

DIOGRANDE

DIÁRIO OFICIAL DE CAMPO GRANDE-MS

Assinado de forma digital por DELRY THIAGO
FOGACA DE SOUZA:00466787197
DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=Secretaria da Receita
Federal do Brasil - RFB, ou=RFB e-CPF A3,
ou=VALID, ou=AR CERTCOM, cn=DELRY THIAGO
FOGACA DE SOUZA:00466787197
Dados: 2015.07.10 10:35:36 -04'00'

Registro n. 26.965, Livro A-48, Protocolo n. 244.286, Livro A-10

4 ° Registro Notarial e Registral de Títulos e Documentos da Comarca de Campo Grande - Estado de Mato Grosso do Sul

ANO XVIII n. 4.313 - sexta-feira, 10 de julho de 2015

366 páginas

S U P L E M E N T O - I

DECRETO n. 12.680, DE 9 DE JULHO DE 2015.

APROVA O PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE - MS.

GILMAR ANTUNES OLARTE, Prefeito Municipal de Campo Grande-MS, no uso de suas atribuições que lhe confere o inciso VI, do art. 67, da Lei Orgânica do Município, de 4/4/1990, e

CONSIDERANDO que por meio do Decreto n. 12.254, de 26 de dezembro de 2013, ocorreu a aprovação do Plano Municipal de Saneamento Básico de Campo Grande;

CONSIDERANDO que o Plano Municipal de Saneamento Básico de Campo Grande, contempla os quatro eixos do saneamento: água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana, conforme preceitua a Lei n. 11.445/2007, que instituiu a Política Nacional de Saneamento Básico;

CONSIDERANDO que o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande, elaborado em 2008, integra o Plano Municipal de Saneamento Básico, como parte de todo o sistema;

D E C R E T A:

Art. 1º Fica aprovado o Plano Diretor de Drenagem de Águas Pluviais Municipal do Município de Campo Grande, como um dos quatros eixos do Plano Municipal de Saneamento Básico, conforme o anexo único deste Decreto.

Art. 2º Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

CAMPO GRANDE-MS, 9 DE JULHO DE 2015.

GILMAR ANTUNES OLARTE
Prefeito Municipal



CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE

**PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA
DE CAMPO GRANDE**

**Diagnóstico Ambiental Analítico das
Bacias Hidrográficas**

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana



Dezembro de 2008

APRESENTAÇÃO

O Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande foi contratado pela Prefeitura Municipal de Campo Grande com fundos do Ministério das Cidades, desembolsados e fiscalizados pela Caixa Econômica Federal.

Este Plano foi elaborado pelo consórcio RES - Planejamento em Drenagem Urbana formado pelas empresas Rhama ConSultora Ambiental Ltda. com sede em Porto Alegre, RS, Ecoprime - Engenharia em Meio Ambiente Ltda. e Schettini Engenharia Ltda. com sede em Campo Grande, MS.

As informações técnicas, as ações e os resultados do Plano foram organizados em Produtos de acordo com o apresentado a seguir:

- R 1 - Dados e Informações Coletadas e Definição da Base Cartográfica
- R 2 - Formulação de Cenários, Diagnóstico e Prognóstico das Inundações
- R 3 - Estudo de Alternativas e Medidas de Controle Estruturais
- R 4 - Medidas de Controle Não-Estruturais
- R 5 - Diagnóstico Ambiental Analítico das Bacias hidrográficas
- R 6 - Levantamentos Complementares de Campo
- R 7 - Anteprojeto das Medidas de Controle Estruturais
- R 8 - Análises Benefício-Custo
- R 9 - Programa Municipal de Drenagem
- R 10 - Manual de Drenagem Urbana
- R 11 - Banco de Dados Georreferenciados
- R 12 - Síntese das atividades de divulgação do plano

Para facilitar e sintetizar o Plano, o presente volume, denominado de “Documento Consolidado” apresenta os principais resultados e ações a serem desenvolvidas no município nos próximos anos.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL ANALÍTICO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	15
2.1	MEIO BIOLÓGICO	16
2.1.1	Vegetação.....	16
2.1.1.1	Caracterização da vegetação regional.....	16
2.1.1.2	Fisionomias vegetais presentes na cidade de Campo Grande	16
2.1.1.3	Plantas de interesse econômico e/ou científico passíveis de ocorrência.....	19
2.1.2	Fauna	20
2.1.2.1	Fauna regional.....	20
2.1.2.2	Fauna terrestre.....	20
2.1.2.3	Fauna de áreas abertas	21
2.1.2.4	Fauna de matas de galeria	22
2.1.2.5	Fauna de campos úmidos (várzea)	22
2.1.2.6	Aves migratórias.....	23
2.1.2.7	Fauna aquática regional	23
2.2	MEIO FÍSICO	36
2.2.1	Geologia regional	36
2.2.2	Geomorfologia regional.....	37
2.2.3	Pedologia regional.....	37
2.3	HIDROGRAFIA E RECURSOS HÍDRICOS.....	38
2.3.1	Delimitação das bacias hidrográficas.....	38
2.3.1.1	Materiais e métodos	39
2.3.1.2	Resultados.....	43
2.3.2	Carta de Drenagem.....	45
2.3.2.1	Bacia hidrográfica do Anhanduí	46
2.3.2.2	Bacia hidrográfica do Segredo.....	47
2.3.2.3	Bacia hidrográfica do Prosa.....	48
2.3.2.4	Bacia hidrográfica do Lageado	49
2.3.2.5	Bacia hidrográfica do Bandeira	50
2.3.2.6	Bacia hidrográfica do Bálsamo	51
2.3.2.7	Bacia hidrográfica do Gameleira	51
2.3.2.8	Bacia hidrográfica do Lagoa	52
2.3.2.9	Bacia hidrográfica do Imbirussu	53
2.3.2.10	Bacia hidrográfica do Coqueiro	54
2.3.3	Análise do desmatamento nas bacias hidrográficas de Campo Grande/MS.....	56
2.3.3.1	Materiais e métodos	56
2.3.3.2	Imagens orbitais.....	57
2.3.3.3	Base cartográfica.....	57
2.3.3.4	Software.....	58
2.3.3.5	Procedimentos	58
2.3.3.6	Resultados.....	58
2.3.4	Carta Geotécnica de Campo Grande	62
2.3.5	Declividade	63
2.4	ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	65
2.5	INTERAÇÕES ECOLÓGICAS HÍDRICAS REGIONAIS	66
2.6	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – UCs.....	68
2.6.1	Área de proteção ambiental dos mananciais do Córrego Guariroba	68
2.6.2	Área de proteção ambiental dos mananciais do Córrego Lageado.....	69
2.6.3	Área de proteção ambiental da bacia do Córrego Ceroula	69
2.7	MEIO SÓCIO-ECONÔMICO	71
2.7.1	Evolução populacional.....	71
2.7.2	Sistema de abastecimento de água.....	73
2.7.2.1	Tratamento	76
2.7.2.2	Reservação	76
2.7.2.3	Estruturação do abastecimento	76
2.7.3	Drenagem de águas pluviais.....	78
2.7.4	Sistema de esgotamento sanitário	78

