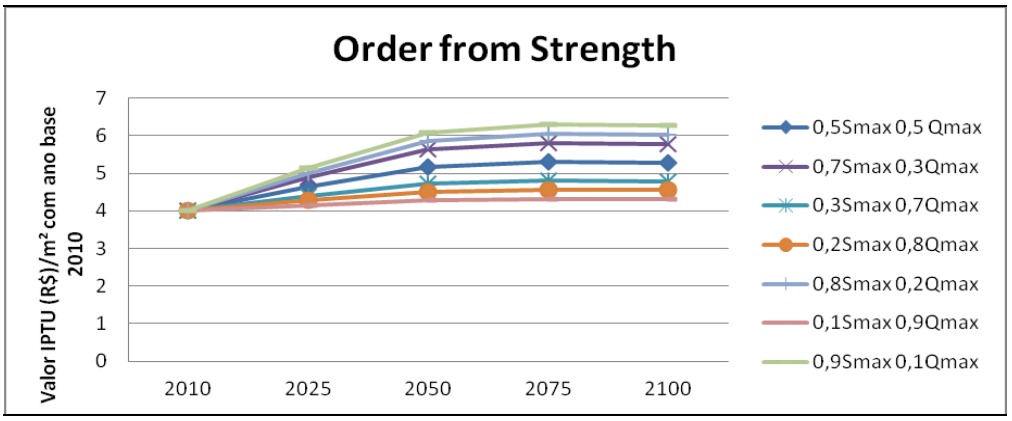


Figura 5.33 – Ponderação do Smáx e Qmáx do cenário Order from Strength

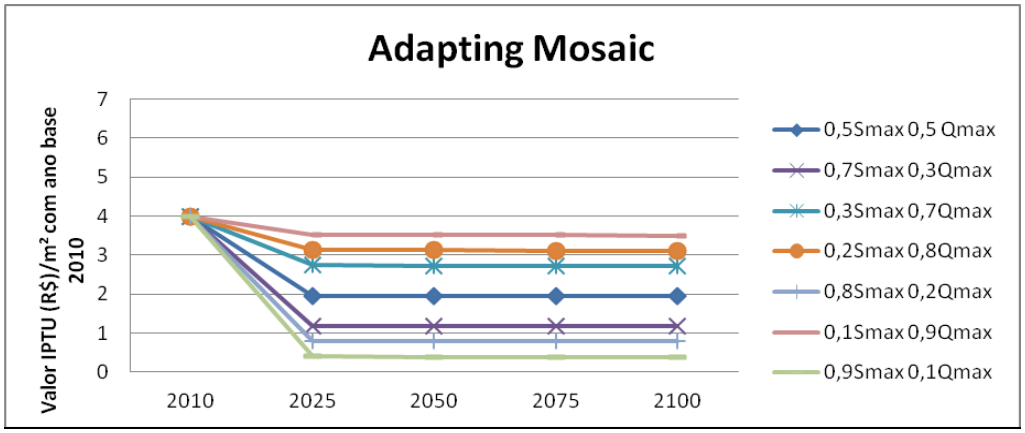


Figura 5.34 – Ponderação do Smáx e Qmáx do cenário Adapting Mosaic

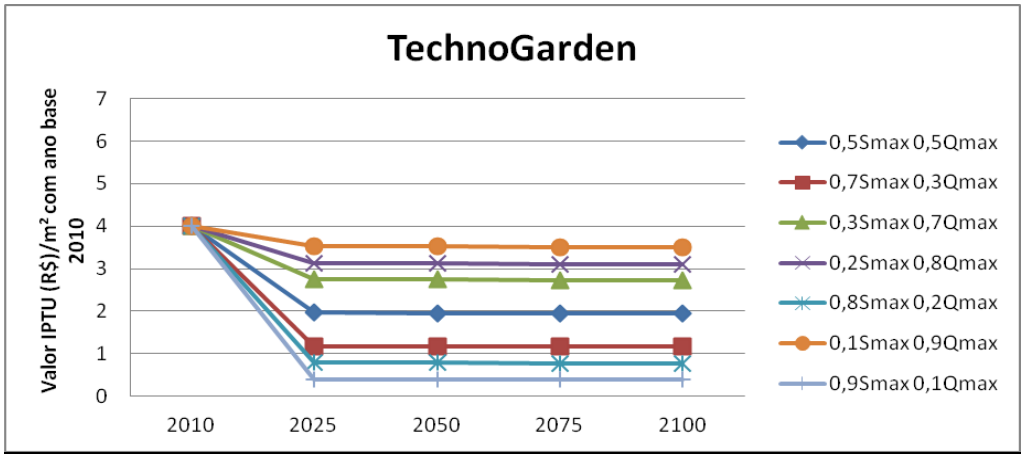


Figura 5.35– Ponderação do Smáx e Qmáx do cenário TechnoGarden

De acordo com Kawatoko & Mendiondo (2011), para todos cenários das componentes (Smax e Qmax), os valores de "IPTU Hidrológico" seguiram uma mesma tendência. No entanto, nas séries em que o Armazenamento Máximo teve peso maior, as variações dos Valores de IPTU (R$) apresentaram-se mais acentuadas. Tal parâmetro exerce tamanha influência sobre os valores monetários do incentivo ambiental, não só por estar ligado às mudanças de CN, grau de urbanização de cada cenário prospectivo avaliado, mas também devido às significativas variações de armazenamento decorrentes da adoção de medidas compensatórias estruturais, no caso dos cenários proativos.

Os autores afirmaram ainda que pôde ser verificada a tendência do cenário *Order from Strength* em ser o mais agressivo do ponto de vista ambiental, já que a sociedade mostra-se despreocupada em relação a tais questões, conseqüentemente apresentando os valores mais elevados de "IPTU Hidrológico". Por outro lado, em cenários – como o *TechnoGarden* - em que a sociedade otimiza os serviços ambientais, com o emprego de medidas estruturais de drenagem (trincheiras de infiltração, telhados verdes, pisos impermeáveis, etc), o valor de "IPTU Hidrológico" apresenta-se numa taxa bastante reduzida.

Nesse sentido, a seguir foram apresentadas duas análises de sensibilidade para o lote de referência de 200m², quando são avaliadas as quatro componentes propostas no "IPTU Hidrológico" (Armazenamento Máximo, Vazão Máxima, Pegada Hídrica e Matéria Orgânica) e outra sem a interferência da Pegada Hídrica, que exerce grande influência sobre os valores do incentivo ambiental.

A) **Ponderação das componentes do "IPTU Hidrológico" (Smáx, Qmáx, MO.)**

Os valores de "IPTU Hidrológico" estabelecidos de acordo com a análise de sensibilidade de pesos das componentes Armazenamento Máximo (Smax), Vazão Máxima (Qmax) e Matéria Orgânica (MO) podem ser verificados nos Apêndices D, E, F e G, correspondentes respectivamente aos cenários *Global Orchestration*, *Order from Strength*, *Adapting Mosaic* e *TechnoGarden*.

De forma mais concisa, nas Figuras dos cenários que são apresentadas a seguir, foram adotadas apenas as ponderações equivalentes para todas as componentes 0,33Smax, 0,33Qmax, 0,33MO (P1) e também aquelas que dão o valor máximo a cada uma delas: 0,8 Smáx, 0,1Qmax, 0,1MO (P2); 0,8Qmáx; 0,1Smax, 0,1MO (P3) e 0,8MO, 0,1Smax, 0,1Qmax (P4).

Por conseguinte, a Figura 5.36 mostra os valores de IPTU/m² para o cenário *Global Orchestration* para alguns dos pesos estimados:

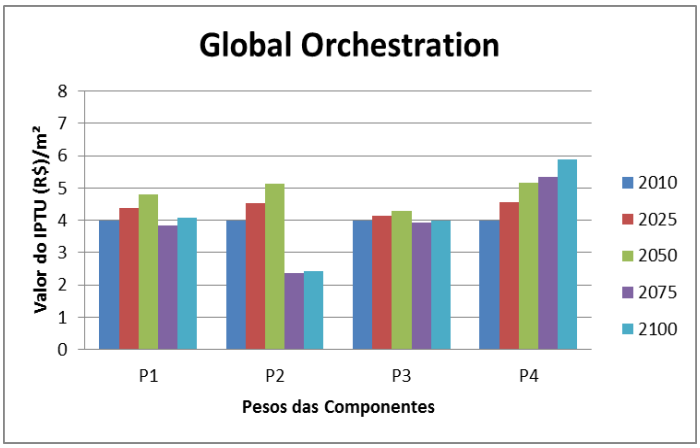


Figura 5.36 – Análise de sensibilidade de pesos GO (Smáx, Qmáx e MO)

Quando são atribuídos valores mais altos às componentes Armazenamento Máximo e Vazão Máxima, como nos casos P2 e P3, observa-se a tendência de haver um aumento no IPTU (R$) até o ano de 2050 e um redução de 2050-2100, visivelmente em menor escala para o segundo caso. Tal tendência está ligada ao acréscimo de medidas estruturais de drenagem urbana, que permitem uma redução da lâmina de escoamento.

Porém, quando são atribuídos valores mais altos à Matéria Orgânica, observa-se comportamentos distintos de P4, variando com o maior peso estipulado à segunda componente; ou seja, se o Armazenamento Máximo tiver peso maior, há uma redução

em 2075 (pelo acréscimo de medidas compensatórias estruturais) e amortecimento dos valores em 2100, já se considerada a Vazão Máxima como a segunda mais impactante, há uma linha de tendência sempre crescente, assim como no caso P4.

A Figura 5.37 mostra os valores de IPTU/m² para o cenário *Order from Strength* para alguns dos pesos estimados.

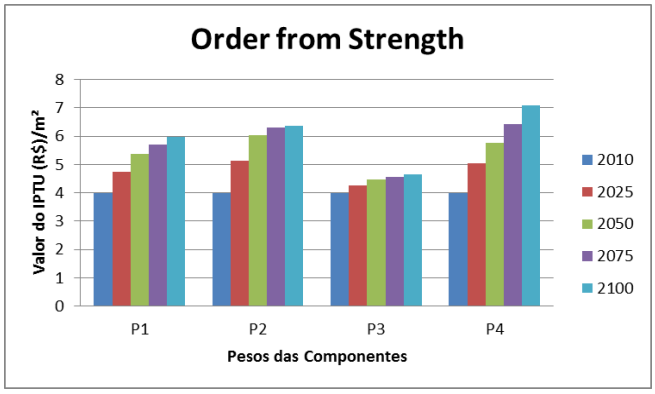


Figura 5.37– Análise de sensibilidade de pesos OS (Smáx, Qmáx e MO)

No cenário *Order from Strength*, os gráficos apresentam uma tendência crescente nos valores e quanto maiores os pesos atribuídos às componentes Matéria Orgânica e Armazenamento Máximo - como em P4 e P2, respectivamente - maior o IPTU (R$)/m².

A Figura 5.38 mostra os valores de IPTU/m² para o cenário *Adapting Mosaic* para alguns dos pesos estimados. Nesse cenário, os gráficos apresentaram, em geral, a mesma tendência de redução no ano de 2025 e um pequeno aumento nos valores de IPTU, durante os períodos seguintes; com exceção do caso P3 (0,1Smax; 0,8Qmax; 0,1MO), em que após a redução do valor até 2050, há uma estagnação em R$3,52/m².

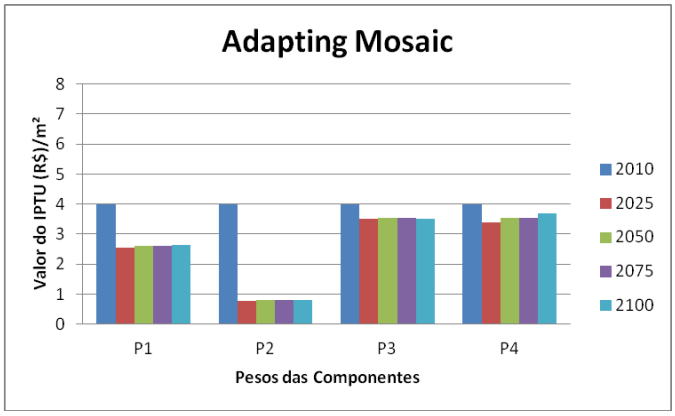


Figura 5.38 – Análise de sensibilidade de pesos AM (Smáx, Qmáx e MO)

A Figura 5.39 mostra os valores de IPTU/m² para o cenário *TechnoGarden* para alguns dos pesos estimados. Neste cenário, há uma tendência decrescente nos valores de IPTU/m², de tal modo que quando atribuídos pesos maiores à componente Matéria Orgânica, como no caso P4, as variações nas tendências são menores.

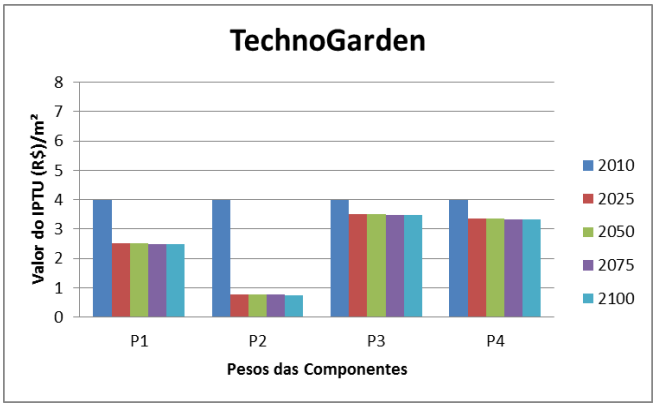


Figura 5.39 – Análise de sensibilidade de pesos TG (Smáx, Qmáx e MO)

B) **Ponderação das componentes do "IPTU Hidrológico" (Smáx, Qmáx, P.H., MO)**

Os valores de "IPTU Hidrológico" estabelecidos de acordo com a análise de sensibilidade de pesos das componentes Armazenamento Máximo (Smax), Vazão Máxima (Qmax), Pegada Hídrica (PH) e Matéria Orgânica (MO) podem ser verificados nos Apêndices H, I, J e K, correspondentes respectivamente aos cenários *Global Orchestration*, *Order from Strength*, *Adapting Mosaic* e *TechnoGarden*.

De forma concisa, nas Figuras dos cenários que são apresentadas a seguir, foram adotadas ponderações equivalentes para todas as componentes 0,25Smax, 0,25Qmax, 0,25PH 0,25MO (P1) e também aquelas que dão o valor máximo a cada uma delas: 0,7 Smáx, 0,1Qmax, 0,1PH, 0,1MO (P2); 0,7Qmáx, 0,1Smax, 0,1PH, 0,1MO (P3); 0,7P.H, 0,1Smax, 0,1Qmax, 0,1MO (P4) e 0,7MO, 0,1Smax, 0,1Qmax, 0,1PH (P5).