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

2.7.5	<i>Resíduos sólidos urbanos – RSU</i>	81
2.7.5.1	Acondicionamento	82
2.7.5.2	Sistema de coleta e transporte	83
2.7.5.3	Disposição final	84
2.7.5.4	Programa de coleta seletiva de Campo Grande	84
2.7.5.5	Caracterização quantitativa dos RSU	85
2.7.5.6	Caracterização qualitativa dos RSU	86
2.7.5.7	Mercado de recicláveis.....	87
2.7.6	<i>Energia elétrica</i>	88
2.8	REFERÊNCIAS.....	90
3	MEDIDAS DE CONTROLE NÃO-ESTRUTURAIS	97
3.1	GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS URBANAS.....	97
3.1.1	<i>Desenvolvimento dos recursos hídricos urbanos</i>	97
3.1.2	<i>Gestão integrada de recursos hídricos urbanos</i>	99
3.1.3	<i>Plano diretor de drenagem urbana e as medidas de controle</i>	103
3.1.3.1	Medidas estruturais	104
3.1.3.2	Medida não-estruturais.....	104
3.2	GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	106
3.2.1	<i>Espaços de gestão</i>	106
3.2.2	<i>Tendência de gestão do Brasil</i>	106
3.2.3	<i>Políticas de controle de águas pluviais</i>	109
3.2.3.1	Inundações ribeirinhas	109
3.2.3.2	Drenagem urbana	110
3.2.3.3	Cenário combinado	111
3.2.4	<i>Experiências</i>	112
3.2.4.1	Áreas ribeirinhas	112
3.2.4.2	Drenagem urbana	114
3.3	LEGISLAÇÃO	117
3.3.1	<i>Recursos hídricos</i>	117
3.3.1.1	Histórico	117
3.3.1.2	Legislação de recursos hídricos	120
3.3.1.3	Legislação estadual de recursos hídricos	122
3.3.1.4	Tendências	122
3.3.2	<i>Ambiental</i>	125
3.3.3	<i>Uso de solo e política urbana</i>	127
3.3.3.1	Parcelamento do solo	127
3.3.3.2	Código florestal	129
3.3.4	<i>Saneamento ambiental</i>	130
3.3.5	<i>Legislações municipais</i>	131
3.4	GESTÃO MUNICIPAL	133
3.4.1	<i>Administração municipal</i>	133
3.4.2	<i>Gestão das águas urbanas e meio ambiente</i>	138
3.4.2.1	Água e saneamento.....	138
3.4.2.2	Drenagem.....	139
3.4.2.3	Licença ambiental	140
3.5	PROPOSTA DAS MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS	141
3.5.1	<i>Características das medidas não-estruturais</i>	141
3.5.2	<i>Elementos da legislação no plano de drenagem urbana</i>	141
3.5.3	<i>Definição dos elementos técnicos para a legislação de Campo Grande</i>	143
3.5.3.1	Vazão de pré-desenvolvimento.....	143
3.5.3.2	Volume para manter a vazão de pré-desenvolvimento	144
3.5.3.3	Qualidade da água	146
3.5.3.4	Sólidos	148
3.5.3.5	Critério de rateio dos custos de drenagem	149
3.5.3.6	Justificativa.....	150
3.5.4	<i>Proposta de gestão municipal para a drenagem urbana</i>	150
3.5.4.1	Os elementos do sistema de gestão.....	151
3.5.4.2	Atividades.....	151
3.5.4.3	Gestão	153

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

3.5.4.4	Fluxograma de atividades	154
3.5.4.5	Proposta de equipes nas entidades	157
3.5.4.6	Estimativa dos custos	158
3.6	REFERENCIAS.....	159
4	ESTUDO DE ALTERNATIVAS E MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS.....	160
4.1	INTRODUÇÃO	160
4.1.1	<i>Antecedentes</i>	160
4.1.2	<i>Objetivos</i>	160
4.2	METODOLOGIA.....	161
4.2.1	<i>Conceitos</i>	161
4.2.2	<i>Etapas da Metodologia</i>	161
4.3	DIAGNÓSTICO: LOCAIS CRÍTICOS	164
4.3.1	<i>Hidrogramas de diagnóstico e prognóstico</i>	164
4.3.2	<i>Capacidades das redes de drenagem</i>	167
4.3.2.1	Trecho entre a Rua Rio Negro e o reservatório localizado mais a jusante no córrego Sóter	170
4.3.2.2	Trecho à jusante dos reservatórios até a Av. Afonso Pena (córrego Sóter)	171
4.3.2.3	Trecho à jusante da confluência do córrego Sóter até rua Joaquim Murtinho (córrego Prosa) .	171
4.3.2.4	Trecho entre a rua Joaquim Murtinho e a rua Padre João Crippa (córrego Prosa)	172
4.4	ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO: MEDIDAS ESTRUTURAIS.....	174
4.4.1	<i>Concepções e Definições</i>	174
4.4.2	<i>Alternativa I</i>	174
4.4.2.1	Caracterização.....	175
4.4.2.2	Custos associados.....	175
4.4.3	<i>Alternativa II: Implantação de reservatórios e ampliação das redes de macrodrenagem com capacidade insuficiente</i>	181
4.4.3.1	Caracterização.....	181
4.4.3.2	Locais para a instalação de reservatórios na bacia hidrográfica do córrego Prosa	181
4.4.3.3	Determinação preliminar dos volumes disponíveis para reservação	188
4.4.3.4	Custos associados.....	191
4.4.3.5	Modelagem de otimização de soluções com reservatório.....	192
4.4.4	<i>Simulações das alternativas I e II</i>	194
4.4.4.1	Alternativa I.....	194
4.4.4.2	Alternativa II.....	198
4.4.5	<i>Avaliação e Indicação de Alternativa de controle</i>	202
4.5	CONCLUSÕES.....	204
4.6	REFERÊNCIAS.....	206
5	ANÁLISES BENEFÍCIO-CUSTO.....	207
5.1	INTRODUÇÃO	207
5.1.1	<i>Critérios</i>	207
5.1.2	<i>Objetivos</i>	208
5.1.3	<i>Organização do texto</i>	208
5.2	ALTERNATIVAS ESTUDADAS	209
5.2.1	<i>Escolha da Alternativa</i>	213
5.2.2	<i>Escolha do Tempo de Recorrência</i>	214
5.3	ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO.....	217
5.3.1	<i>Benefícios Diretos</i>	217
5.3.2	<i>Benefícios Indiretos</i>	221
5.3.3	<i>Benefícios Totais</i>	221
5.3.4	<i>Indicadores econômicos</i>	221
5.4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	224
5.5	REFERÊNCIAS.....	225
6	ANTEPROJETO DAS MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS	226
6.1	INTRODUÇÃO	226
6.2	ANTEPROJETO DA ALTERNATIVA I	227
6.3	ANTEPROJETO DA ALTERNATIVA II	230
6.3.1	<i>Aspectos do dimensionamento dos reservatórios de retenção</i>	230

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.3.1.1	Disposição espacial do reservatório	230
6.3.1.2	Características do efluente pluvial	231
6.3.1.3	Volume do reservatório	232
6.3.1.4	Câmaras de reservação	233
6.3.1.5	Dimensionamento hidráulico dos dispositivos de saída.....	234
6.3.2	<i>Obras identificadas na alternativa</i>	236
7	PROGRAMA MUNICIPAL DE DRENAGEM	240
7.1	FUNDAMENTOS DO PROGRAMA.....	240
7.1.1	<i>Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana</i>	240
7.1.2	<i>Objetivos.....</i>	241
7.1.3	<i>Metas.....</i>	241
7.1.4	<i>Componentes do Programa</i>	241
7.2	CAPACITAÇÃO.....	243
7.2.1	<i>Avaliação</i>	243
7.2.2	<i>Justificativa e objetivo do Programa</i>	243
7.2.3	<i>Caracterização da capacitação quanto ao público alvo</i>	243
7.2.4	<i>Planejamento e Projetos em Drenagem urbana: grupo A.....</i>	245
7.2.5	<i>Planejamento e Projetos em Drenagem urbana: grupo B.....</i>	247
7.2.5.1	<i>Justificativa.....</i>	247
7.2.6	<i>Gestão de Águas Pluviais: grupo C</i>	247
7.2.7	<i>Workshops sobre Drenagem urbana: grupo D</i>	248
7.3	MONITORAMENTO	249
7.3.1	<i>Avaliação</i>	249
7.3.2	<i>Justificativa e objetivo</i>	249
7.3.3	<i>Monitoramento de bacias representativas da cidade</i>	250
7.3.4	<i>Monitoramento de áreas impermeáveis</i>	251
7.3.5	<i>Monitoramento de resíduos sólidos na drenagem.....</i>	251
7.3.6	<i>Revisão e ampliação do Cadastro e da topografia relacionada do sistema de drenagem....</i>	252
7.4	GESTÃO	254
7.4.1	<i>Implantação dos processos da avaliação dos projetos de drenagem.....</i>	254
7.4.2	<i>Programa de Manutenção.....</i>	254
7.5	ESTUDOS COMPLEMENTARES	256
7.5.1	<i>Revisão dos parâmetros hidrológicos.....</i>	256
7.5.2	<i>Metodologia para estimativa da qualidade da água pluvial.....</i>	256
7.5.3	<i>Dispositivos de retenção de resíduos sólidos em detenções.....</i>	257
7.5.4	<i>Verificação dos dispositivos de controle.....</i>	258
7.6	RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....	259
7.6.1	<i>Causas e Impactos</i>	259
7.6.2	<i>Objetivos e metas</i>	259
7.6.3	<i>Metodologia</i>	259
7.7	REDUÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS.....	262
7.7.1	<i>Causas e Impactos</i>	262
7.7.2	<i>Objetivos e metas</i>	262
7.7.3	<i>Metodologia</i>	263
7.8	ANEXO A: MÓDULOS DE TREINAMENTO PROPOSTOS.....	264

ANEXOS

1	MANUAL DE DRENAGEM URBANA (VERSÃO 1.0 – 2008)	270
2	BÁCIAS HIDROGRAFICAS	362
3	COBERTURA VEGETAL.....	363

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – ESTRUTURA DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (TUCCI, 2002)..... 13

FIGURA 2.1 – PERFIL GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO 36

FIGURA 2.2 – PRINCIPAIS ETAPAS REALIZADAS PARA DELIMITAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS 39

FIGURA 2.3 – MODELO NUMÉRICO DE TERRENO DE CAMPO GRANDE - MS 40

FIGURA 2.4 – MALHA COM A REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS DIREÇÕES DE FLUXO 41

FIGURA 2.5 – MAPA DE DIREÇÃO DE FLUXO DE CAMPO GRANDE - MS 42

FIGURA 2.6 – EXEMPLO DA MALHA DE FLUXO ACUMULADO..... 42

FIGURA 2.7 – MAPA DE FLUXO ACUMULADO DE CAMPO GRANDE -MS 43

FIGURA 2.8 – BACIAS HIDROGRÁFICAS..... 44

FIGURA 2.9 – REDE HIDROGRÁFICA DE CAMPO GRANDE 45

FIGURA 2.10 – BACIA HIDROGRÁFICA DO ANHANDUÍ 46

FIGURA 2.11 – BACIA HIDROGRÁFICA DO SEGREDO..... 47

FIGURA 2.12 – BACIA HIDROGRÁFICA DO PROSA 48

FIGURA 2.13 – BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGEADO..... 49

FIGURA 2.14 – BACIA HIDROGRÁFICA DO BANDEIRA..... 50

FIGURA 2.15 – BACIA HIDROGRÁFICA DO BÁLSAMO 51

FIGURA 2.16 – BACIA HIDROGRÁFICA DO GAMELEIRA..... 52

FIGURA 2.17 – BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGOA 53

FIGURA 2.18 – BACIA HIDROGRÁFICA DO IMBIRUSSU 54

FIGURA 2.19 – BACIA HIDROGRÁFICA DO COQUEIRO 55

FIGURA 2.20 – CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE 55

FIGURA 2.21 – NDVI DO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE/MS NO ANO DE 2007. 60

FIGURA 2.22 – MAPA GEOTÉCNICO DE CAMPO GRANDE - MS 63

FIGURA 2.23 – MAPA DE DECLIVIDADE DE CAMPO GRANDE - MS 64

FIGURA 2.24 – OS CINCO SETORES DE COLETA DE LIXO EM CAMPO GRANDE..... 83

FIGURA 2.25 – CRESCIMENTO POPULACIONAL X GERAÇÃO DE RSU..... 86

FIGURA 2.26 – COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RSU DE CAMPO GRANDE (CAMPO GRANDE, 2000) 86

FIGURA 3.1 – RELAÇÕES ENTRE OS SISTEMAS DAS ÁGUAS URBANAS. 100

FIGURA 3.2 – VISÃO INTEGRADA (TUCCI, 2003). 101

FIGURA 3.3 – INTERFACE ENTRE OS PLANOS DA CIDADE E O PLANO DIRETOR DE ÁGUAS PLUVIAIS OU DE DRENAGEM URBANA. 102

FIGURA 3.4 – RELAÇÕES BÁSICAS ENTRE MUNICÍPIOS. 108

FIGURA 3.5 – TENDÊNCIA DA OCUPAÇÃO E IMPACTO. 112

FIGURA 3.6 – ORGANOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DA SESOP..... 134