Assim, a Figura 5.40 mostra os valores de IPTU/m² do cenário *Global Orchestration* para alguns dos pesos estimados:

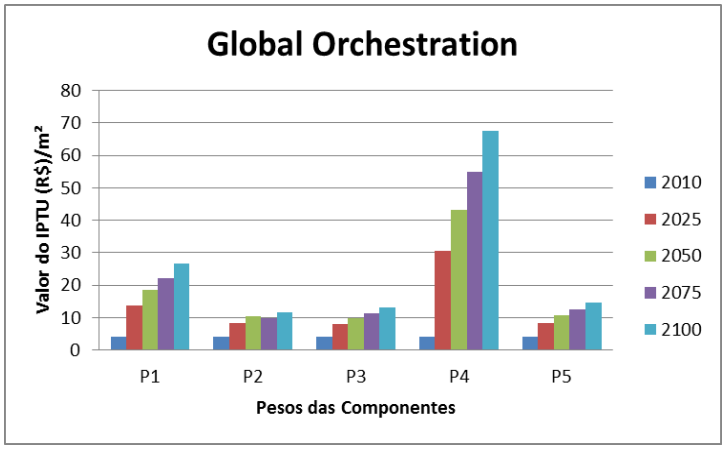


Figura 5.40 – Análise de sensibilidade de pesos GO (Smáx, Qmáx, PH. e MO)

No cenário *Global Orchestration*, os gráficos apresentam uma tendência crescente nos valores de IPTU/m², exceto em dois casos, durante a passagem de 2050-2075: 0,7Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,1MO e 0,6Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,1MO.

Tal exceção está ligada ao acréscimo de medidas compensatórias estruturais de drenagem ao lote urbano, o que exerce influência direta sobre a componente Armazenamento Máximo (ponderada com maior valor) e consequentemente, faz com que os valores finais de IPTU/m² apresentem uma redução.

Nota-se que a Pegada Hídrica exerce grande influência no aumento dos valores finais do imposto, chegando a totalizar R$ 13.503,16, quando consideradas as seguintes ponderações: 0,1Smax 0,1Qmax 0,7PH 0,1MO (P4).

A Figura 5.40 mostra os valores de IPTU/m² para o cenário *Order from Strength* para alguns dos pesos estimados:

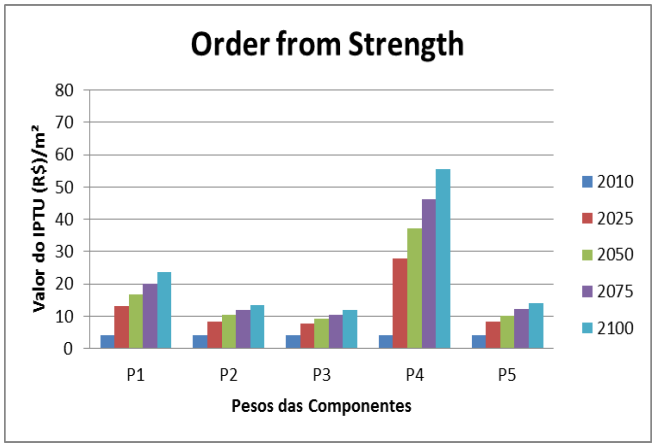


Figura 5.41– Análise de sensibilidade de pesos OS (Smáx, Qmáx, PH. e MO)

No cenário *Order from Strength*, os gráficos apresentam uma tendência crescente nos valores de IPTU/m². Nota-se que quando a Pegada Hídrica é ponderada com maior peso (P4), os valores finais do incentivo ambiental podem chegar a R$ 11.124,13.

A Figura 5.42 mostra os valores de IPTU/m² para o cenário *Adapting Mosaic* para alguns dos pesos estimados.

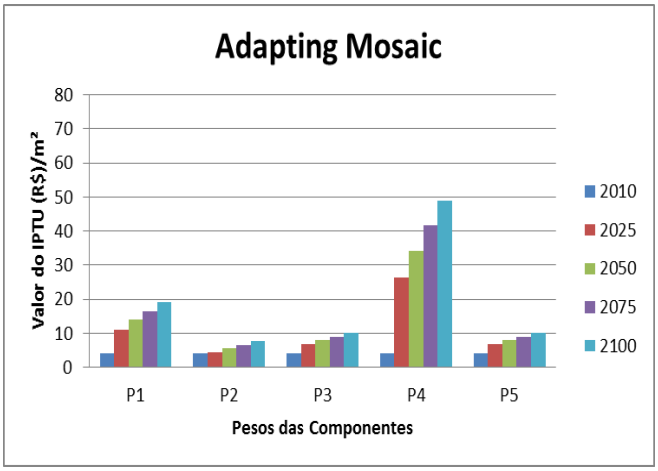


Figura 5.42– Análise de sensibilidade de pesos AM (Smáx, Qmáx, PH. e MO)

Apesar das práticas sustentáveis e proativas, no cenário *Adapting Mosaic*, os gráficos apresentam uma tendência crescente nos valores de IPTU/m², devido ao acréscimo da variável Pegada Hídrica que exerce grande influência sobre eles. Nota-se que quando a Pegada Hídrica é ponderada com maior peso (P4), os valores finais do incentivo ambiental podem chegar a R$ 9.807,66.

A Figura 5.43 mostra os valores de IPTU/m² para o cenário *TechnoGarden* para alguns dos pesos estimados:

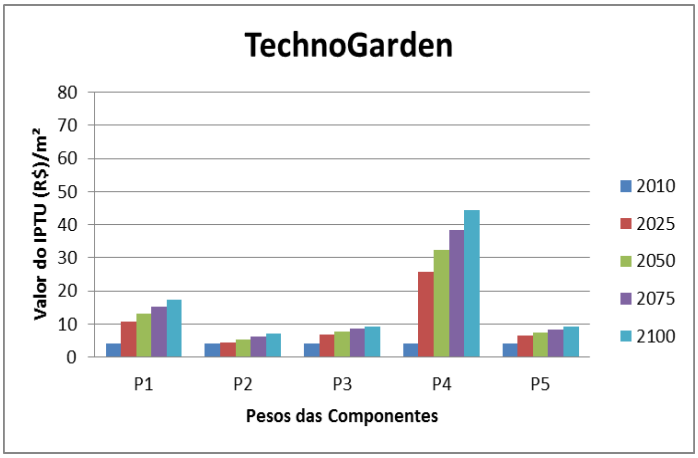


Figura 5.43– Análise de sensibilidade de pesos TG (Smáx, Qmáx, PH. e MO)

Apesar das práticas sustentáveis e proativas, no cenário *TechnoGarden*, os gráficos apresentam uma tendência crescente nos valores de IPTU/m², devido ao acréscimo da variável Pegada Hídrica que exerce grande influência sobre eles. Nota-se que quando esta é ponderada com maior peso (P4), os valores finais do incentivo ambiental podem chegar a R$ 8.865,13.

6. CONCLUSÃO

As conclusões são apresentadas com base nos objetivos traçados no item 2.

Dimensionar e analisar custos de medidas estruturais de drenagem urbana em escala de lote.

Devido a dificuldade de se estabelecer indicadores de eficiência das medidas estruturais de drenagem urbana, já que estão atrelados às condições locais, tornou-se interessante o dimensionamento e orçamento dos dispositivos, a fim de se avaliar qual custo/benefício é mais vantajoso para a obra. No caso, o reservatório de água tem o custo um pouco mais baixo, porém as trincheiras de infiltração conteriam maior volume de água.

Propor novas metodologias de medidas não-estruturais para gestão das águas urbanas, como o cálculo do Balanço Hídrico de Terceira Geração e do "IPTU Hidrológico", com o intuito de estabelecer instrumentos de gestão dos recursos hídricos e incorporar a Pegada Hídrica.

Frente à crescente impermeabilização dos espaços urbanos, acréscimo do escoamento superficial, bem como o aumento pela demanda de água, torna-se imprescindível a adoção cada vez mais frequente de ferramentas de gerenciamento de recursos hídricos que consistam numa combinação de medidas compensatórias, tanto estruturais quanto não-estruturais.

Nesse sentido, foi estabelecida uma medida não-estrutural denominada "Balanço Hídrico de Terceira Geração" que serviu como um indicador de sustentabilidade ao contabilizar entradas e saídas de água (tanto reais quanto virtuais) dentro do lote urbano. De modo que tal ferramenta sofreu grande influência ao serem adotadas medidas estruturais e principalmente, ao ser inclusa a componente pegada hídrica.

Paralelamente, foi proposta outra medida não-estrutural, o "IPTU Hidrológico" baseado no incentivo ambiental referente ao valor monetário a ser pago pelo lote urbano devido à variação de componentes hidráulicas e hidrológicas das águas urbanas ao longo dos cenários prospectivos. Nessa abordagem, foram inseridas também as medidas estruturais, a fim de conter o escoamento superficial, além da pegada hídrica.

Construir cenários prospectivos em escala de lote urbano das medidas não-estruturais propostas.

O caráter prospectivo permitiu a criação de diferentes cenários, que seguiram políticas tanto reativas quanto proativas, o que possibilitou a verificação das tendências e reações no lote urbano de acordo com as condições consideradas. Tais instrumentos são essenciais para delinear possíveis políticas públicas.

Aplicar análises de sensibilidade às componentes consideradas nos cálculos das medidas não-estruturais de gestão das águas urbanas.

Para a consolidação das novas metodologias - tornou-se essencial a aplicação de análises de sensibilidade referentes à escala do lote urbano em estudo (200 – 1200m²), bem como no caso específico do "IPTU Hidrológico", dos pesos atribuídos a cada componente considerada no cálculo do incentivo - através da verificação e comprovação da influência e tendências que diferentes condições hidráulicas, hidrológicas ou mesmo locais provocam nos resultados obtidos.

Desta forma, de acordo com o objetivo principal.

Propor e aplicar novas metodologias de medidas compensatórias não-estruturais para gestão das águas urbanas, bem como avaliar a influência da adoção das medidas estruturais de drenagem urbana sobre seus cenários prospectivos, em escala de lote urbano.

A partir de tal estudo, evidenciou-se a importância do estabelecimento de novas metodologias a fim de se criar ferramentas para um adequado gerenciamento e manejo dos recursos hídricos; visto que foram notadas grandes influências sobre as medidas não-estruturais propostas, a incorporação de diferentes situações, dispositivos de detenção/retenção e componentes das águas urbanas.

Em linhas gerais, a identificação desses fatores e influências servem como base aos tomadores de decisão para o estabelecimento de novas políticas públicas, auxiliando o Código de Obras das cidades e o Plano Diretor Municipal, de acordo com as características e necessidades hidráulicas e hidrológicas da localidade.

7. RECOMENDAÇÕES

Pesquisas relativas à aplicação de medidas não-estruturais de drenagem urbana, bem como de cenários de longo prazo como ferramentas para o planejamento dos recursos hídricos ainda são incipientes. Ademais, por considerar novas abordagens como a pegada hídrica, o Balanço Hídrico de Terceira Geração e o "IPTU Hidrológico" tornam-se necessários maiores estudos. Nesse contexto, algumas recomendações podem ser propostas para trabalhos futuros, referentes aos seguintes temas:

- Proposição de diferentes medidas não-estruturais de drenagem urbana, desde o incentivo a conscientização ambiental até a elaboração de novos instrumentos;
- No Balanço Hídrico de Terceira Geração, podem ainda ser incorporados aos cenários de longo prazo, as variações hidrológicas referentes às alterações climáticas;
- No caso do “IPTU Hidrológico”, podem ser incorporadas novas componentes, segundo as características/necessidades hidráulicas e hidrológicas da área de estudo;
- Referente ao “IPTU Hidrológico”, ainda há um vazio metodológico no sentido de se atribuir pesos às componentes consideradas; pois, como abordado anteriormente, cada área de estudo, possui características próprias;
- É interessante que sejam estudadas novas metodologias para a quantificação de pegada hídrica, mediante ao estabelecimento de cenários de longo prazo;
- Disponibilidade de acesso livre ao público de medidas não-estruturais – por exemplo, por meio de ferramentas digitais, a possibilidade do cidadão calcular o “IPTU Hidrológico” ou o Balanço Hídrico do seu lote;
- A metodologia do cálculo do "IPTU Hidrológico" desenvolvida teve como intuito mostrar os valores monetários decorrentes das variações das componentes adotadas, as quais atuam tanto na forma de incentivo ambiental como no acréscimo do pagamento caso as questões ambientais sejam desconsideradas. No entanto, a nível prático, em termos de políticas públicas, talvez fosse mais sensato que o "IPTU Hidrológico" se estabelecesse apenas na categoria de incentivo ambiental, ou seja, as punições não fossem acrescidas aos valores finais.

- Estudos de cenários prospectivos com menores discretizações temporais – como, por exemplo, de quatro anos – de forma a possibilitar aos tomadores de decisão, o planejamento durante o seu período de mandato.

8. REFERÊNCIAS

ACQUA ENGENHARIA. **Poluição de corpos d'água**. 2010. Acesso em 18 de agosto de 2011. Disponível em: http://www.acquaeng.com.br/wp-content/uploads/2010/01/pdbeari.pdf

ACQUALIFE. **Caixa d'Água Makrocaixa**. 2011. Acesso em 07 de novembro de 2011. Disponível em: http://www.makrocaixa.com.br/produto_caixa_agua.html#

AEASC/PMSC (2009) Associação de Engenheiros, Arquitetos e Agrônomos de São Carlos, **Código de Obras de São Carlos**, Minuta Preliminar, 98p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conservação e Reúso da Água em Edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica, jun. 2005.

ALCAMO, J.; VUUREN, D. van; Cramer; W. **Changes in Ecosystem Services and Their Drivers across the Scenarios.** 2008. Chapter 9. Scenarios: Findings of the Scenarios Working Group. World Resources Institute.

ALCAMO, J.; VUUREN, D. van; Cramer; W. **Scenarios: Findings of the Scenarios Working Group.** 2008. World Resources Institute.

ALLAN, J.A. 1996. **Policy responses to the closure of water resources.** In Water Policy: Allocation and Management in Practice, ed. P. Howsam and R. Carter, London: Chapman and Hall.

ALVAREZ, R.P.P. **Estudo Experimental e Teórico da Qualidade de Água da Drenagem Urbana com base Ecohidrológica.** 2010. Originalmente apresentada como Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos.

ANDRADE FILHO, A.G.; SZÉLIGA, M.R.; ENOMOTO, C.F. **Estudo de medidas não-estruturais para controle de inundações urbanas**. 2000. UEPG – Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7251: agregado em estado solto: determinação da massa unitária**. Rio de Janeiro, 1982.
_ Comissão de Estudo Especial Temporária de Manejo Florestal. Comissão de Estudo Especial Temporária de Aproveitamento de Água da Chuva. **Projeto 00.001.77-001: aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos.** Rio de Janeiro, jan. 2007.

BATISTA, M.S. **Escoamento: conceito, classificação e formação.** 2007. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Material de apoio à Disciplina de Hidrologia Aplicada da Área de Recursos Hídricos.

BATISTA, M.; CABRAL, J.R.; NASCIMENTO, N.; PORTELA, R. **Utilização combinada de tecnologias compensatórias no projeto de um sistema de drenagem urbana.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS (ENAU), 6. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

BIAZIN, J.F.; FORTES, A.S. Estudo comparativo entre reservatórios de concreto armado, fibra de vidro e polietileno. 2010. Acesso em 11 de agosto de 2011. Disponível em: http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Mono3_0065.pdf.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental – o desafio do desenvolvimento sustentável.** 2005. 2ª edição. Editora Pearson Prentice Hall. São Paulo.

BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA 001**. 1986. Acesso em 12 de outubro de 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html

BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA 357**. 2005. Acesso em 14 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_357_05.pdf

BRASIL – GOVERNO FEDERAL. **Lei 11.445/07, Política Nacional de SaneamentoAmbiental**, 2007, Presidência da Republica, Acesso em: 20/04/2010 http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm

BRITO, D.S. **Metodologia para seleção de sistemas de drenagem**. 2006. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Brasília, Distrito Federal.