FIGURA 3.7 – ORGANOGRAMA DA SEMADES. 135

FIGURA 3.8 – ORGANOGRAMA DA AGREG. 136

FIGURA 3.9 – ORGANOGRAMA DO PLANURB. 139

FIGURA 3.10 – RELAÇÃO ENTRE VOLUME DE RETENÇÃO E ÁREA IMPERMEÁVEL DA ÁREA URBANIZADA. 147

FIGURA 3.11 – ESTRUTURA DO SISTEMA DE GESTÃO. 155

FIGURA 3.12 – FLUXO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS..... 156

FIGURA 4.1 – ETAPAS DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS..... 162

FIGURA 4.2 – ESTRUTURA METODOLÓGICA DO ESTUDO DE ALTERNATIVA. 162

FIGURA 4.3 – DIVISÃO DA BACIA DO CÓRREGO PROSA EM SUB-BACIAS..... 165

FIGURA 4.4 – HIDROGRAMAS DE DIAGNÓSTICO PARA 10 ANOS DE PERÍODOS DE RETORNO, SUB-BACIAS DO CÓRREGO PROSA – CHUVA DE 24 HORAS DE DURAÇÃO. 165

FIGURA 4.5 – HIDROGRAMAS DE PROGNÓSTICO PARA 10 ANOS DE PERÍODOS DE RETORNO, SUB-BACIAS DO CÓRREGO PROSA – CHUVA DE 24 HORAS DE DURAÇÃO: CENÁRIO TENDENCIAL..... 166

FIGURA 4.6 – HIDROGRAMAS DE PROGNÓSTICO PARA 10 ANOS DE PERÍODOS DE RETORNO, SUB-BACIAS DO CÓRREGO PROSA – CHUVA DE 24 HORAS DE DURAÇÃO: CENÁRIO MÁXIMO..... 166

FIGURA 4.7 – COMPARAÇÃO DAS VAZÕES MÁXIMAS PARA O CENÁRIO ATUAL DE DIAGNÓSTICO E PARA OS CENÁRIOS DE URBANIZAÇÃO MÁXIMO E TENDENCIAL: HIDROGRAMAS PARA 10 ANOS DE PERÍODOS DE RETORNO, SUB-BACIAS DO CÓRREGO PROSA – CHUVA DE 24 HORAS DE DURAÇÃO..... 167

FIGURA 4.8 – TRECHOS CRÍTICOS DESTACADOS EM VERMELHO PARA O CENÁRIO ATUAL DE USO DE SOLO: DIAGNÓSTICO..... 168

FIGURA 4.9 – VOLUMES EXCEDENTES NO CÓRREGO PROSA – CHUVA COM DURAÇÃO DE 24 HORAS E 10 ANOS DE PERÍODO DE RECORRÊNCIA..... 169

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

FIGURA 4.10 – VOLUMES EXCEDENTES NO CÓRREGO SÓTER – CHUVA COM DURAÇÃO DE 24 HORAS E 10 ANOS DE PERÍODO DE RECORRÊNCIA.....	169
FIGURA 4.11 – LOCAIS CRÍTICOS NO CÓRREGO PROSA – EVENTO DE PROGNÓSTICO TENDENCIAL: CHUVA COM DURAÇÃO DE 24 HORAS E 10 ANOS DE PERÍODO DE RECORRÊNCIA.....	170
FIGURA 4.12 – LOCAIS CRÍTICOS NO CÓRREGO SÓTER – EVENTO DE PROGNÓSTICO TENDENCIAL: CHUVA COM DURAÇÃO DE 24 HORAS E 10 ANOS DE PERÍODO DE RECORRÊNCIA.....	171
FIGURA 4.13 – CROQUI MOSTRANDO OS INSUMOS CONSIDERADOS PARA A ESTIMATIVA DE CUSTOS.	180
FIGURA 4.14 – LOCAIS POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS NA BACIA DO CÓRREGO PROSA.	182
FIGURA 4.15 – LOCAIS POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS NA SUB-BACIA 1 DO SISTEMA DO CÓRREGO PROSA.	183
FIGURA 4.16 – LOCAIS POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS NA SUB-BACIA 2 DO SISTEMA DO CÓRREGO PROSA.	183
FIGURA 4.17 – LOCAIS POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS NA SUB-BACIA 3 DO SISTEMA DO CÓRREGO PROSA.	184
FIGURA 4.18 – LOCAIS POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS NA SUB-BACIA 5 DO SISTEMA DO CÓRREGO PROSA.	184
FIGURA 4.19 – LOCAIS POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS NA SUB-BACIA 6 DO SISTEMA DO CÓRREGO PROSA.	185
FIGURA 4.20 – LOCAIS POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS NA SUB-BACIA 7 DO SISTEMA DO CÓRREGO PROSA.	185
FIGURA 4.21 – LOCAIS POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS NA SUB-BACIA 8 DO SISTEMA DO CÓRREGO PROSA.	186
FIGURA 4.22 – LOCAIS POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS NA SUB-BACIA 9 DO SISTEMA DO CÓRREGO PROSA.	186
FIGURA 4.23 – LOCAIS INDICADOS COMO VIÁVEIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS NA BACIA DO CÓRREGO PROSA. .	187
FIGURA 4.24 – FOTOGRAFIAS MOSTRANDO AS ÁREAS ONDE PODERÃO SER INSTALADOS RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO <i>ON-LINE</i>	188
FIGURA 4.25 – LOCAIS FINALMENTE SELECIONADOS PARA ANÁLISE DE ALTERNATIVAS COM O USO DE RESERVATÓRIOS.	189
FIGURA 4.26 – MONTAGEM DA TOPOLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DE ALTERNATIVA.	193
FIGURA 4.27 – TRECHOS DE CANAL AO LONGO DA BACIA DO CÓRREGO PROSA COM NECESSIDADE DE AMPLIAÇÃO: CENÁRIO. .	197
FIGURA 4.28 – HIDROGRAMA NO EXUTÓRIO DO SISTEMA PARA A ALTERNATIVA I.	198
FIGURA 4.29 – TOPOLOGIA MONTADA NO SWMM PARA A AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO ENCONTRADA PARA A ALTERNATIVA II. .	199
FIGURA 4.30 – LOCAIS FINALMENTE UTILIZADOS PARA A ANÁLISE DA ALTERNATIVA II.	200
FIGURA 4.31 – HIDROGRAMA NO EXUTÓRIO DO SISTEMA PARA A ALTERNATIVA II.	202
FIGURA 4.32 – COMPARAÇÃO DOS HIDROGRAMAS NO EXUTÓRIO DO SISTEMA PARA AS ALTERNATIVAS I E II.	203
FIGURA 5.1 – TRECHOS DE CANAL AO LONGO DA BACIA DO CÓRREGO PROSA COM NECESSIDADE DE AMPLIAÇÃO: CENÁRIO TENDENCIAL.	212
FIGURA 5.2 – LOCAIS DOS RESERVATÓRIOS DIMENSIONADOS NA ALTERNATIVA II.....	213
FIGURA 5.3 – CUSTOS DIRETOS TOTAIS EM FUNÇÃO DO EVENTO DE PROJETO E ALTERNATIVA DE DIMENSIONAMENTO.	219
FIGURA 5.4 – TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR) DOS PROJETOS DAS ALTERNATIVAS DE DIMENSIONAMENTO.....	222
FIGURA 5.5 – RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO (C/B) DOS PROJETOS DAS ALTERNATIVAS DE DIMENSIONAMENTO.	223
FIGURA 5.6 – VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) DOS PROJETOS DAS ALTERNATIVAS DE DIMENSIONAMENTO.	223
FIGURA 6.1 – TRECHOS DE CANAL AO LONGO DA BACIA DO CÓRREGO PROSA COM NECESSIDADE DE AMPLIAÇÃO: CENÁRIO TENDENCIAL	229
FIGURA 6.2 – ESQUEMA MOSTRANDO A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE UM RESERVATÓRIO <i>ON-LINE</i>	231
FIGURA 6.3 – ESQUEMA MOSTRANDO A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE UM RESERVATÓRIO <i>OFF-LINE</i>	231
FIGURA 6.4 – HIDROGRAMAS DE PRÉ E PÓS-OCUPAÇÃO – <i>ON-LINE</i>	233
FIGURA 6.5 – HIDROGRAMAS DE PRÉ E PÓS-OCUPAÇÃO – <i>OFF-LINE</i>	233
FIGURA 6.6 – EXEMPLO DE SEÇÃO TRANSVERSAL DE UM RESERVATÓRIO COM UMA CÂMERA.....	235
FIGURA 6.7 – EXEMPLO DE SEÇÃO TRANSVERSAL DE UM RESERVATÓRIO COM DUAS CÂMARAS.	235
FIGURA 6.8 – ESQUEMA DE RESERVATÓRIO MOSTRANDO AS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS.....	236
FIGURA 6.9 – LOCAIS SELECIONADOS PARA ANÁLISE DE ALTERNATIVAS COM O USO DE RESERVATÓRIOS.	237
FIGURA 6.10 – EXEMPLO DE RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO UTILIZADO COMO QUADRA DE ESPORTES GRAMADA.....	239
FIGURA 7.1 – ESTRUTURA DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (TUCCI, 2002).....	240
FIGURA 7.2 – FONTES DE CONTAMINAÇÃO SUBTERRÂNEA.....	262

ANEXOS

FIGURA 1.1 – CARACTERÍSTICAS DAS ALTERAÇÕES DE UMA ÁREA RURAL PARA URBANA (SCHUELER, 1987).....	276
FIGURA 1.2 – VARIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM DECORRÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO URBANO (DAWDY, 1967).	277
FIGURA 1.3 – ZONEAMENTO DA CIDADE DE CAMPO GRANDE DE ACORDO COM A LEI 74/2005.	281
FIGURA 1.4 – CURVA ENVELOPE (ADAPTADO DE URBONAS E STAHR, 1993).....	304
FIGURA 1.5 – SEÇÕES TRANSVERSAIS E EXEMPLO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS.	307
FIGURA 1.6 – MANTA DE INFILTRAÇÃO.....	311
FIGURA 1.7 – BACIA DE INFILTRAÇÃO (CIRIA, 1996).	314

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

FIGURA 1.8 – VALO DE INFILTRAÇÃO (CIRIA, 1996). 315

FIGURA 1.9 – DETALHE CONSTRUTIVO DO VALO COM DISPOSITIVO DE PERCOLAÇÃO. 316

FIGURA 1.10 – POÇO DE INFILTRAÇÃO EM FORMA DE TRINCHEIRA (CIRIA, 1996). 316

FIGURA 1.11 – TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO (CIRIA, 1996). 318

FIGURA 1.12 – HIDROGRAMAS TÍPICOS DE PEQUENAS ÁREAS URBANAS, ONDE O TEMPO DE CONCENTRAÇÃO É MUITO PEQUENO.
..... 322

FIGURA 1.13 - DETENÇÃO NA FONTE. 323

FIGURA 1.14 – CARACTERÍSTICA DO DESCARREGADOR DE FUNDO. 324

FIGURA 1.15 – DETERMINAÇÃO DE H_c EM UM RESERVATÓRIO. 325

FIGURA 1.16 – RESERVATÓRIOS PARA CONTROLE DE MATERIAL SÓLIDO (MAIDMENT, 1993). 330

FIGURA 1.17 – REDE COLETORA. 331

FIGURA 1.18 – SEÇÃO DA SARJETA. 335

FIGURA 1.19 – TIPOS DE BOCAS-DE-LOBO (DAEE/CETESB, 1980). 336

FIGURA 1.20 – CAPACIDADE DE ENGOLIMENTO (DAEE/CETESB, 1980). 337

FIGURA 1.21 – CAPACIDADE DE ESGOTAMENTO DAS BOCAS-DE-LOBO COM DEPRESSÃO DE 5 CM EM PONTOS BAIXOS DAS SARJETAS
(DAEE/CETESB, 1980). 338

FIGURA 1.22 – ÁREAS CONTRIBUENTES ÀS REDES DE DRENAGEM PLUVIAL. 340

FIGURA 1.23 – ESQUEMA MOSTRANDO A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE UM RESERVATÓRIO *ON-LINE*. 345

FIGURA 1.24 – ESQUEMA MOSTRANDO A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE UM RESERVATÓRIO *OFF-LINE*. 345

FIGURA 1.25 – A OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA E SUAS CONSEQUÊNCIAS. 348

FIGURA 1.26 – PLANEJAMENTO DE CONTROLE DE BACIA NO PRIMEIRO ESTÁGIO DE URBANIZAÇÃO. 349

FIGURA 1.27 – RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE HABITACIONAL E ÁREA IMPERMEÁVEL EM CAMPO GRANDE. 354

FIGURA 1.28 – HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR DO SCS. 354

FIGURA 1.29 – VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MÉTODO DE MUNSKING-CUNGE. 357

FIGURA 1.30 – CURVA DE PRECISÃO (JONES,1981). 358

FIGURA 1.31 – RELAÇÃO ENTRE COTA E ARMAZENAMENTO. 361

FIGURA 1.32 – EXTRAVASORES DE RESERVATÓRIOS. 362

FIGURA 1.33 – CÁLCULO DO AMORTECIMENTO EM RESERVATÓRIO: FUNÇÕES DE ARMAZENAMENTO. 362

FIGURA 1.34 – FUNÇÃO VAZÃO X ARMAZENAMENTO. 363

LISTA DE GRÁFICO

GRÁFICO 2.1 – PERCENTUAL DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO CAMPO GRANDE POR MICRO-BACIAS..... 61

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – CARACTERIZAÇÃO DA ICTIOFAUNA DA MICROBACIA DO CÓRREGO IMBIRUSSU 29