CANHOLI, A. P. **Soluções estruturais não-convencionais em drenagem urbana.** 1995. Tese de Doutorado em Engenharia. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo – SP.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B. **Hidrologia: Escoamento Superficial**. 2006. Acesso em 12 de agosto de 2011. Disponível em: http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf

CARVALHO, R.C. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 3. ed. São Carlos, 2009.

CARVALHO, P. F. de **Águas nas cidades: reflexões sobre usos e abusos para aprender novos usos**. In: BRAGA, R. & CARVALHO, P. F. DE. (Org.). Recursos hídricos e planejamento urbano e regional. 1.ª ed. Rio Claro, 2003, p. 09-35.

CASTRO, A.L.C. **Manual de Planejamento em Defesa Civil**. 1999. Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria Especial de Políticas Regionais. Departamento de Defesa Civil.

CELIK, S.; MORGAN, S.; RETZLLAF, W.A. **Energy conservation analysis of various green roof systems**. 2010**.** Green Technologies Conference, 2010

CHANG, N. **Cost Benefit Optimization of Cistern Volume and Green Roof Area in the Florida Showcase Green Envirohome (FSGE).** 2010. Sustainable Systems and Technology (ISSST), 2010 IEEE International Symposium

CRUZ, M.A.S.; SOUZA,C.F.; TUCCI, C.E.M. **Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade.** 2007. XII SBRH 2007. São Paulo. 2007.

CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Caracterização do clima no século XX e Cenários Climáticos no Brasil e na América do Sul para o Século XXI derivados dos modelos globais de clima do IPCC. 2007. Disponível em:http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_1.pdf . Acesso em 01 de dezembro de 2010.

CPETEC - **CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Tendências de Variações Climáticas para o Brasil no século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos do século XXI. 2007. Disponível em:** http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_4.pdf. Acesso em 01 de dezembro de 2010.

DENARI, Z. **Curso de Direito Tributário**. Editora Atlas S.A. – 8ª edição. 2002. Cap. 23, p. 307-310.

FAISAL, I.M.; KABIR, M.R.; NISHAT, A. **Non-structural flood mitigation measures for Dhaka City**. 1999. Urban Water 1 (1999) 145-153.

FERNANDES, D.R.M.; MEDEIROS NETO, V.B.; MATTOS, K.M.C. **Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN**. 2007. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná.

FERNADEZ, J. A. B.. **Diagnóstico e Diretrizes para o Gerenciamento de Resíduos Perigosos Domiciliares:** Estudo de caso do Município de São Carlos – SP. São Carlos, 2008. Originalmente apresentada como Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Ciências de Engenharia Ambiental, 2008.

GOMES, T. L. **Avaliação Quali-quantitativa do percolado gerado no aterro controlado de Santa Maria –RS**. 2005. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Maria.

GONÇALVES, M. **Hidrologia Básica: infiltração**. 2006. Acesso em 12 de agosto de 2011. Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAD68AC/apostila-aula-8-hidrologia-aplicada

GPQA. **Indicadores de Poluição**. 2008. Química das águas. Acesso em 18 de agosto de 2011. Disponível em: http://www.usp.br/gpqa/Disciplinas/qfl3201/Indicador_trabalho.pdf

GRACIOSA, M.C.P.; MENDIONDO, E M; CHAUDHRY, F H. **Metodologia para dimensionamento de trincheiras de infiltração para o Controle do Escoamento**

Superficial na Origem. 2008. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, p. 207-214.

GRACIOSA, M.C.P.; MENDIONDO, E.M.; CHAUDHRY, F.H. **Metodologia para o dimensiosamento de trincheiras de infiltração para o controle do escoamento superficial na origem**. 2008. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 13 nº2 abr/jun 2008, 207-214.

GRACIOSA, M.C.P. **Trincheiras de infiltração como tecnologia alternativa em drenagem urbana**. 2005. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

GRH-UFBA Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Bahia**. Apostila de Hidrologia: Precipitação**. 2005. Departamento de Hidráulica e Saneamento UFBA. Capítulo 3.

GRH-UFBA Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Bahia**. Apostila de Hidrologia: Evaporação e Evapotranspiração**. 2005. Departamento de Hidráulica e Saneamento UFBA. Capítulo 4.

GUARULHOS. 2010. **Lei Municipal nº6973/2010 do Município de Guarulhos – Incentivos Ambientais.** Acesso em 17 de outubro de 2011. Disponível em: http://www.observatorioeco.com.br/integra-lei-de-iptu-verde-cria-incentivos-ambientais/

HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.CK.; ALDAYA, M.M.; MEKONNEN, M.M. **The Water Footprint Assessment Manual: setting the global standard**. 2011. Washington DC, Earthscan, 203 p.

HOEKSTRA, A, CHAPAGNAIN, ZARATE, E., M ALDANA. **Water footprint manual**. 2009. Univ Twente/UNESCO-IHE, Report Nr 41, Entschede/Deflt, Holanda, 301p.

HOEKSTRA, A.; CHAPAGAIN, A.K. **Water footprints of nations**. 2004. Volume 1: Main Report, Value of Water.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (ISDR).**Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction**. Geneva: UN/ISDR, 2009.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (ISDR). **Living with Risk**: A global review of disaster reduction initiatives. Geneva: UN/ISDR,2004.

IUCN, International Unio for Conservation of Nature. **Water for Business. Initiatives guiding sustainable water management in the private sector.** 2010. World Business Council for Sustainable Development.

JIAN-FENG L.; WAI, O.W.H.; LI, Y.S.; ZHAN, J.; HO, Y.A; LI, J.; LAM, E. **Effect of Green roof on ambient CO_2 concentration**. 2010. Building and environment [0360-1323] Jian-feng Ano:2010 Vol:45 Nr:12 Pág:2644 -2651

KAWATOKO, I. E.S.; MENDIONDO, E.M. **Sensibility Analysis of the Parameters of "Hidrological IPTU's tax" at urban scale**. 2011. Artigo submetido ao periódico Journal of Hidrology.

KAWATOKO, I.E.S.; LOPES JÚNIOR, G.B.; CAMILLOTI, P.R. **4º Virtual water problem.** 2010. SHS 5890, Recursos Hídricos: Aspectos Quantitativos, PPG-SHS Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.M. **Prevenção de Desastres Naturais Conceitos Básicos**. 2006. Editora Organic Trading. Florianópolis-SC.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A.A.; CORSEUIL, C.W. **Recursos hídricos e sanemanto.** 2008. 1ª edição. Organic Trading. Curitiba-PR.

KÖHLER, M., SCHMIDT, M. **Study of a Extensive "Green Roofs" in Berlin. Part III:**
Retention of Contaminants. Berlin. 2003. Disponível em:
<http://www.roofmeadow.com/technical/publications/SWQuality_Berlin_MSchmidt.pdf>
Acesso em 02 de setembro de 2010.

LAWRENCE, A. I.; MARSALEK, J., ELLIS, J. B.; URBONAS, B. (1996).
Stormwater detention and BMPs. *Journal of Hydraulic Research*, vol. 34, n.º 6, p. 799 – 813

LEEMANS, R. (2007). Scenario Analysis. In: **Curso Internacional sobre Construção de Cenários Ambientais.** Módulo I 24-27 Abril. São Paulo-SP.

LEME, M. C. da S. **A formação do pensamento urbanístico no Brasil: 1895-1965**. In: LEME, Maria Cristina da Silva; FERNANDES, Ana; GOMES, Marco Aurelio Filgueiras (org.) **Urbanismo no Brasil 1895-1965**. São Paulo: Studio Nobel/FAU USP/FUPAM, 1999.

LIMA, M.P; LOPES, D.A.R.; VECCHIA, F. **Avaliação do comportamento térmico de coberturas verdes leves (CVLs) aplicadas ao clima tropical**. 2005. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

LUNDHOLM, J.T.; PECK, S.W. **Introduction: Frontiers of green roof ecology. 2008.** Urban ecosystems [1083-8155] Jeremy Vol:11 Nr:4

MA, J.; HOEKSTRA, A.Y.; WANG, H.; CHAPAGAIN, A.K.; WANG, D. **Virtual versus real water transfers within China.** 2005. Philosophical Transactions of the Royal Society.

MacMILLAN, M. **York University Rooftop Garden Stormwater Quantity and Quality**

Performance Monitoring Report. 2004. Disponível em: < http://www.epa.gov/region8/greenroof/pdf/3.4_Macmillan-monitoring.pdf>. Acesso em 02 de setembro de 2010.

MARENGO ORSINI, J. A. (2009). **Assessment of Impacts and Vulnerability to Climate Change in Brazil and Strategies for Adaptation Options**. Projeto tematico FAPESP aprovado em 2011.

MARTISON, B. e THOMAS, T. **Quantifying the First-flush Phenomenon.** Development Technology Unit. School of Engineering, University of Warwick. 2005. Disponível em: < http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/research/dtu/pubs/reviewed/rwh/dbm_tht_ircsa_2005b/martinson-brett_first-flush.pdf > Acesso em 02 de setembro de 2010.

MENDES, H.C.; MARCO, G.; ANDRADE, J.P.M.; SOUZA, S.A. **Reflexões sobre os impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras**. 2004. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MENTENS, J. et al. **Green Roofs as a Tool for Solving the Rainwater Runoff Problem in the Urbanized 21st Century?** Departament of Land Management, Laboratory for Forest, Nature & Landscape Research. Leuven, Belgium, 2005. Disponível em: < http://www.ottawa.ca/residents/public_consult/lansdowne_partnership/runoff_tool.pdf > Acesso em 02 de setembro de 2010.

MENDIONDO, E.M. **Scenarios Water Capital Powered by Early-Warning Systems**. 2007. Submited to Japan Hidrology. Res. Letters on 23 March (2007).

MENDIONDO, E M. **Fundamentos técnicos para IPTU Hidrológico**. 2007. Mini-Curso, VII Encontro Nacional de Águas Urbanas, ABRH-EESC-USP/UFSCar/UFAL, São Carlos, Apostila, 23p.

MENDIONDO, E M. **R.U.A. Hidrossolidária – bacia escola como ação de inclusão hidro-territorial no meio urbano e peri-urbano**. 2009. Projeto CNPq 500159/2006-8 (CT-Hidro/CT-Agro "Racionalização do Uso da Água e Inclusão Social no Meio Urbano e Peri-urbano"), São Carlos, 47p.

MENDIONDO, E.M. **3rd Generation Water Balance: "AquaMemo".** 2010. 1st Virtual Water Problem, SHS5890, Recursos Hídricos: Aspectos Quantitativos, PPG-SHS EESC/USP, Apostila, 24p.

MENDIONDO, E M. **What stormwater runoff P.E.T. do we know towards a 3rdG water balance?**. 2010. Virtual Water Problem #3, SHS5890, Recursos Hídricos: Aspectos Quantitativos, PPG-SHS EESC/USP, Apostila, 15p.

MIKKELSEN P. S., HÄFLIGER M., OCHS M., TJELL J. C., JACOBSEN P., BOLLER M. **Experimental assessment of soil and groundwater contamination from two old infiltration systems for road runoff in Switzerland.** 1997. The Sci. of the Total Environ., no. 189/190, p. 341-347.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA), **Scenario Working Group (2005) Four Scenarios**, In S. R. Carpenter, P.L. Pingali, E.M. BENNETT, M.B. ZUREK (editors). Ecosystems and Human Well-being: Scenarios, Island Press: Washington, v.2., Chapter 8, p. 223-294.

MORUZZI, R. B.; CARVALHO, G. S. E OLIVEIRA, S. C. **Aplicação do conceito de balanço de vazões no dimensionamento de reservatório de armazenamento de água pluvial para residências unifamiliares: viabilidade e proposta de aprimoramento**. In: Ambiente construído (aguardando resposta). Rio Claro – SP, 2008.

NASCIMENTO, N.O., 1996. **Curso: Tecnologias Alternativas em Drenagem Urbana**. Escola de Engenharia – UFMG.

NEVES, M.J.M. **O Uso do Planejamento por Cenários em Recursos Hídricos: Uma Revisão**. 2007. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo-SP.

NIU, H; CLARCK, C.; ZHOU, J.; ADRIAENS, P. **Scaling of economic benefits from green roof implementation in Washington, DC**. 2010. *Environ. Sci. Technol.*

OHNUMA JR., A.A. **Cenários de reuso de água pluvial e controle da drenagem visando a recuperação ambiental da micro-bacia do alto Tijuco-Preto, São Carlos-SP.** Dissertação de Mestrado.2005. Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

OHNUMA JÚNIOR, A.A. **Medidas não convencionais de reservação d'água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares**. 2008. Dissertação de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

POMPÊO, C.A. **Drenagem Urbana Sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.5, n.1, p 15-23, jan-mar 2000.

PORTO, C.; NASCIMENTO, E.; BUARQUE, S**. Cinco cenários para o Brasil 2001-2003**. Rio de Janeiro: Nórdica, 2001.

PEREIRA, A.R., ANGELOCCI, L.R., SENTELHAS, P.C**. Agrometeorologia: Fundamentos e Práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

REIS, L. F. R. (2010). **Monitoramento, avaliação do processo de transformação Chuva-vazão sob os aspectos quali-quantitativos, suas inter-relações com a geração de resíduos sólidos e proposição de medidas compensatórias em sub-bacias urbanas de diferentes níveis de ocupação do Município de São Carlos - SP**. Projeto de pesquisa FINEP aprovado, 2010.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto São Carlos. 2010. Acesso em 14 de maio de 2011. Disponível em: http://saae.saocarlos.sp.gov.br/

SANTOS, D.C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002.

SCALIZE, P. S. et al. **Aspectos construtivos e operacionais da estação de tratamento de esgotos de Araraquara – SP**. In: EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO 7ª., 2003, Santo André. Anais eletrônicos. Local: Passo municipal, 2003. 11 p.

SHIRATSUBAKI, I.S.; BRESSIANI, D.A.; KAWATOKO, I.E.S.; MENDIONDO. E.M.M. **Dimensionamento, Indicadores de Eficiência e Medidas de Incentivos para Medidas Compensatórias de Águas Urbanas em Escala Domiciliar.** 2011. Artigo submetido à Revista Brasileira de Recursos Hídricos. ABRH.

SILVA, J.P. **Estudos preliminares para a implantação de trincheiras de infiltração**. 2007. Dissertação de Mestrado em Geotecnia. Brasília, Distrito Federal.

SILVA, L.C. **Riscos e Incertezas.** 2005. Universidade Federal do Espírito Santo. Acesso em 10/08/2011. Disponível em: http://www.agais.com/risco.htm

SILVIO, M. **Análise de Sensibilidade**. 2004. FACAPE. Acesso em 11/08/2011. Disponível em: http://bit.ly/xsyUWd.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. 2011. **Relatório de Insumos e Serviços Nov/2011.** Disponível em: http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/index.asp. Acesso em 20 de dezembro de 2011.

SOUZA, T. F. (2008). **Drenagem urbana sob cenários de longo prazo visando incentivos ambientais.** Originalmente apresentada como Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos.

SOUZA, V.C.B. (2002). **Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle do escoamento superficial** . Dissertação de Doutorado do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

STANDARD METHODS, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** APHA, AWWA, WPCF, 19th edition, American Public Health Association, Washington, 1985.