TABELA 2.2 – ÍNDICE DE DIVERSIDADE PARA OS VÁRIOS TRECHOS DO CÓRREGO IMBIRUSSU..... 30

TABELA 2.3 – ÍNDICE DE SIMILARIDADE PARA OS VÁRIOS TRECHOS DO CÓRREGO IMBIRUSSU. 30

TABELA 2.4 – TÁXONS DE PEIXES COLETADOS A MONTANTE, A JUSANTE E NO RESERVATÓRIO GUARIROBA 31

TABELA 2.5 – NÚMERO TOTAL DE ESPÉCIMES E ESPÉCIES ENCONTRADAS 32

TABELA 2.6 – RESUMO DO NÚMERO DE GRUPOS E DE FAMÍLIAS E RIQUEZA DE ESPÉCIES DE PEIXES..... 32

TABELA 2.7 – ÁREA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DELIMITADAS 44

TABELA 2.8 – BACIAS HIDROGRÁFICAS DENTRO DO PERÍMETRO URBANO DE CAMPO GRANDE, COM OS PRINCIPAIS CURSOS D’ÁGUA 45

TABELA 2.9 – BACIAS HIDROGRÁFICAS DENTRO DO PERÍMETRO URBANO DE CAMPO GRANDE 57

TABELA 2.10 – CLASSES DE DECLIVIDADE 64

TABELA 2.11 – POPULAÇÃO TOTAL URBANA E RURAL, E TAXA DE URBANIZAÇÃO - MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE – 1970 /2000 71

TABELA 2.12 – EVOLUÇÃO DOS GRANDES GRUPOS DE IDADE DO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE - 1960/2000..... 71

TABELA 2.13 – TAXA MÉDIA GEOMÉTRICA DE CRESCIMENTO ANUAL DA POPULAÇÃO RESIDENTE NO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE - 1960/2000 72

TABELA 2.14 – PARTICIPAÇÃO RELATIVA DA POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE EM RELAÇÃO AO ESTADO DE MS - 1940/2000..... 72

TABELA 2.15 – ESTIMATIVAS DA POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE - 1991-2006..... 73

TABELA 2.16 – SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CAMPO GRANDE – 2006..... 76

TABELA 2.17 – CAPACIDADE DE RESERVAÇÃO – 1996-2006..... 77

TABELA 2.18 – INFORMAÇÕES BÁSICAS OPERACIONAIS DE ESGOTO – 1997–2006..... 81

TABELA 2.19 – QUANTIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS COLETADOS EM CAMPO GRANDE NO PERÍODO DE 1985 A 2006 85

TABELA 2.20 – CRESCIMENTO POPULACIONAL DE CAMPO GRANDE 86

TABELA 2.21 – QUANTIDADE ESTIMADA GERADA DIARIAMENTE POR TIPO DE RESÍDUO EM CAMPO GRANDE 87

TABELA 3.1 – FASES DO DESENVOLVIMENTO DAS ÁGUAS URBANAS. 98

TABELA 3.2 – CARACTERÍSTICAS DOS PLANOS NA CIDADE. 103

TABELA 3.3 – ESPAÇO DE GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS..... 107

TABELA 3.4 – COMPARAÇÃO DOS PERÍODOS DE DESENVOLVIMENTO (ADAPTADO DE TUCCI, ET AL, 2000). 118

TABELA 3.5 – INSTRUMENTOS LEGAIS DE RECURSOS HÍDRICOS..... 120

TABELA 3.6 – DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS..... 123

TABELA 3.7 – ALGUNS DOS INSTRUMENTOS LEGAIS DE MEIO AMBIENTE..... 125

TABELA 3.8 – LEGISLAÇÕES ADOTADAS NOS ESTADOS BRASILEIROS (PEREIRA, 2000)..... 126

TABELA 3.9 – LEGISLAÇÕES. 133

TABELA 3.10 – IMPACTOS E REGULAMENTAÇÃO SOBRE O ESCOAMENTO PLUVIAL..... 142

TABELA 3.11 – VALORES DE CP. 144

TABELA 3.12 – VALORES OBTIDOS NA RELAÇÃO ENTRE VOLUME PELA ÁREA DE DRENAGEM COM A ÁREA IMPERMEÁVEL. 146

TABELA 3.13 – RELAÇÃO DE DURAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES COM RELAÇÃO DO NÚMERO DE DIAS CHUVOSOS. 148

TABELA 3.14 – CARACTERÍSTICAS DO PESSOAL. 157

TABELA 3.15 – ESTIMATIVA DOS CUSTOS ANUAL DE MANUTENÇÃO E CUSTO MÉDIO POR PROPRIEDADE..... 158

TABELA 4.1 – ÁREA DAS SUB-BACIAS DO CÓRREGO PROSA NA CIDADE DE CAMPO GRANDE. 164

TABELA 4.2 – ÍNDICES ECONÔMICOS PARA ATUALIZAÇÃO DOS VALORES, COM DATA DE NOVEMBRO DE 2008..... 176

TABELA 4.3 – INSUMOS PARA A CONSTRUÇÃO DE GALERIAS COM ESCAVAÇÃO EM ROCHA. 178

TABELA 4.4 – INSUMOS PARA A CONSTRUÇÃO DE GALERIAS SEM ESCAVAÇÃO EM ROCHA. 179

TABELA 4.5 – INSUMOS PARA A REMOÇÃO E REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO. 179