TAYLOR, A.C. WONG, T.H.F. **Non-structural stormwater quality best management practices: An overview of their use, value, cost an evaluation**. Technical Report: 02/11. CRC for Catchment Hydrology, Melbourne. Disponível em http://www.catchment.crc.org.au. Acesso em 05 de agosto de 2011.

TAYLOR, A.C.; FLETCHER, T.D. **Nonstructural urban stormwater quality measures: Building a Knowledge Base to improve their use**. 2007. Springer Science + Business Media, LLC 2007. Environ Manage (2007) 39:663-677.

TAYLOR, A.; CURNOW, R.; FLETCHER, T.; LEWIS, J. **Education campaigns to reduce stormwater pollution in commercial areas: Do they work?** 2006. Journal of Environmental Management 84 (2007) 323-335.

TEEMUSK, A., MANDER, U., **Rainwater Runoff Quantity and Quality Performance from a Greenroof: The Effects of Short-Term Events, Ecol. Eng**.

(2007), doi:10.1016/j.ecoleng. 2007. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VFB-4N6NHG4-1&_user=5674931&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000049650&_version=1&_urlVersion=0&_userid=5674931&md5=9b461e2b9409963b279b4c3a17a7cf91> Acesso em 02 de setembro de 2010.

TOMASELLA, J. ROSSATO, L. **Balanço Hídrico**. 2005. Ministério da Agricultura e Tecnologia – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Acesso em 18 de agosto de 2011. Disponível em: http://bit.ly/wN7UBP.

TOMAZ, P. **Poluição Difusa**. 2006. Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH. 2ª edição

TUCCI C. E. M. et al**. Hidrologia: Ciência Aplicação**. 1ª ed. Porto Alegre -RS, Editora da
UFRGS, ABRH, EDUSP, vol 4,1993.

TUCCI, C.E.M. **Inundações urbanas em *Drenagem Urbana***. 1995. ABRH, ed. da UFRGS.

TUCCI, C. E. M.. **Drenagem Urbana**. Gestão das Águas/Artigos. Ciência e Cultura, Volume 55, nº4, São Paulo: SBPC outubro/novembro 2003.

TUNDISI, J.G. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado.** 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S000967252003000400018&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em 20 de outubro de 2010.

UNISDR. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. 2009. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, Switzerland.

URBONAS, B. , STAHRE, P. **Stormwater : Best management practices and detention forwater quality, drainage and CSO management**. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1993.

US EPA (United States Environmental Protection Agency). **Preliminary data summary of urban stormwater best management practices.** 1999. Report Nº EPA-821-R-99-012. United States Environmental Protection Agency , Washington DC. Disponível em: http://www.epa.gov/waterscience/stormwater . Acesso em 04 de agosto de 2011.

3P TECHNIK DO BRASIL. **Como funciona o aproveitamento das águas pluviais.** Disponível em: < http://www.agua-de-chuva.com/>. Acesso em 04 de setembro de 2010.

WONG, T.H.F. **Australian run-off qualiy guidelines**. 2005. Engineers Australia, Sydney, New South Wales. Disponível em http://www.arq.org.au. Acesso em 05 de agosto de 2011.

APÊNDICE A

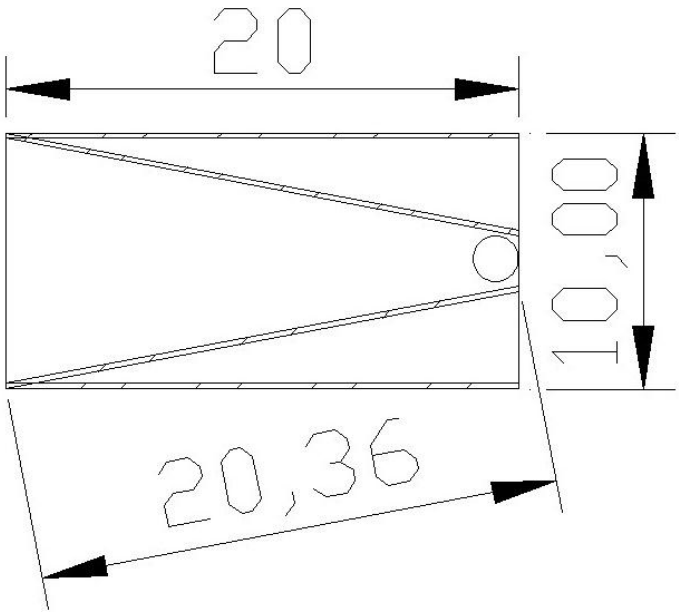


Figura – Dimensionamento tubulação PVC (100mm) do reservatório de água

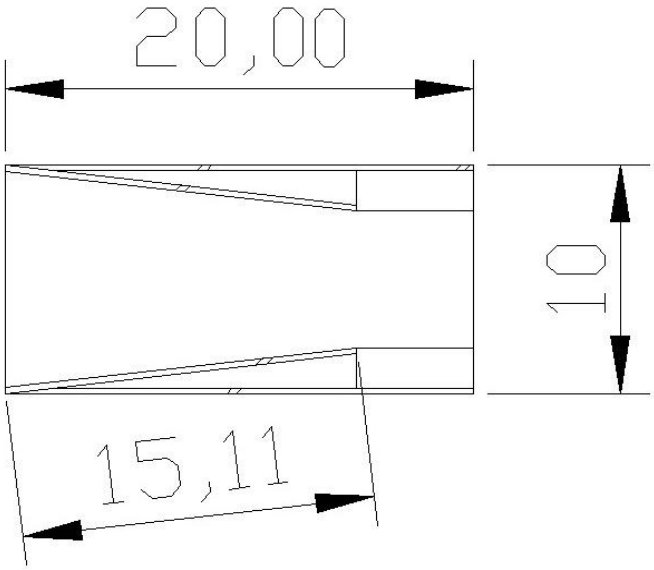


Figura – Dimensionamento tubulação PVC (100mm) das trincheiras de infiltração

APÊNDICE B

Tabela – Balanço Hídrico de Terceira Geração (lotes 300m² - 1200m²) - valores em m³

Lote		Precipitação	Consumo	AVE	Dil. Escoamento	Dil. Esgoto	Dil. Resíduos	ETR	Escoamento	Esgoto	AVS	ΔX
	2010	451,521	613,200	7801,062	915,046	4129,546	40816,800	267,909	439,926	268,152	4,081	53747,110
	GO (2025)	451,521	911,697	12181,900	917,067	6139,751	45918,734	267,909	440,898	398,685	4,591	65408,590
	GO (2050)	451,521	1320,036	17263,500	919,289	8889,674	51020,816	267,909	441,966	577,251	5,102	78572,610
	GO (2075)	451,521	1718,121	22260,920	9205,42	11570,550	56122,898	267,909	4425,687	751,334	5,612	95878,890
	GO (2100)	451,521	2119,979	27438,720	906,278	14276,830	61224,979	267,909	435,711	927,066	6,122	104781,500
	OS (2025)	451,521	1011,167	10864,010	919,320	6809,622	51020,816	267,909	441,981	442,183	5,102	69919,280
	OS (2050)	451,521	1584,04	14463,710	923,027	10667,590	56122,898	267,909	443,763	692,700	5,612	82802,800
300m²	**OS (2075)**	451,521	2193,898	18031,020	923,881	14774,630	61224,979	267,909	444,174	959,391	6,122	95922,340
	OS (2100)	451,521	2846,825	21761,470	923,750	19171,710	66327,061	267,909	444,111	1244,916	6,632	109518,800
	AM (2025)	451,521	940,7145	10569,390	900,369	6335,167	38265,612	267,909	432,870	411,374	3,826	56346,790
	AM (2050)	451,521	1397,045	13657,150	898,254	9408,286	35714,571	267,909	431,853	610,927	3,571	60212,560
	AM (2075)	451,521	1856,879	16620,810	896,912	12505,000	33163,530	267,909	431,208	812,013	3,316	63980,210
	AM (2100)	451,521	2331,978	19608,460	896,007	15704,520	30612,489	267,909	430,773	1019,774	3,061	67883,460
	TG (2025)	451,521	884,3614	10311,190	900,588	5955,661	35714,571	267,909	432,975	386,731	3,571	53126,700
	TG (2050)	451,521	1249,636	12992,830	900,400	8415,573	33163,530	267,909	432,885	546,465	3,316	55922,910
	TG (2075)	451,521	1591,247	15431,970	896,182	10716,130	30612,489	267,909	430,857	695,852	3,061	58301,860
	TG (2100)	451,521	1926,149	17794,150	894,809	12971,500	28061,449	267,909	430,197	842,304	2,806	60556,350
	2010	602,028	817,600	10401,420	1217,041	5506,062	54422,400	357,212	585,116	357,536	5,442	71661,240
	GO (2025)	602,028	1215,596	16381,300	1219,113	8186,334	61224,979	357,212	586,112	531,580	6,122	87348,320
	GO (2050)	602,028	1760,048	23218,920	1221,401	11852,900	68027,755	357,212	587,212	769,668	6,802	104962,200
	GO (2075)	602,028	2290,828	29942,730	12272,260	15427,400	74830,530	357,212	5900,124	1001,779	7,483	128099,200
	GO (2100)	602,028	2826,639	36907,640	1206,708	19035,770	81633,306	357,212	580,148	1236,089	8,163	140030,500
	OS (2025)	602,028	1348,222	14639,250	1221,426	9079,496	68027,755	357,212	587,224	589,577	6,802	93377,370
	OS (2050)	602,028	2112,054	19526,050	1225,261	14223,460	74830,530	357,212	589,068	923,601	7,4830	110642,000

400m²	**OS (2075)**	602,028	2925,198	24375,290	1226,143	19699,510	81633,306	357,212	589,492	1279,189	8,163	128227,400
	OS (2100)	602,028	3795,766	29448,600	1226,010	25562,290	88436,081	357,212	589,428	1659,889	8,843	146455,400
	AM (2025)	602,028	1254,286	14235,700	1200,618	8446,889	51020,816	357,212	577,220	548,499	5,102	75272,300
	AM (2050)	602,028	1862,726	18422,170	1198,454	12544,380	47619,428	357,212	576,180	814,570	4,761	80496,460
	AM (2075)	602,028	2475,839	22443,700	1197,090	16673,340	44218,040	357,212	575,524	1082,684	4,421	85590,200
	AM (2100)	602,028	3109,304	26499,560	1196,175	20939,360	40816,653	357,212	575,084	1359,698	4,081	90867,000
	TG (2025)	602,028	1179,149	13882,850	1200,842	7940,882	47619,428	357,212	577,328	515,641	4,761	70970,240
	TG (2050)	602,028	1666,181	17513,970	1200,651	11220,760	44218,040	357,212	577,236	728,621	4,421	74754,150
	TG (2075)	602,028	2121,663	20818,160	1196,349	14288,170	40816,653	357,212	575,168	927,803	4,081	77978,760
	TG (2100)	602,028	2568,198	24018,700	1194,960	17295,330	37415,265	357,212	574,500	1123,073	3,741	81035,950
	2010	752,535	1022,000	13001,770	1519,003	6882,577	68028,000	446,515	730,290	446,920	6,802	89575,360
	GO (2025)	752,535	1519,495	20580,700	1521,094	10232,920	76531,224	446,515	731,295	664,475	7,653	109288,000
	GO (2050)	752,535	2200,059	29174,340	1523,423	14816,120	85034,694	446,515	732,415	962,086	8,503	131351,700
	GO (2075)	752,535	2863,535	37624,550	1507,012	19284,240	93538,163	446,515	724,525	1252,224	9,353	153137,400
	GO (2100)	752,535	3533,299	46376,550	1507,064	23794,720	102041,632	446,515	724,550	1545,111	10,204	175279,400
	OS (2025)	752,535	1685,278	18414,500	1523,454	11349,370	85034,694	446,515	732,430	736,972	8,503	116835,400
	OS (2050)	752,535	2640,067	24588,390	1527,365	17779,320	93538,163	446,515	734,310	1154,501	9,353	138481,200
500m²	**OS (2075)**	752,535	3656,497	30719,560	1528,270	24624,390	102041,632	446,515	734,745	1598,986	10,204	160532,400
	OS (2100)	752,535	4744,708	37135,730	1528,134	31952,860	110545,102	446,515	734,680	2074,861	11,054	183392,000
	AM (2025)	752,535	1567,858	17902,010	1500,866	10558,610	63776,020	446,515	721,570	685,624	6,377	94197,820
	AM (2050)	752,535	2328,408	23187,190	1498,671	15680,480	59524,285	446,515	720,515	1018,213	5,952	100780,400
	AM (2075)	752,535	3094,799	28266,600	1497,288	20841,670	55272,551	446,515	719,850	1353,355	5,527	107200,200
	AM (2100)	752,535	3886,630	33390,650	1496,362	26174,200	51020,816	446,515	719,405	1699,623	5,102	113850,500
	TG (2025)	752,535	1473,936	17454,520	1501,094	9926,102	59524,285	446,515	721,680	644,552	5,952	88813,780
	TG (2050)	752,535	2082,727	22035,120	1500,886	14025,950	55272,551	446,515	721,580	910,776	5,527	93585,370
	TG (2075)	752,535	2652,079	26204,350	1496,539	17860,210	51020,816	446,515	719,490	1159,754	5,102	97655,670
	TG (2100)	752,535	3210,248	30243,260	1495,146	21619,160	46769,081	446,515	718,820	1403,841	4,676	101515,600
	2010	903,042	1226,400	15602,120	1820,944	8259,093	81633,600	535,818	875,454	536,304	8,163	107489,5

	GO (2025)	903,042	1823,394	24780,100	1823,066	12279,500	91837,469	535,818	876,474	797,370	9,183	131227,7
	GO (2050)	903,042	2640,071	35129,760	1825,412	17779,350	102041,632	535,818	877,602	1154,503	10,204	157741,1
	GO (2075)	903,042	3436,241	45306,360	1807,329	23141,090	112245,796	535,818	868,908	1502,668	11,224	183921,200
	GO (2100)	903,042	4239,958	55845,470	1807,391	28553,660	122449,959	535,818	868,938	1854,134	12,244	210528,300
	OS (2025)	903,042	2022,334	22189,740	1825,437	13619,240	102041,632	535,818	877,614	884,366	10,204	140293,400
	OS (2050)	903,042	3168,080	29650,730	1829,406	21335,180	112245,796	535,818	879,522	1385,402	11,224	166320,300
600m²	**OS (2075)**	903,042	4387,796	37063,820	1830,329	29549,260	122449,959	535,818	879,966	1918,783	12,244	192837,400
	OS (2100)	903,042	5693,650	44822,860	1830,192	38343,430	132654,122	535,818	879,900	2489,833	13,261	220328,500
	AM (2025)	903,042	1881,429	21568,330	1801,101	12670,330	76531,224	535,818	865,914	822,748	7,653	113123,300
	AM (2050)	903,042	2794,090	27952,210	1798,892	18816,570	71429,143	535,818	864,852	1221,855	7,142	121064,300
	AM (2075)	903,042	3713,758	34089,500	1797,507	25010,010	66327,061	535,818	864,186	1624,026	6,632	128810,200
	AM (2100)	903,042	4663,955	40281,750	1796,571	31409,030	61224,979	535,818	863,736	2039,548	6,122	136834,100
	TG (2025)	903,042	1768,723	21026,190	1801,338	11911,320	71429,143	535,818	866,028	773,462	7,142	106657,300
	TG (2050)	903,042	2499,272	26556,260	1801,139	16831,150	66327,061	535,818	865,932	1092,932	6,637	112416,600
	TG (2075)	903,042	3182,495	31590,540	1796,746	21432,260	61224,979	535,818	863,820	1391,705	6,122	117332,600
	TG (2100)	903,042	3852,298	36467,810	1795,348	25942,990	56122,898	535,818	863,148	1684,610	5,612	121995,200
	2010	1053,549	1430,800	18202,480	2122,877	9635,608	95239,200	625,121	1020,614	625,688	9,523	125403,600
	GO (2025)	1053,549	2127,293	28979,500	2125,003	14326,080	107143,714	625,121	1021,636	930,265	10,714	153167,400
	GO (2050)	1053,549	3080,083	41085,180	2127,376	20742,570	119048,571	625,121	1022,777	1346,920	11,904	184130,600
	GO (2075)	1053,549	4008,948	52988,180	2107,633	26997,940	130953,428	625,121	1013,285	1753,113	13,095	214705,100
	GO (2100)	1053,549	4946,618	65314,380	2107,676	33312,600	142858,286	625,121	1013,306	2163,156	14,285	245777,200
	OS (2025)	1053,549	2359,389	25964,980	2127,405	15889,120	119048,571	625,121	1022,791	1031,761	11,904	163751,400
	OS (2050)	1053,549	3696,094	34713,070	2131,409	24891,050	130953,428	625,121	1024,716	1616,302	13,095	194159,400
700m²	**OS (2075)**	1053,549	5119,096	43408,090	2132,341	34474,140	142858,286	625,121	1025,164	2238,581	14,285	225142,400
	OS (2100)	1053,549	6642,591	52509,990	2132,21	44734,000	154763,143	625,121	1025,101	2904,805	15,476	257265,000
	AM (2025)	1053,549	2195,001	25234,640	2101,343	14782,060	89286,428	625,121	1010,261	959,873	8,928	132048,800
	AM (2050)	1053,549	3259,771	32717,230	2099,115	21952,670	83334,000	625,121	1009,190	1425,498	8,333	141348,200
	AM (2075)	1053,549	4332,718	39912,400	2097,717	29178,340	77381,571	625,121	1008,518	1894,698	7,738	150420,200

	AM (2100)	1053,549	5441,281	47172,850	2096,786	36643,870	71429,143	625,121	1008,070	2379,472	7,142	159817,700
	TG (2025)	1053,549	2063,510	24597,860	2101,576	13896,540	83334,000	625,121	1010,373	902,372	8,333	124500,800
	TG (2050)	1053,549	2915,817	31077,410	2101,372	19636,340	77381,571	625,121	1010,275	1275,087	7,738	131247,800
	TG (2075)	1053,549	3712,911	36976,720	2096,960	25004,300	71429,143	625,121	1008,154	1623,656	7,1429	137009,500
	TG (2100)	1053,549	4494,347	42692,370	2095,563	30266,820	65476,7144	625,121	1007,482	1965,378	6,547	142474,800
	2010	1204,056	1635,200	20802,830	2424,814	11012,120	108844,800	714,424	1165,776	715,073	10,884	143317,700
	GO (2025)	1204,056	2431,192	33178,900	2426,927	16372,670	122449,959	714,424	1166,792	1063,160	12,244	175107,100
	GO (2050)	1204,056	3520,095	47040,600	2429,324	23705,800	136055,510	714,424	1167,944	1539,338	13,605	210520,100
	GO (2075)	1204,056	4581,655	60669,990	2407,908	30854,790	149661,061	714,424	1157,648	2003,558	14,966	245488,900
	GO (2100)	1204,056	5653,278	74783,300	2407,958	38071,550	163266,612	714,424	1157,672	2472,178	16,326	281026,100
	OS (2025)	1204,056	2696,445	29740,230	2429,357	18158,990	136055,510	714,424	1167,960	1179,155	13,605	187209,400
	OS (2050)	1204,056	4224,107	39775,410	2433,400	28446,910	149661,061	714,424	1169,904	1847,202	14,966	221998,400
800m²	**OS (2075)**	1204,056	5850,395	49752,360	2434,332	39399,020	163266,612	714,424	1170,352	2558,378	16,326	257447,300
	OS (2100)	1204,056	7591,533	60197,120	2434,199	51124,570	176872,163	714,424	1170,288	3319,777	17,681	294201,500
	AM (2025)	1204,056	2508,572	28900,950	2401,585	16893,780	102041,632	714,424	1154,608	1096,999	10,204	150974,300
	AM (2050)	1204,056	3725,453	37482,260	2399,355	25088,760	95238,857	714,424	1153,536	1629,141	9,523	161632,100
	AM (2075)	1204,056	4951,678	45735,300	2397,940	33346,680	88436,081	714,424	1152,856	2165,369	8,843	172030,200
	AM (2100)	1204,056	6218,607	54063,940	2397,009	41878,710	81633,306	714,424	1152,408	2719,397	8,163	182801,200
	TG (2025)	1204,056	2358,297	28169,530	2401,801	15881,760	95238,857	714,424	1154,712	1031,283	9,523	142344,400
	TG (2050)	1204,056	3332,362	35598,550	2401,618	22441,530	88436,081	714,424	1154,624	1457,242	8,843	150079,100
	TG (2075)	1204,056	4243,326	42362,910	2397,192	28576,340	81633,306	714,424	1152,496	1855,607	8,163	156686,400
	TG (2100)	1204,056	5136,397	48916,930	2395,777	34590,650	74830,530	714,424	1151,816	2246,146	7,483	162954,500
	2010	1354,563	1839,600	23403,180	2726,7180	12388,640	122450,400	803,727	1310,922	804,4571	12,245	161231,800
	GO (2025)	1354,563	2735,091	37378,300	2728,871	18419,250	137756,204	803,727	1311,957	1196,055	13,775	197046,800
	GO (2050)	1354,563	3960,107	52996,020	2731,267	26669,020	153062,449	803,727	1313,109	1731,755	15,306	236909,500
	GO (2075)	1354,563	5154,362	68351,810	2708,185	34711,640	168368,694	803,727	1302,012	2254,003	16,836	276272,700
	GO (2100)	1354,563	6359,937	84252,220	2708,241	42830,490	183674,939	803,727	1302,039	2781,201	18,367	316275,100
	OS (2025)	1354,563	3033,500	33515,470	2731,285	20428,870	153062,449	803,727	1313,118	1326,55	15,306	210667,400

	OS (2050)	1354,563	4752,120	44837,750	2735,348	32002,770	168368,694	803,727	1315,071	2078,102	16,836	249837,500
900m²	**OS (2075)**	1354,563	6581,695	56096,620	2736,302	44323,900	183674,939	803,727	1315,53	2878,175	18,367	289752,200
	OS (2100)	1354,563	8540,474	67884,250	2736,153	57515,140	198981,184	803,727	1315,458	3734,749	19,898	331137,900
	AM (2025)	1354,563	2822,144	32567,260	2701,820	19005,500	114796,837	803,727	1298,952	1234,123	11,479	169899,800
	AM (2050)	1354,563	4191,134	42247,280	2699,574	28224,860	107143,714	803,727	1297,872	1832,783	10,714	181916,000
	AM (2075)	1354,563	5570,637	51558,200	2698,170	37515,010	99490,592	803,727	1297,197	2436,04	9,949	193640,300
	AM (2100)	1354,563	6995,933	60955,040	2697,234	47113,550	91837,469	803,727	1296,747	3059,322	9,183	205784,800
	TG (2025)	1354,563	2653,084	31741,190	2702,064	17866,980	107143,714	803,727	1299,069	1160,194	10,714	160187,900
	TG (2050)	1354,563	3748,908	40119,700	2701,839	25246,720	99490,592	803,727	1298,961	1639,397	9,949	168910,300
	TG (2075)	1354,563	4773,742	47749,100	2697,402	32148,390	91837,469	803,727	1296,828	2087,558	9,183	176363,400
	TG (2100)	1354,563	5778,446	55141,480	2695,998	38914,490	84184,347	803,727	1296,153	2526,915	8,418	183434,100
	2010	1505,070	2044,000	26003,540	3028,646	13765,150	136056,000	893,030	1456,080	893,8412	13,605	179145,900
	GO (2025)	1505,070	3038,990	41577,700	3030,789	20465,840	153062,449	893,030	1457,110	1328,950	15,306	218986,400
	GO (2050)	1505,070	4400,119	58951,440	3033,222	29632,250	170069,388	893,030	1458,280	1924,172	17,006	263299,000
	GO (2075)	1505,070	5727,069	76033,620	3008,450	38568,490	187076,32	893,030	1446,370	2504,447	18,707	307056,500
	GO (2100)	1505,070	7066,597	93721,130	3008,512	47589,430	204083,265	893,030	1446,400	3090,223	20,408	351523,900
	OS (2025)	1505,070	3370,556	37290,720	3033,222	22698,740	170069,388	893,030	1458,280	1473,944	17,006	234125,400
	OS (2050)	1505,070	5280,134	49900,090	3037,299	35558,640	187076,32	893,030	1460,240	2309,003	18,707	277676,600
1000m²	**OS (2075)**	1505,070	7312,994	62440,890	3038,256	49248,770	204083,265	893,030	1460,700	3197,972	20,408	322057,100
	OS (2100)	1505,070	9489,416	75571,380	3038,110	63905,710	221090,204	893,030	1460,630	4149,722	22,109	368074,400
	AM (2025)	1505,070	3135,715	36233,580	3002,043	21117,220	127552,041	893,030	1443,290	1371,248	12,755	188825,300
	AM (2050)	1505,070	4656,816	47012,300	2999,818	31360,950	119048,571	893,030	1442,220	2036,426	11,904	202199,900
	AM (2075)	1505,070	6189,597	57381,100	2998,403	41683,350	110545,102	893,030	1441,540	2706,711	11,054	215250,300
	AM (2100)	1505,070	7773,259	67846,130	2998,507	52348,390	102041,632	893,030	1441,590	3399,246	10,204	228768,900
	TG (2025)	1505,070	2947,871	35312,860	3002,293	19852,200	119048,571	893,030	1443,410	1289,104	11,904	178031,400
	TG (2050)	1505,070	4165,453	44640,850	3002,085	28051,910	110545,102	893,030	1443,310	1821,553	11,054	187741,500
	TG (2075)	1505,070	5304,158	53135,290	2997,634	35720,430	102041,632	893,030	1441,170	2319,508	10,204	196040,300
	TG (2100)	1505,070	6420,496	61366,040	2996,219	43238,320	93538,1634	893,030	1440,490	2807,683	9,353	203913,700

	2010	1655,577	2248,400	28603,890	3330,550	15141,670	149661,600	982,333	1601,226	983,225	14,966	197059,9
	GO (2025)	1655,577	3342,889	45777,100	3332,724	22512,420	168368,694	982,333	1602,271	1461,84	16,836	240926,1
	GO (2050)	1655,577	4840,131	64906,860	3335,126	32595,470	187076,326	982,333	1603,426	2116,581	18,707	289688,4
	GO (2075)	1655,577	6299,776	83715,440	3308,700	42425,340	205783,959	982,333	1590,721	2754,892	20,578	337840,3
	GO (2100)	1655,577	7773,257	103190,000	3308,768	52348,380	224491,592	982,333	1590,754	3399,245	22,449	386772,8
	OS (2025)	1655,577	3707,612	41065,960	3335,149	24968,610	187076,326	982,333	1603,437	1621,339	18,707	257583,400
	OS (2050)	1655,577	5808,147	54962,430	3339,244	39114,500	205783,959	982,333	1605,406	2539,903	20,578	305515,600
1100m²	**OS (2075)**	1655,577	8044,293	68785,160	3340,205	54173,650	224491,592	982,333	1605,868	3517,770	22,449	354362,100
	OS (2100)	1655,577	10438,360	83258,510	3340,068	70296,280	243199,225	982,333	1605,802	4564,694	24,319	405010,900
	AM (2025)	1655,577	3449,287	39899,890	3302,293	23228,940	140307,245	982,333	1587,641	1508,373	14,0307	207750,900
	AM (2050)	1655,577	5122,498	51777,320	3300,051	34497,050	130953,428	982,333	1586,563	2240,068	13,095	222483,900
	AM (2075)	1655,577	6808,557	63203,990	3298,632	45851,680	121599,612	982,333	1585,881	2977,382	12,1599	236860,300
	AM (2100)	1655,577	8550,585	74737,230	3297,672	57583,230	112245,796	982,333	1585,419	3739,171	11,224	251751,900
	TG (2025)	1655,577	3242,659	38884,530	3302,545	21837,420	130953,428	982,333	1587,762	1418,015	13,095	195875,000
	TG (2050)	1655,577	4581,998	49161,990	3302,339	30857,100	121599,612	982,333	1587,663	2003,708	12,1599	206572,800
	TG (2075)	1655,577	5834,574	58521,480	3297,877	39292,470	112245,796	982,333	1585,518	2551,459	11,224	215717,200
	TG (2100)	1655,577	7062,546	67590,590	3296,459	47562,150	102891,979	982,333	1584,836	3088,451	10,289	224393,400
	2010	1655,577	2248,400	28603,890	3329,772	15141,670	149661,600	982,333	1600,852	983,225	14,966	197059,500
	GO (2025)	1655,577	3342,889	45777,100	3331,740	22512,420	168368,694	982,333	1601,798	1461,845	16,836	240925,600
	GO (2050)	1655,577	4840,131	64906,860	3333,959	32595,470	187076,326	982,333	1602,865	2116,589	18,707	289687,800
	GO (2075)	1655,577	6299,776	83715,440	3308,196	42425,340	205783,959	982,333	1590,479	2754,892	20,578	337840,000
	GO (2100)	1655,577	7773,257	103190,000	3308,265	52348,380	224491,592	982,333	1590,512	3399,245	22,443	386772,600
	OS (2025)	1655,577	3707,612	41065,960	3333,982	24968,610	187076,326	982,333	1602,876	1621,339	18,707	257582,800
	OS (2050)	1655,577	5808,147	54962,430	3337,757	39114,500	205783,959	982,333	1604,691	2539,903	20,578	305514,900
1200m²	**OS (2075)**	1655,577	8044,293	68785,160	3338,627	54173,650	224491,592	982,333	1605,109	3517,770	22,449	354361,200
	OS (2100)	1655,577	10438,36	83258,510	3338,512	70296,280	243199,225	982,333	1605,054	4564,694	24,319	405010,100
	AM (2025)	1655,577	3449,287	39899,890	3302,316	23228,940	140307,245	982,333	1587,652	1508,373	14,030	207750,900
	AM (2050)	1655,577	5122,498	51777,320	3300,257	34497,050	130953,428	982,333	1586,662	2240,068	13,095	222484,000

AM (2075)	1655,577	6808,557	63203,990	3298,953	45851,680	121599,612	982,333	1586,035	2977,382	12,1599	236860,500
AM (2100)	1655,577	8550,585	74737,230	3298,083	57583,230	112245,796	982,333	1585,617	3739,171	11,224	251752,200
TG (2025)	1655,577	3242,659	38884,530	3302,545	21837,420	130953,428	982,333	1587,762	1418,015	13,095	195875,000
TG (2050)	1655,577	4581,998	49161,990	3302,362	30857,100	121599,612	982,333	1587,674	2003,708	12,159	206572,800
TG (2075)	1655,577	5834,574	58521,480	3298,266	39292,470	112245,796	982,333	1585,705	2551,459	11,224	215717,400
TG (2100)	1655,577	7062,546	67590,590	3296,962	47562,150	102891,979	982,333	1585,078	3088,451	10,289	224393,700