TABELA 4.6 – ESTIMATIVA PRELIMINAR DE VOLUME DISPONÍVEL DE ARMAZENAMENTO E ALTURA ÚTIL DOS RESERVATÓRIOS. .. 190

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

TABELA 4.7 – INSUMOS UTILIZADOS PARA A ESTIMATIVA DOS CUSTOS COM A IMPLANTAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS.	191
TABELA 4.8 – RELAÇÃO DOS TRECHOS COM NECESSIDADE DE AMPLIAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO PROSA: CENÁRIOS TENDENCIAL E MÁXIMO.	195
TABELA 4.9 – CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS DIMENSIONADOS PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO NA BACIA DO CÓRREGO PROSA.	200
TABELA 4.10 – TRECHOS A SEREM AMPLIADOS MESMO COM O USO DOS RESERVATÓRIOS.	201
TABELA 4.11 – CUSTOS ESTIMADOS PARA A ALTERNATIVA II.	203
TABELA 5.1 – ALTERNATIVA I: AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DO SISTEMA PARA TR=10 ANOS – CENÁRIO PROGNÓSTICO TENDENCIAL.	210
TABELA 5.2 – ALTERNATIVA II: CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS DIMENSIONADOS PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO NA BACIA DO CÓRREGO PROSA (OBRAS PARA TR = 10 ANOS).	213
TABELA 5.3 – ALTERNATIVA II: TRECHOS A SEREM AMPLIADOS MESMO COM O USO DE RESERVATÓRIOS.	213
TABELA 5.4 – CUSTOS ESTIMADOS PARA AS ALTERNATIVAS ESTUDADAS.	214
TABELA 5.5 – ALTERNATIVA II: CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS DIMENSIONADOS PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO NA BACIA DO CÓRREGO PROSA – OBRAS TR = 5 ANOS.	215
TABELA 5.6 – ALTERNATIVA II: CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS DIMENSIONADOS PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO NA BACIA DO CÓRREGO PROSA – OBRAS TR = 25 ANOS.	215
TABELA 5.7 – ALTERNATIVA II: CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS DIMENSIONADOS PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO NA BACIA DO CÓRREGO PROSA – OBRAS TR = 50 ANOS.	216
TABELA 5.8 – CUSTOS DAS OBRAS E DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO.	216
TABELA 5.9 – VOLUMES EXCEDENTES TOTAIS EM FUNÇÃO DO EVENTO DE PROJETO E DA ALTERNATIVA DE DIMENSIONAMENTO.	218
TABELA 5.10 – DANO ANUAL ESPERADO PARA AS ALTERNATIVAS DE DIMENSIONAMENTO.	220
TABELA 5.11 – BENEFÍCIO ANUAL ESPERADO DAS ALTERNATIVAS DE DIMENSIONAMENTO.	221
TABELA 5.12 – BENEFÍCIO ANUAL TOTAL ESPERADO DAS ALTERNATIVAS DE DIMENSIONAMENTO.	221
TABELA 5.13 – INDICADORES ECONÔMICOS DE CADA ALTERNATIVA DE DIMENSIONAMENTO.	222
TABELA 6.1 – RELAÇÃO DOS TRECHOS COM NECESSIDADE DE AMPLIAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO PROSA: CENÁRIO TENDENCIAL.	228
TABELA 6.2 – CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS DIMENSIONADOS PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO NA BACIA DO CÓRREGO PROSA.	238
TABELA 7.1 – CARACTERIZAÇÃO DOS CURSOS DE CAPACITAÇÃO.	245
TABELA 7.2 – MÓDULOS DE TREINAMENTO.	246

ANEXOS

TABELA 1.1 – TEMPO DE RETORNO PARA PROJETOS DE DRENAGEM URBANA.	290
TABELA 1.2 – SISTEMA DE PONTUAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE POSSÍVEIS LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE INFILTRAÇÃO E/OU PERCOLAÇÃO (URBONAS E STAHR, 1993).	299
TABELA 1.3 – MODELO DE PROCEDIMENTO DE PROJETO: VERIFICAÇÃO PRELIMINAR DA APLICABILIDADE PARA ESTRUTURAS SOMENTE DE INFILTRAÇÃO – PARTE 1.	300
TABELA 1.4 – MODELO DE PROCEDIMENTO DE PROJETO: VERIFICAÇÃO PRELIMINAR DA APLICABILIDADE PARA ESTRUTURAS SOMENTE DE PERCOLAÇÃO – PARTE 1.	301
TABELA 1.5 – MODELO DE PROCEDIMENTO DE PROJETO: VERIFICAÇÃO PRELIMINAR DA APLICABILIDADE PARA ESTRUTURAS DE INFILTRAÇÃO OU PERCOLAÇÃO – PARTE 2.	302
TABELA 1.6 – ALGUNS VALORES TÍPICOS DE TAXAS DE INFILTRAÇÃO.	303
TABELA 1.7 – CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA EM DIVERSOS TIPOS DE SOLO (URBONAS E STAHR, 1993).	304
TABELA 1.8 – POROSIDADE EFETIVA PARA MATERIAIS TÍPICOS (URBONAS E STAHR, 1993).	304
TABELA 1.9 – ALGUNS VALORES TÍPICOS DE COEFICIENTES DE INFILTRAÇÃO, BASEADOS NA TEXTURA DO SOLO (WATKINS APUD CIRIA, 1996).	305
TABELA 1.10 – FATORES DE SEGURANÇA PARA O COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO (CIRIA, 1996).	305
TABELA 1.11 – CLASSIFICAÇÃO NOMINAL DA BRITA (ARAÚJO ET AL., 2000).	308
TABELA 1.12 – CARACTERÍSTICA DOS CONCRETOS SEM FINOS PARA AGREGADO DE 9,5 A 19 MM. (MCINTOSH, BOTTON E MUIR, 1956 APUD NEVILLE, 1982).	310
TABELA 1.15 – FATORES DE REDUÇÃO DE ESCOAMENTO DAS SARJETAS (DAEE/CETESB, 1980).	339
TABELA 1.16 – FATOR DE REDUÇÃO DO ESCOAMENTO PARA BOCAS-DE-LOBO (DAEE/CETESB, 1980).	339
TABELA 1.17 – RELAÇÕES PARA FATOR HIDRÁULICO DE SEÇÕES CIRCULARES.	342
TABELA 1.18 – PLANILHA DE CÁLCULO DE REDES DE MICRODRENAGEM.	343
TABELA 1.19 – VALORES DE CN PARA BACIAS URBANAS E SUBURBANAS.	353

INTRODUÇÃO

A gestão das águas pluviais é realizada por meio do Plano de Águas Pluviais, cuja estrutura é apresentada na Figura 1.1, onde se destacam os seguintes componentes básicos:

- Política de Águas Pluviais;
- Medidas não-estruturais e estruturais;
- Produtos;
- Programas;
- Informações.