APÊNDICE C
Tabela – Componentes da Matéria Orgânica

Cenários	Componentes	DQO (mg)	DBO (mg)	ΔDBO (mg)	DBO total (mg)	Valor IPTU (R$)
2010	Escoamento	19479141,20	3064796,80	-		
	Lixiviado	212246596,40	136055510,50	-		
	Esgoto Sanitário	25921394,80	13765154,48	-	152885461,80	800,00
G.O. (2025)	Escoamento	19540534,88	3074456,32	9659,52		
	Lixiviado	238777420,90	153062449,30	17006938,81		
	Esgoto Sanitário	38539559,48	20465835,04	6700680,56	176602740,70	924,10
G.O. (2050)	Escoamento	19607586,72	3085006,08	20209,28		
	Lixiviado	265308245,50	170069388,10	34013877,63		
	Esgoto Sanitário	55800986,59	29632248,05	15867093,57	202786642,30	1061,12
G.O. (2075)	Escoamento	19246204,80	3028147,20	-36649,60		
	Lixiviado	291839070,00	187076326,90	51020816,44		
	Esgoto Sanitário	72628970,94	38568488,01	24803333,53	228672962,20	1196,57
G.O. (2100)	Escoamento	19247791,20	3028396,80	-36400		
	Lixiviado	318369894,60	204083265,80	68027755,25		
	Esgoto Sanitário	89616464,44	47589432,84	33824278,36	254701095,40	1332,77
O.S. (2025)	Escoamento	19608393,14	3085132,96	20336,16		
	Lixiviado	265308245,50	170069388,10	34013877,63		
	Esgoto Sanitário	42744380,03	22698739,74	8933585,258	195853260,80	1024,84
O.S. (2050)	Escoamento	19718766,92	3102498,88	37702,08		
	Lixiviado	291839070	187076326,90	51020816,44		
	Esgoto Sanitário	66961072,81	35558638,67	21793484,19	225737464,50	1181,21
O.S. (2075)	Escoamento	19743898,14	3106452,96	41656,16		
	Lixiviado	318369894,60	204083265,80	68027755,25		
	Esgoto Sanitário	92741196,01	49248773,05	35483618,57	256438491,80	1341,86
O.S. (2100)	Escoamento	19740117,22	3105858,08	41061,28		
	Lixiviado	344900719,10	221090204,60	85034694,07		
	Esgoto Sanitário	120341926,90	63905712,90	50140558,42	288101775,60	1507,54
A.M. (2025)	Escoamento	19070907,60	3000566,40	-64230,40		
	Lixiviado	198981184,10	127552041,10	-8503469,41		
	Esgoto Sanitário	21117221,81	21117221,81	7352067,33	151669829,30	750,73
A.M. (2050)	Escoamento	19006394	2990416,00	-74380,80		
	Lixiviado	185715771,80	119048571,70	-17006938,81		
	Esgoto Sanitário	59056343,47	31360954,81	17595800,33	153399942,50	802,69
A.M. (2075)	Escoamento	18965147,60	2983926,40	-80870,40		
	Lixiviado	172450359,60	110545102,30	-25510408,22		
	Esgoto Sanitário	78494612,27	41683345,83	27918191,35	155212374,50	812,18

Cenários	Componentes	DQO (mg)	DBO (mg)	ΔDBO (mg)	DBO total (mg)	Valor IPTU (R$)
A.M. (2100)	Escoamento	18937385,60	2979558,40	-85238,40		
	Lixiviado	159184947,30	102041632,90	-34013877,63		
	Esgoto	98578138,66	52348390,87	38583236,39	157369582,20	823,46
T.G. (2025)	Escoamento	19077517,60	3001606,40	-63190,40		
	Lixiviado	185715771,80	119048571,70	-17006938,81		
	Esgoto	37384020,73	19852204,11	6087049,63	141902382,20	742,53
T.G. (2050)	Escoamento	19071700,80	3000691,20	-64105,60		
	Lixiviado	172450359,60	110545102,30	-25510408,22		
	Esgoto	52825025,31	28051909,99	14286755,51	141597703,50	740,93
T.G. (2075)	Escoamento	18942541,40	2980369,60	-84427,20		
	Lixiviado	159184947,30	102041632,90	-34013877,63		
	Esgoto	67265741,78	35720428,39	21955273,91	140742430,90	736,46
T.G. (2100)	Escoamento	18887017,40	2971633,60	-93163,20		
	Lixiviado	1459195350	93538163,47	-42517347,03		
	Esgoto	81422804,12	43238316,67	29473162,19	139748113,70	731,26

APÊNDICE D

IPTU (R$) Pesos (Smax, Qmax, MO) do Global Orchestration (200m²)

	2010	2025	2050	2075	2100
0,33Smax 0,33Qmax 0,33MO	800,00	873,22	962,14	768,09	814,05
0,8Smax 0,1Qmax 0,1MO	800,00	908,25	1025,99	471,13	487,18
0,1Smax 0,8Qmax 0,1MO	800,00	826,37	855,25	786,063	800,03
0,1Smax 0,1Qmax 0,8MO	800,00	911,48	1034,34	1070,35	1179,62
0,75Smax 0,1Qmax 0,2MO	800,00	908,71	1027,18	556,73	586,10
0,7Smax 0,2Qmax 0,1MO	800,00	896,55	1001,60	516,12	531,87
0,6Smax 0,1Qmax 0,3MO	800,00	909,17	1028,37	642,33	685,02
0,6Smax 0,3Qmax 0,1MO	800,00	884,85	977,21	561,11	576,56
0,6Smax 0,2Qmax 0,2MO	800,00	897,01	1002,79	601,72	630,79
0,55Smax 0,1Qmax 0,4MO	800,00	909,63	1029,57	727,94	783,94
0,5Smax 0,4Qmax 0,1MO	800,00	873,16	952,82	623,13	621,26
0,5Smax 0,2Qmax 0,3MO	800,00	897,47	1003,98	687,32	729,71
0,5Smax 0,3Qmax 0,2MO	800,00	885,31	978,40	646,71	675,48
0,4Smax 0,1Qmax 0,5MO	800,00	910,09	1030,76	813,54	882,86
0,4Smax 0,5Qmax 0,1MO	800,00	861,46	928,42	651,09	665,95
0,4Smax 0,2Qmax 0,4MO	800,00	897,93	1005,18	772,93	828,63
0,4Smax 0,4Qmax 0,2MO	800,00	873,62	954,01	691,70	720,18
0,4Smax 0,3Qmax 0,3MO	800,00	966,03	979,59	732,31	774,40
0,3Smax 0,1Qmax 0,6MO	800,00	910,50	1031,95	899,14	981,78
0,3Smax 0,6Qmax 0,1MO	800,00	849,76	904,03	696,08	710,64
0,3Smax 0,2Qmax 0,5MO	800,00	898,40	1006,37	858,53	927,55
0,3Smax 0,5Qmax 0,2MO	800,00	861,92	929,62	736,69	764,87
0,3Smax 0,3Qmax 0,4MO	800,00	886,24	980,78	817,92	873,32
0,3Smax 0,4Qmax 0,3MO	800,00	874,08	955,20	657,65	819,10
0,2Smax 0,1Qmax 0,7MO	800,00	911,02	1033,14	984,75	1080,70
0,2Smax 0,7Qmax 0,1MO	800,00	838,071	879,64	741,07	755,34
0,2Smax 0,6Qmax 0,2MO	800,00	850,22	905,23	781,68	809,56
0,2Smax 0,2Qmax 0,6MO	800,00	898,86	1007,56	944,13	1026,47
0,2Smax 0,3Qmax 0,5MO	800,00	886,70	981,98	903,52	972,24
0,2Smax 0,5Qmax 0,3MO	800,00	862,38	930,81	822,29	863,79
0,2Smax 0,4Qmax 0,4MO	800,00	874,54	956,39	862,91	918,02
0,1Smax 0,2Qmax 0,7MO	800,00	899,32	1008,75	1029,74	1125,30
0,1Smax 0,7Qmax 0,2MO	800,00	838,53	880,83	826,67	854,26
0,1Smax 0,3Qmax 0,6MO	800,00	887,16	983,17	989,12	1071,16
0,1Smax 0,6Qmax 0,3MO	800,00	850,69	906,42	867,28	908,48
0,1Smax 0,4Qmax 0,5MO	800,00	875,00	957,58	948,51	1016,94
0,1Smax 0,5Qmax 0,4MO	800,00	862,85	932,00	907,90	962,714

APÊNDICE E

IPTU (R$) Pesos (Smax, Qmax, MO) do Order from Strength (200m²)

	2010	2025	2050	2075	2100
0,33Smax 0,33Qmax 0,33MO	800,00	950,69	1073,67	1142,84	1195,09
0,8Smax 0,1Qmax 0,1MO	800,00	1023,61	1209,1	1263,62	1274,40
0,1Smax 0,8Qmax 0,1MO	800,00	851,80	892,243	913,926	929,652
0,1Smax 0,1Qmax 0,8MO	800,00	1005,47	1152,20	1285,61	1417,42
0,75Smax 0,1Qmax 0,2MO	800,00	1021,02	1200,98	1266,77	1294,84
0,7Smax 0,2Qmax 0,1MO	800,00	999,07	1163,84	1213,67	1225,15
0,6Smax 0,1Qmax 0,3MO	800,00	1018,43	1192,85	1269,91	1315,27
0,6Smax 0,3Qmax 0,1MO	800,00	974,52	1118,58	1163,71	1175,90
0,6Smax 0,2Qmax 0,2MO	800,00	996,48	1155,71	1216,81	1245,59
0,55Smax 0,1Qmax 0,4MO	800,00	1015,84	1184,72	1273,05	1335,70
0,5Smax 0,4Qmax 0,1MO	800,00	949,98	1073,31	1179,28	1126,65
0,5Smax 0,2Qmax 0,3MO	800,00	993,89	1147,58	1219,95	1266,02
0,5Smax 0,3Qmax 0,2MO	800,00	971,93	1110,45	1166,85	1196,34
0,4Smax 0,1Qmax 0,5MO	800,00	1013,25	1176,59	1276,19	1356,13
0,4Smax 0,5Qmax 0,1MO	800,00	925,44	1028,04	1063,80	1077,40
0,4Smax 0,2Qmax 0,4MO	800,00	991,30	1139,45	1223,09	1286,45
0,4Smax 0,4Qmax 0,2MO	800,00	947,39	1065,18	1116,90	1147,08
0,4Smax 0,3Qmax 0,3MO	800,00	1049,87	1102,32	1170,00	1216,77
0,3Smax 0,1Qmax 0,6MO	800,00	1010,66	1168,46	1279,34	1376,56
0,3Smax 0,6Qmax 0,1MO	800,00	900,89	982,78	1013,84	1028,15
0,3Smax 0,2Qmax 0,5MO	800,00	988,70	1131,33	1226,24	1306,88
0,3Smax 0,5Qmax 0,2MO	800,00	922,85	1019,91	1066,94	1097,83
0,3Smax 0,3Qmax 0,4MO	800,00	966,75	1094,19	1173,14	1237,20
0,3Smax 0,4Qmax 0,3MO	800,00	944,80	1057,05	985,85	1167,52
0,2Smax 0,1Qmax 0,7MO	800,00	1008,07	1160,33	1282,48	1397,00
0,2Smax 0,7Qmax 0,1MO	800,00	876,35	937,51	963,88	978,90
0,2Smax 0,6Qmax 0,2MO	800,00	898,30	974,65	1016,98	1048,58
0,2Smax 0,2Qmax 0,6MO	800,00	986,11	1123,20	1229,38	1327,31
0,2Smax 0,3Qmax 0,5MO	800,00	964,16	1086,06	1176,28	1257,63
0,2Smax 0,5Qmax 0,3MO	800,00	920,26	1011,78	1070,08	1118,27
0,2Smax 0,4Qmax 0,4MO	800,00	942,21	1048,92	1123,18	1187,95
0,1Smax 0,2Qmax 0,7MO	800,00	983,52	1115,07	1232,52	1347,75
0,1Smax 0,7Qmax 0,2MO	800,00	873,76	929,38	967,03	999,33
0,1Smax 0,3Qmax 0,6MO	800,00	961,57	1077,93	1179,42	1278,06
0,1Smax 0,6Qmax 0,3MO	800,00	895,71	966,52	1020,12	1069,02
0,1Smax 0,4Qmax 0,5MO	800,00	939,62	1040,79	1126,32	1208,38
0,1Smax 0,5Qmax 0,4MO	800,00	917,66	1003,65	1073,22	1138,70

APÊNDICE F

IPTU (R$) Pesos (Smax, Qmax, MO) do Adapting Mosaic (200m²)

	2010	2025	2050	2075	2100
0,33Smax 0,33Qmax 0,33MO	800,00	506,20	522,48	525,05	528,40
0,8Smax 0,1Qmax 0,1MO	800,00	153,39	158,32	159,10	160,12
0,1Smax 0,8Qmax 0,1MO	800,00	701,65	704,74	704,32	704,54
0,1Smax 0,1Qmax 0,8MO	800,00	678,90	704,74	727,62	736,54
0,75Smax 0,1Qmax 0,2MO	800,00	228,47	238,60	240,32	242,47
0,7Smax 0,2Qmax 0,1MO	800,00	231,72	236,39	237,00	237,90
0,6Smax 0,1Qmax 0,3MO	800,00	303,54	318,87	321,54	324,81
0,6Smax 0,3Qmax 0,1MO	800,00	310,04	314,45	314,88	315,67
0,6Smax 0,2Qmax 0,2MO	800,00	306,79	316,66	318,21	320,24
0,55Smax 0,1Qmax 0,4MO	800,00	378,62	399,14	402,76	407,16
0,5Smax 0,4Qmax 0,1MO	800,00	388,37	392,51	392,77	393,45
0,5Smax 0,2Qmax 0,3MO	800,00	381,87	396,93	399,43	402,59
0,5Smax 0,3Qmax 0,2MO	800,00	385,12	394,72	396,10	398,02
0,4Smax 0,1Qmax 0,5MO	800,00	453,69	479,41	483,98	489,51
0,4Smax 0,5Qmax 0,1MO	800,00	466,69	470,56	470,66	471,22
0,4Smax 0,2Qmax 0,4MO	800,00	456,94	477,19	480,65	484,94
0,4Smax 0,4Qmax 0,2MO	800,00	463,44	472,77	473,99	475,79
0,4Smax 0,3Qmax 0,3MO	800,00	538,51	474,98	477,32	480,36
0,3Smax 0,1Qmax 0,6MO	800,00	528,76	559,67	565,19	571,85
0,3Smax 0,6Qmax 0,1MO	800,00	545,01	548,62	548,55	549,00
0,3Smax 0,2Qmax 0,5MO	800,00	532,01	557,46	561,87	567,28
0,3Smax 0,5Qmax 0,2MO	800,00	541,76	550,83	551,88	553,57
0,3Smax 0,3Qmax 0,4MO	800,00	535,26	555,25	558,54	562,71
0,3Smax 0,4Qmax 0,3MO	800,00	538,51	553,04	473,99	558,14
0,2Smax 0,1Qmax 0,7MO	800,00	603,84	639,94	646,41	654,20
0,2Smax 0,7Qmax 0,1MO	800,00	623,33	626,68	626,44	626,77
0,2Smax 0,6Qmax 0,2MO	800,00	620,08	628,89	629,77	631,34
0,2Smax 0,2Qmax 0,6MO	800,00	607,09	637,73	643,08	649,63
0,2Smax 0,3Qmax 0,5MO	800,00	610,34	635,52	639,75	645,06
0,2Smax 0,5Qmax 0,3MO	800,00	616,83	631,10	633,10	635,91
0,2Smax 0,4Qmax 0,4MO	800,00	613,58	633,31	636,43	640,49
0,1Smax 0,2Qmax 0,7MO	800,00	682,16	718,00	724,30	731,97
0,1Smax 0,7Qmax 0,2MO	800,00	698,41	706,95	707,66	709,12
0,1Smax 0,3Qmax 0,6MO	800,00	685,41	715,79	720,97	727,40
0,1Smax 0,6Qmax 0,3MO	800,00	695,16	709,16	710,99	713,69
0,1Smax 0,4Qmax 0,5MO	800,00	688,66	713,58	717,64	722,83
0,1Smax 0,5Qmax 0,4MO	800,00	691,91	711,37	714,32	718,26

APÊNDICE G

IPTU (R$) Pesos (Smax, Qmax, MO) do TechnoGarden (200m²)

	2010	2025	2050	2075	2100
0,33Smax 0,33Qmax 0,33MO	800,00	504,02	502,98	499,76	497,47
0,8Smax 0,1Qmax 0,1MO	800,00	153,64	152,42	151,44	150,77
0,1Smax 0,8Qmax 0,1MO	800,00	701,19	700,70	696,02	694,10
0,1Smax 0,1Qmax 0,8MO	800,00	672,50	671,07	666,96	662,62
0,75Smax 0,1Qmax 0,2MO	800,00	227,77	226,51	225,09	223,87
0,7Smax 0,2Qmax 0,1MO	800,00	231,86	230,75	229,24	228,37
0,6Smax 0,1Qmax 0,3MO	800,00	301,89	300,61	298,73	297,00
0,6Smax 0,3Qmax 0,1MO	800,00	310,09	309,07	307,04	305,99
0,6Smax 0,2Qmax 0,2MO	800,00	305,99	304,84	302,89	301,50
0,55Smax 0,1Qmax 0,4MO	800,00	376,01	374,70	372,38	370,13
0,5Smax 0,4Qmax 0,1MO	800,00	388,31	387,40	384,83	383,62
0,5Smax 0,2Qmax 0,3MO	800,00	380,11	378,93	376,53	374,62
0,5Smax 0,3Qmax 0,2MO	800,00	384,21	383,17	380,68	379,12
0,4Smax 0,1Qmax 0,5MO	800,00	450,14	448,79	446,03	443,25
0,4Smax 0,5Qmax 0,1MO	800,00	466,53	465,73	462,63	461,24
0,4Smax 0,2Qmax 0,4MO	800,00	454,23	453,03	450,18	447,75
0,4Smax 0,4Qmax 0,2MO	800,00	462,43	461,49	458,48	456,74
0,4Smax 0,3Qmax 0,3MO	800,00	536,68	457,26	454,33	452,25
0,3Smax 0,1Qmax 0,6MO	800,00	524,26	522,89	519,67	516,38
0,3Smax 0,6Qmax 0,1MO	800,00	544,75	544,06	540,43	538,86
0,3Smax 0,2Qmax 0,5MO	800,00	528,36	527,12	523,82	520,87
0,3Smax 0,5Qmax 0,2MO	800,00	540,65	539,82	536,28	534,37
0,3Smax 0,3Qmax 0,4MO	800,00	532,45	531,35	527,97	525,37
0,3Smax 0,4Qmax 0,3MO	800,00	536,55	535,59	458,48	529,87
0,2Smax 0,1Qmax 0,7MO	800,00	598,38	596,98	593,32	589,50
0,2Smax 0,7Qmax 0,1MO	800,00	622,97	622,38	618,22	616,49
0,2Smax 0,6Qmax 0,2MO	800,00	618,87	618,15	614,07	611,99
0,2Smax 0,2Qmax 0,6MO	800,00	602,48	601,21	597,47	594,00
0,2Smax 0,3Qmax 0,5MO	800,00	606,58	605,45	601,62	598,50
0,2Smax 0,5Qmax 0,3MO	800,00	614,77	613,92	609,92	607,49
0,2Smax 0,4Qmax 0,4MO	800,00	610,68	609,68	605,77	602,99
0,1Smax 0,2Qmax 0,7MO	800,00	676,60	675,31	671,12	667,13
0,1Smax 0,7Qmax 0,2MO	800,00	697,09	696,48	691,87	689,61
0,1Smax 0,3Qmax 0,6MO	800,00	680,70	679,54	675,27	671,62
0,1Smax 0,6Qmax 0,3MO	800,00	692,99	692,24	687,72	685,11
0,1Smax 0,4Qmax 0,5MO	800,00	684,80	683,78	679,42	676,12
0,1Smax 0,5Qmax 0,4MO	800,00	688,90	688,01	683,57	680,62

APÊNDICE H

IPTU(R$) Pesos (Smax, Qmax, PH, MO) do Global Orchestration (200m²)

	2010	2025	2050	2075	2100
0,25Smax 0,25Qmax 0,25PH 0,25MO	800,00	2761,23	3706,61	4422,80	5351,17
0,7Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1656,18	2112,16	1973,44	2346,61
0,6Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1644,49	2087,77	2018,43	2391,30
0,6Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2404,11	3198,32	3475,75	4206,04
0,6Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1656,64	2113,35	2059,05	2445,53
0,5Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1632,79	2063,38	2063,42	2436,00
0,5Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2392,42	3173,93	3520,74	4250,73
0,5Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1644,95	2088,96	2104,04	2490,22
0,5Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2404,58	3199,52	3561,35	4304,96
0,5Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	3152,04	4284,49	4978,06	6065,46
0,5Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1657,11	2114,54	2144,65	2544,45
0,4Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1621,09	2038,99	2108,41	2480,69
0,4Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2380,72	3149,54	3565,73	4295,42
0,4Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1633,25	2064,57	2149,03	2534,91
0,4Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2392,88	3175,12	3606,34	4349,65
0,4Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	3140,35	4260,10	5023,05	6110,15
0,4Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1645,41	2090,15	2189,64	2589,14
0,4Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	3152,51	4285,68	5063,66	6164,38
0,4Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	2405,04	3200,71	3646,96	4403,87
0,4Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3899,98	5370,65	6480,37	7924,89
0,4Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1657,57	2115,74	2230,25	2643,37
0,3Smax 0,5Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1701,81	2120,71	2273,06	2658,66
0,3Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2449,28	3205,68	3689,77	4419,16
0,3Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1621,55	2040,18	2194,02	2579,61
0,3Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2369,02	3125,15	3610,72	4340,11
0,3Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2381,18	3150,73	3651,33	4394,34
0,3Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	3128,65	4235,71	5068,04	6154,85
0,3Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1633,71	2065,76	2234,63	2633,83
0,3Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3888,28	5346,26	6525,36	7969,58
0,3Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1645,87	2091,34	2275,24	2688,06
0,3Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	2393,34	3176,32	3691,95	4448,57
0,3Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	3140,81	4261,29	5108,65	6209,07
0,3Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	4647,91	6456,82	7982,68	9784,31
0,3Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1658,03	2116,93	2315,85	2742,29
0,3Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	2405,50	3201,90	3732,56	4502,79
0,3Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3900,44	5371,85	6565,97	8023,81
0,3Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	3152,97	4286,87	5149,27	6263,30
0,2Smax 0,6Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1597,70	1990,20	2198,39	2570,07
0,2Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2357,33	3100,76	3655,71	4384,81
0,2Smax 0,5Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1609,86	2015,79	2239,01	2624,30

0,2Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2369,49	3126,34	3696,32	4439,03
0,2Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1622,02	2041,37	2279,62	2678,53
0,2Smax 0,4Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	3116,96	4211,31	5113,03	6199,54
0,2Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	2381,64	3151,93	3736,94	4493,26
0,2Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	3129,11	4236,90	5153,64	6253,77
0,2Smax 0,3Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3876,58	5321,87	6570,35	8014,27
0,2Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1634,17	2066,95	2320,23	2732,75
0,2Smax 0,2Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	4636,21	6432,43	8027,67	9829,01
0,2Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1646,33	2092,54	2360,84	2786,98
0,2Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	2393,80	3177,51	3777,55	4547,49
0,2Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3888,74	5347,45	6610,96	8068,50
0,2Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	3141,27	4262,48	5194,26	6307,99
0,2Smax 0,1Qmax 0,6PH 0,1MO	800,00	5395,84	7542,98	9484,99	11643,74
0,2Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,6MO	800,00	1658,49	2118,12	2401,46	2841,21
0,2Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,2MO	800,00	4648,37	6458,01	8068,28	9883,23
0,2Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,5MO	800,00	2405,96	3203,09	3818,16	4601,71
0,2Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,3MO	800,00	3900,90	5373,04	6651,58	8122,73
0,2Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,4MO	800,00	3153,43	4288,07	5234,87	6362,22
0,1Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2357,79	3101,95	3741,31	4483,73
0,1Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	2369,95	3127,53	3781,93	4537,95
0,1Smax 0,4Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	3117,42	4212,51	5198,63	6298,46
0,1Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1622,48	2042,56	2365,22	2777,45
0,1Smax 0,4Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3864,89	5297,48	6615,34	8058,97
0,1Smax 0,3Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3877,05	5323,06	6655,95	8113,19
0,1Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	2382,11	3153,12	3822,54	4592,18
0,1Smax 0,3Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	4624,51	6408,04	8072,66	9873,70
0,1Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1634,64	2068,15	2405,83	2831,67
0,1Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	3129,58	4238,09	5239,25	6352,69
0,1Smax 0,2Qmax 0,6PH 0,1MO	800,00	5384,14	7518,59	9529,98	11688,43
0,1Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,6MO	800,00	1646,80	2093,73	2446,45	2885,90
0,1Smax 0,2Qmax 0,5PH 0,2MO	800,00	4636,67	6433,62	8113,27	9927,93
0,1Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,5MO	800,00	2394,26	3178,70	3863,15	4646,41
0,1Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,3MO	800,00	3889,20	5348,65	6696,57	8167,42
0,1Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,4MO	800,00	3141,73	4263,67	5279,86	6406,91
0,1Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,4MO	800,00	3901,36	5374,23	6737,18	8221,65
0,1Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,5MO	800,00	3153,89	4289,26	5320,47	6461,14
0,1Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,3MO	800,00	4648,83	6459,20	8153,88	9982,15
0,1Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,6MO	800,00	2406,42	3204,29	3903,77	4700,63
0,1Smax 0,1Qmax 0,6PH 0,6MO	800,00	5396,30	7544,17	9570,59	11742,66
0,1Smax 0,1Qmax 0,7PH 0,1MO	800,00	6143,77	8629,15	10987,30	13503,17
0,1Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,7MO	800,00	1658,95	2119,31	2487,06	2940,13
0,1Smax 0,7Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1586,00	1965,81	2243,38	2614,77
0,1Smax 0,6Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2345,63	3076,37	3700,70	4429,50
0,1Smax 0,6Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1598,16	1991,39	2284,00	2668,99

APÊNDICE I

IPTU(R$) Pesos (Smax, Qmax, PH, MO) do Order from Strength (200m²)

	2010	2025	2050	2075	2100
0,25Smax 0,25Qmax 0,25PH 0,25MO	800,00	2607,85	3344,56	4037,93	4748,94
0,7Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1673,59	2095,33	2401,44	2681,51
0,6Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1649,04	2050,06	2351,48	2632,26
0,6Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2323,56	2981,54	3539,24	4088,61
0,6Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1671,00	2087,20	2404,58	2701,94
0,5Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1624,50	2004,79	2301,52	2583,01
0,5Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2299,02	2936,28	3489,29	4039,36
0,5Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1646,45	2041,93	2354,62	2652,69
0,5Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2320,97	2973,41	3542,39	4109,04
0,5Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2973,53	3867,76	4677,05	5495,71
0,5Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1668,40	2079,07	2407,72	2722,37
0,4Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1599,96	1959,53	2251,56	2533,76
0,4Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2274,47	2891,01	3439,33	3990,11
0,4Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1621,91	1996,66	2304,66	2603,44
0,4Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2296,43	2928,15	3492,43	4059,79
0,4Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2948,99	3822,49	4627,10	5446,46
0,4Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1643,86	2033,80	2357,76	2673,12
0,4Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2970,94	3859,63	4680,20	5516,15
0,4Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	2318,38	2965,29	3545,53	4129,48
0,4Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3623,51	4753,98	5814,86	6902,82
0,4Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1665,81	2070,94	2410,86	2742,80
0,3Smax 0,5Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1677,90	2032,38	2335,79	2635,26
0,3Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2330,46	2926,73	3470,46	4021,93
0,3Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1597,36	1951,40	2254,71	2554,19
0,3Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2249,93	2845,74	3389,37	3940,86
0,3Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2271,88	2882,88	3442,47	4010,54
0,3Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2924,45	3777,23	4577,14	5397,21
0,3Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1619,32	1988,53	2307,80	2623,87
0,3Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3598,96	4708,71	5764,91	6853,57
0,3Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1641,27	2025,67	2360,90	2693,55
0,3Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	2293,83	2920,02	3495,57	4080,23
0,3Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2946,40	3814,37	4630,24	5466,90
0,3Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	4273,48	5640,20	6952,67	8309,92
0,3Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1663,22	2062,81	2414,00	2763,24
0,3Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	2315,79	2957,16	3548,67	4149,91
0,3Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3620,92	4745,85	5818,00	6923,25
0,3Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	2968,35	3851,50	4683,34	5536,58
0,2Smax 0,6Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1550,87	1868,99	2151,65	2435,26
0,2Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2225,39	2800,48	3339,42	3891,61
0,2Smax 0,5Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1572,82	1906,13	2204,75	2504,94
0,2Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2247,34	2837,62	3392,51	3961,29

0,2Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1594,77	1943,27	2257,85	2574,62
0,2Smax 0,4Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2899,90	3731,96	4527,18	5347,96
0,2Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	2269,29	2874,75	3445,61	4030,98
0,2Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2921,86	3769,10	4580,28	5417,65
0,2Smax 0,3Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3574,42	4663,45	5714,95	6804,32
0,2Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1616,73	1980,41	2310,95	2644,30
0,2Smax 0,2Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	4248,94	5594,93	6902,72	8260,67
0,2Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1638,68	2017,54	2364,05	2713,99
0,2Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	2291,24	2911,89	3498,71	4100,66
0,2Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3596,37	4700,58	5768,05	6874,00
0,2Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	2943,81	3806,24	4633,38	5487,33
0,2Smax 0,1Qmax 0,6PH 0,1MO	800,00	4923,46	6526,41	8090,48	9717,03
0,2Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,6MO	800,00	1660,63	2054,68	2417,14	2783,67
0,2Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,2MO	800,00	4270,89	5632,07	6955,81	8330,35
0,2Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,5MO	800,00	2313,20	2949,03	3551,81	4170,34
0,2Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,3MO	800,00	3618,33	4737,72	5821,15	6943,68
0,2Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,4MO	800,00	2965,76	3843,37	4686,48	5557,01
0,1Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2222,79	2792,35	3342,56	3912,04
0,1Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	2244,75	2829,49	3395,66	3981,72
0,1Smax 0,4Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2897,31	3723,83	4530,32	5368,40
0,1Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1592,18	1935,14	2260,99	2595,05
0,1Smax 0,4Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3549,88	4618,18	5664,99	6755,07
0,1Smax 0,3Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3571,83	4655,32	5718,09	6824,75
0,1Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	2266,70	2866,62	3448,76	4051,41
0,1Smax 0,3Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	4224,39	5549,66	6852,76	8211,42
0,1Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1614,13	1972,28	2314,09	2664,74
0,1Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	2919,26	3760,97	4583,42	5438,08
0,1Smax 0,2Qmax 0,6PH 0,1MO	800,00	4898,91	6481,15	8040,52	9667,78
0,1Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,6MO	800,00	1636,09	2009,41	2367,19	2734,42
0,1Smax 0,2Qmax 0,5PH 0,2MO	800,00	4246,35	5586,80	6905,86	8281,10
0,1Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,5MO	800,00	2288,65	2903,76	3501,85	4121,09
0,1Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,3MO	800,00	3593,78	4692,45	5771,19	6894,43
0,1Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,4MO	800,00	2941,22	3798,11	4636,52	5507,76
0,1Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,4MO	800,00	3615,74	4729,59	5824,29	6964,12
0,1Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,5MO	800,00	2963,17	3835,24	4689,62	5577,44
0,1Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,3MO	800,00	4268,30	5623,94	6958,96	8350,79
0,1Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,6MO	800,00	2310,61	2940,90	3554,95	4190,77
0,1Smax 0,1Qmax 0,6PH 0,6MO	800,00	4920,87	6518,28	8093,62	9737,46
0,1Smax 0,1Qmax 0,7PH 0,1MO	800,00	5573,43	7412,63	9228,29	11124,13
0,1Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,7MO	800,00	1658,04	2046,55	2420,29	2804,10
0,1Smax 0,7Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1526,32	1823,73	2101,69	2386,01
0,1Smax 0,6Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2200,84	2755,21	3289,46	3842,36
0,1Smax 0,6Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1548,28	1860,86	2154,79	2455,69

APÊNDICE J

IPTU(R$) Pesos (Smax, Qmax, PH, MO) do Adapting Mosaic (200m²)

	2010	2025	2050	2075	2100
0,25Smax 0,25Qmax 0,25PH 0,25MO	800,00	2216,65	2778,33	3309,22	3845,85
0,7Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	886,66	1111,33	1323,69	1538,34
0,6Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	964,98	1189,39	1401,58	1616,12
0,6Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1619,92	2064,34	2488,27	2916,56
0,6Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	961,73	1191,60	1404,90	1620,69
0,5Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1043,30	1267,45	1479,46	1693,89
0,5Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1698,24	2142,40	2566,16	2994,33
0,5Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1040,05	1269,66	1482,79	1698,46
0,5Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	1694,99	2144,61	2569,48	2998,91
0,5Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2353,18	3017,34	3652,85	4294,78
0,5Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1036,81	1271,87	1486,12	1703,03
0,4Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1121,63	1345,51	1557,35	1771,67
0,4Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1776,57	2220,45	2644,04	3072,11
0,4Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1118,38	1347,72	1560,68	1776,24
0,4Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	1773,32	2222,67	2647,37	3076,68
0,4Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2431,51	3095,40	3730,73	4372,55
0,4Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1115,13	1349,93	1564,01	1780,81
0,4Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2428,26	3097,61	3734,06	4377,13
0,4Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	1770,07	2224,88	2650,70	3081,25
0,4Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3086,45	3970,35	4817,43	5673,00
0,4Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1111,88	1352,14	1567,34	1785,38
0,3Smax 0,5Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1275,02	1503,84	1716,46	1931,79
0,3Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1933,21	2376,57	2799,82	3227,66
0,3Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1196,70	1425,78	1638,57	1854,01
0,3Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1854,89	2298,51	2721,93	3149,88
0,3Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	1851,64	2300,72	2725,26	3154,46
0,3Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2509,83	3173,46	3808,62	4450,33
0,3Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1193,45	1427,99	1641,90	1858,58
0,3Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3164,77	4048,40	4895,31	5750,77
0,3Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1190,20	1430,20	1645,23	1863,15
0,3Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	1848,39	2302,93	2728,59	3159,03
0,3Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2506,58	3175,67	3811,95	4454,90
0,3Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	3819,71	4923,35	5982,01	7051,22
0,3Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1186,95	1432,41	1648,56	1867,73
0,3Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	1845,14	2305,14	2731,92	3163,60
0,3Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3161,52	4050,61	4898,64	5755,34
0,3Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	2503,33	3177,88	3815,28	4459,47
0,2Smax 0,6Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1278,27	1501,63	1713,13	1927,22
0,2Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1933,21	2376,57	2799,82	3227,66
0,2Smax 0,5Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1275,02	1503,84	1716,46	1931,79
0,2Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	1929,96	2378,78	2803,15	3232,23
0,2Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1271,77	1506,05	1719,79	1936,36
0,2Smax 0,4Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2588,15	3251,52	3886,51	4528,10

0,2Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	1926,71	2380,99	2806,48	3236,80
0,2Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2584,90	3253,73	3889,84	4532,68
0,2Smax 0,3Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3243,09	4126,46	4973,20	5828,55
0,2Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1268,52	1508,26	1723,12	1940,93
0,2Smax 0,2Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	3898,03	5001,41	6059,89	7128,99
0,2Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1265,27	1510,47	1726,45	1945,50
0,2Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	1923,46	2383,20	2809,81	3241,37
0,2Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3239,84	4128,67	4976,53	5833,12
0,2Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	2581,65	3255,94	3893,17	4537,25
0,2Smax 0,1Qmax 0,6PH 0,1MO	800,00	4552,97	5876,35	7146,58	8429,44
0,2Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,6MO	800,00	1262,02	1512,68	1729,77	1950,07
0,2Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,2MO	800,00	3894,78	5003,62	6063,22	7133,56
0,2Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,5MO	800,00	1920,21	2385,41	2813,14	3245,95
0,2Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,3MO	800,00	3236,59	4130,88	4979,86	5837,69
0,2Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,4MO	800,00	2578,40	3258,15	3896,50	4541,82
0,1Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	2008,29	2456,84	2881,04	3310,01
0,1Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	2005,04	2459,05	2884,37	3314,58
0,1Smax 0,4Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2663,23	3331,79	3967,73	4610,45
0,1Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1346,85	1586,32	1801,01	2018,70
0,1Smax 0,4Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3321,42	4204,52	5051,09	5906,32
0,1Smax 0,3Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3318,17	4206,73	5054,42	5910,89
0,1Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	2001,79	2461,26	2887,70	3319,15
0,1Smax 0,3Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	3976,35	5079,47	6137,78	7206,77
0,1Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1343,60	1588,53	1804,33	2023,28
0,1Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	2659,98	3334,00	3971,06	4615,02
0,1Smax 0,2Qmax 0,6PH 0,1MO	800,00	4631,29	5954,41	7224,47	8507,21
0,1Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,6MO	800,00	1340,35	1590,74	1807,66	2027,85
0,1Smax 0,2Qmax 0,5PH 0,2MO	800,00	3973,11	5081,68	6141,11	7211,34
0,1Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,5MO	800,00	1998,54	2463,47	2891,03	3323,72
0,1Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,3MO	800,00	3314,92	4208,94	5057,75	5915,47
0,1Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,4MO	800,00	2656,73	3336,21	3974,39	4619,59
0,1Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,4MO	800,00	3311,67	4211,15	5061,08	5920,04
0,1Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,5MO	800,00	2653,48	3338,42	3977,72	4624,16
0,1Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,3MO	800,00	3969,86	5083,89	6144,44	7215,91
0,1Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,6MO	800,00	1995,29	2465,68	2894,35	3328,29
0,1Smax 0,1Qmax 0,6PH 0,6MO	800,00	4628,04	5956,62	7227,80	8511,78
0,1Smax 0,1Qmax 0,7PH 0,1MO	800,00	5286,23	6829,36	8311,16	9807,66
0,1Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,7MO	800,00	1337,10	1592,95	1810,99	2032,42
0,1Smax 0,7Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1356,60	1579,69	1791,02	2004,99
0,1Smax 0,6Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	2011,54	2454,63	2877,71	3305,43
0,1Smax 0,6Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1353,35	1581,90	1794,35	2009,56

APÊNDICE K

IPTU(R$) Pesos (Smax, Qmax, PH, MO) do TechnoGarden (200m²)

	2010	2025	2050	2075	2100
0,25Smax 0,25Qmax 0,25PH 0,25MO	800,00	2167,67	2641,62	3071,70	3489,15
0,7Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	867,85	1056,65	1228,68	1395,66
0,6Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	946,07	1134,98	1306,48	1473,28
0,6Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1582,05	1960,88	2305,92	2640,57
0,6Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	941,97	1130,74	1302,33	1468,79
0,5Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1024,29	1213,30	1384,27	1550,91
0,5Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1660,27	2039,21	2383,72	2718,19
0,5Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1020,19	1209,07	1380,12	1546,41
0,5Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	1656,17	2034,97	2379,56	2713,70
0,5Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2296,25	2865,11	3383,16	3885,48
0,5Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1016,09	1204,84	1375,97	1541,91
0,4Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1102,51	1291,63	1462,07	1628,53
0,4Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1738,49	2117,53	2461,51	2795,82
0,4Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1098,41	1287,40	1457,92	1624,03
0,4Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	1734,39	2113,30	2457,36	2791,32
0,4Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2374,48	2943,43	3460,95	3963,11
0,4Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1094,31	1283,16	1453,77	1619,53
0,4Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2370,38	2939,20	3456,80	3958,61
0,4Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	1730,30	2109,07	2453,21	2786,82
0,4Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3010,46	3769,34	4460,39	5130,39
0,4Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1090,22	1278,93	1449,62	1615,04
0,3Smax 0,5Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1254,98	1444,05	1613,51	1779,28
0,3Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1895,07	2274,19	2617,11	2951,06
0,3Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1176,63	1365,72	1535,72	1701,65
0,3Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1816,71	2195,86	2539,31	2873,44
0,3Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	1812,62	2191,63	2535,16	2868,94
0,3Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2452,70	3021,76	3538,75	4040,73
0,3Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1172,54	1361,49	1531,57	1697,16
0,3Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3088,68	3847,66	4538,19	5208,02
0,3Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1168,44	1357,26	1527,42	1692,66
0,3Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	1808,52	2187,39	2531,01	2864,45
0,3Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2448,60	3017,53	3534,60	4036,23
0,3Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	3724,66	4673,57	5537,63	6375,30
0,3Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1164,34	1353,02	1523,26	1688,16
0,3Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	1804,42	2183,16	2526,86	2859,95
0,3Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3084,58	3843,43	4534,04	5203,52
0,3Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	2444,50	3013,29	3530,45	4031,73
0,2Smax 0,6Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1258,95	1448,28	1617,67	1783,77
0,2Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1894,94	2274,19	2617,11	2951,06
0,2Smax 0,5Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1254,85	1444,05	1613,51	1779,28
0,2Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	1890,84	2269,95	2612,96	2946,57
0,2Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,3MO	800,00	1250,76	1439,82	1609,36	1774,78
0,2Smax 0,4Qmax 0,3PH 0,1MO	800,00	2530,92	3100,09	3616,55	4118,35

0,2Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	1886,74	2265,72	2608,80	2942,07
0,2Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2526,82	3095,86	3612,40	4113,85
0,2Smax 0,3Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3166,90	3925,99	4615,99	5285,64
0,2Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1246,66	1435,58	1605,21	1770,28
0,2Smax 0,2Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	3802,88	4751,89	5615,43	6452,93
0,2Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1242,56	1431,35	1601,06	1765,79
0,2Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	1882,64	2261,49	2604,65	2937,57
0,2Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3162,80	3921,76	4611,84	5281,14
0,2Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	2522,72	3091,62	3608,25	4109,36
0,2Smax 0,1Qmax 0,6PH 0,1MO	800,00	4438,87	5577,80	6614,87	7620,22
0,2Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,6MO	800,00	1238,46	1427,12	1596,91	1761,29
0,2Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,2MO	800,00	3798,78	4747,66	5611,28	6448,43
0,2Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,5MO	800,00	1878,54	2257,25	2600,50	2933,07
0,2Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,3MO	800,00	3158,70	3917,52	4607,69	5276,64
0,2Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,4MO	800,00	2518,62	3087,39	3604,09	4104,86
0,1Smax 0,5Qmax 0,2PH 0,2MO	800,00	1969,06	2348,28	2690,75	3024,19
0,1Smax 0,4Qmax 0,2PH 0,3MO	800,00	1964,96	2344,05	2686,60	3019,69
0,1Smax 0,4Qmax 0,3PH 0,2MO	800,00	2605,04	3174,18	3690,19	4191,48
0,1Smax 0,4Qmax 0,1PH 0,4MO	800,00	1324,88	1513,91	1683,01	1847,91
0,1Smax 0,4Qmax 0,4PH 0,1MO	800,00	3245,12	4004,32	4693,78	5363,26
0,1Smax 0,3Qmax 0,4PH 0,2MO	800,00	3241,02	4000,08	4689,63	5358,76
0,1Smax 0,3Qmax 0,2PH 0,4MO	800,00	1960,86	2339,81	2682,45	3015,19
0,1Smax 0,3Qmax 0,5PH 0,1MO	800,00	3881,10	4830,22	5693,23	6530,55
0,1Smax 0,3Qmax 0,1PH 0,5MO	800,00	1320,78	1509,68	1678,86	1843,41
0,1Smax 0,3Qmax 0,3PH 0,3MO	800,00	2600,94	3169,95	3686,04	4186,98
0,1Smax 0,2Qmax 0,6PH 0,1MO	800,00	4517,09	5656,12	6692,67	7697,84
0,1Smax 0,2Qmax 0,1PH 0,6MO	800,00	1316,68	1505,44	1674,71	1838,91
0,1Smax 0,2Qmax 0,5PH 0,2MO	800,00	3877,01	4825,99	5689,07	6526,05
0,1Smax 0,2Qmax 0,2PH 0,5MO	800,00	1956,76	2335,58	2678,30	3010,70
0,1Smax 0,2Qmax 0,4PH 0,3MO	800,00	3236,93	3995,85	4685,48	5354,27
0,1Smax 0,2Qmax 0,3PH 0,4MO	800,00	2596,84	3165,72	3681,89	4182,48
0,1Smax 0,1Qmax 0,4PH 0,4MO	800,00	3232,83	3991,62	4681,33	5349,77
0,1Smax 0,1Qmax 0,3PH 0,5MO	800,00	2592,75	3161,48	3677,74	4177,98
0,1Smax 0,1Qmax 0,5PH 0,3MO	800,00	3872,91	4821,75	5684,92	6521,56
0,1Smax 0,1Qmax 0,2PH 0,6MO	800,00	1952,67	2331,35	2674,15	3006,20
0,1Smax 0,1Qmax 0,6PH 0,6MO	800,00	4512,99	5651,89	6688,52	7693,34
0,1Smax 0,1Qmax 0,7PH 0,1MO	800,00	5153,07	6482,02	7692,11	8865,13
0,1Smax 0,1Qmax 0,1PH 0,7MO	800,00	1312,58	1501,21	1670,56	1834,41
0,1Smax 0,7Qmax 0,1PH 0,1MO	800,00	1337,17	1526,61	1695,46	1861,40
0,1Smax 0,6Qmax 0,2PH 0,1MO	800,00	1973,16	2352,51	2694,90	3028,69
0,1Smax 0,6Qmax 0,1PH 0,2MO	800,00	1333,08	1522,38	1691,31	1856,90