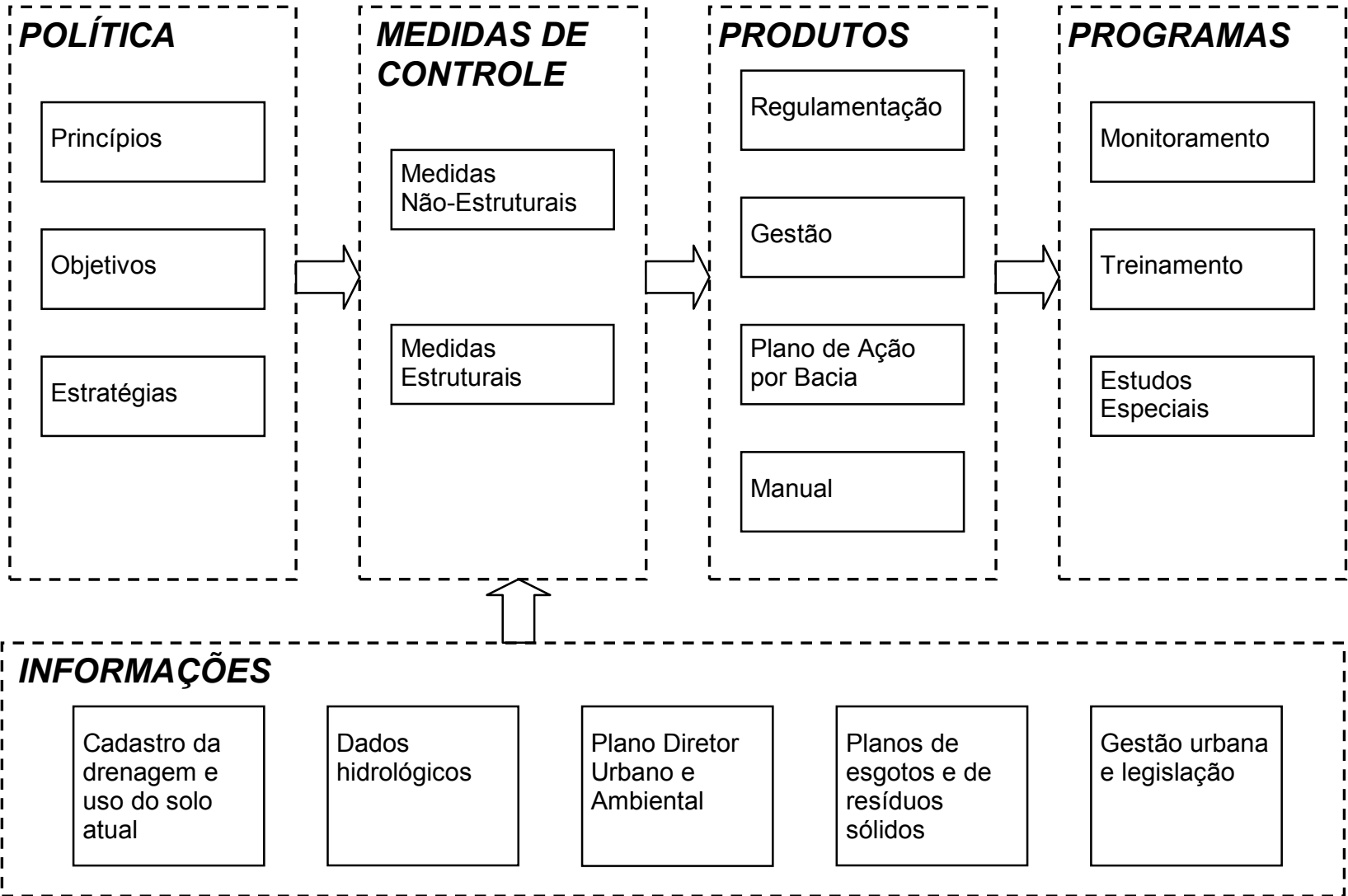


Figura 1.1 – Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana (Tucci, 2002).

As informações levantadas para o desenvolvimento do Plano são: cadastro da rede pluvial; bacias hidrográficas e suas características físicas; dados hidrológicos: precipitação, vazão e sedimentos; Plano Diretor Urbano, Plano Municipal de Esgoto Sanitário, Resíduos Sólidos e sistema de Gestão Urbana.

A política do Plano trata dos Princípios e objetivos do controle das águas pluviais; Estratégias de desenvolvimento do plano; Definição de cenários de desenvolvimento urbano e riscos para as inundações.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

As medidas são estruturais e não-estruturais. As medidas não-estruturais atuam na prevenção e na gestão da drenagem. As principais medidas não-estruturais são as seguintes: legislação e regulamentação sobre o aumento da vazão devido a urbanização para futuros desenvolvimentos e gestão dos serviços urbanos relacionados com as águas pluviais como: fiscalização dos serviços, avaliação e fiscalização da implementação de loteamentos e obras relacionadas com a legislação e regulamentação além da implementação dos programas previstos.

As medidas estruturais atuam no controle dos impactos existente de cada sub-bacia. O planejamento é realizado para que as intervenções controlem o escoamento dentro da bacia. O Plano de cada sub-bacia deve resultar num plano de obras, com esboço das intervenções e custos relacionados, além das ações de prevenções.

Os produtos do Plano são: Regulamentação do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental nos artigos relacionados com a drenagem urbana; Plano de Ação: controle das bacias hidrográficas urbanas da cidade; Proposta de gestão para a cidade; Manual de Drenagem.

O manual de drenagem orienta as atividades de planejadores e projetistas na cidade quanto ao desenvolvimento da drenagem e inundações ribeirinhas. Deve ser um documento de apoio.

Os programas são os estudos complementares de médio e longo prazo que são recomendados no Plano visando melhorar as deficiências encontradas na elaboração do Plano desenvolvido.

A seguir são apresentados os principais produtos do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande.

1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL ANALÍTICO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

O Estado de Mato Grosso do Sul conta atualmente com uma população de 2.264.468 (estimativa do IBGE em 2005), sendo que destes, 724.524 (contagem do IBGE em 2007) residem na capital, Campo Grande.

A economia do Estado baseou-se inicialmente no setor econômico primário (pecuária e agricultura) e posteriormente no setor terciário (comércio). Atualmente, implanta-se na região um pólo industrial, delineando perspectivas que enquadram o Estado de Mato Grosso do Sul como um dos futuros pólos econômicos nacionais a ser desenvolvido, calcado em suas riquezas naturais e humanas.

É neste contexto que se encaixa o presente plano; como parte do esforço de seus governantes em proporcionar condições básicas necessárias ao suporte adequado de um futuro promissor, otimizando soluções para as deficiências delineadas pelo rápido desenvolvimento a que o Estado de Mato Grosso do Sul vem sendo embutido.

O diagnóstico ambiental tem por objetivo atender aos requisitos do Plano Diretor de Drenagem de Campo Grande-MS para refletir a completa descrição e análise dos recursos ambientais.

No município de Campo Grande-MS o adensamento populacional está constituindo-se, mesmo sendo citado em seus estudos como o próprio Plano Diretor, em sua revisão em 2006, onde, a abordagem principal está relacionada com os vazios urbanos, como um problema constatado nas grandes metrópoles.

Em dezembro de 2005 e janeiro de 2006, Campo Grande passou por um período de grandes volumes pluviométricos em pequenos períodos, que refletiram em eventos de cheias evidenciados no Lago do Amor, rompendo a barragem e aumentando substancialmente o volume de água no fundo de vale a jusante, afetando inúmeros habitantes instalados nas proximidades. Os Bairros Aero Rancho e Vila Popular destacaram-se pelo acúmulo de prejuízos materiais ocorridos devido a estes eventos extremos.

Além dos pontos de cheias citados anteriormente, outros locais isolados em Campo Grande também sofreram com estes eventos.

A Câmara de Vereadores, comandada pela Comissão Especial de Meio Ambiente, convocou uma reunião que contou com a presença da sociedade, representantes de entidades de pesquisas, órgãos da prefeitura e especialistas no assunto, para discutirem as causas e propor soluções. Essa reunião culminou em um documento que indicava em suma duas grandes linhas.

A primeira linha ficou definida como obras estruturais, sendo estas obras de engenharia, para ações imediatas na contenção do volume de água, realizadas em pontos estratégicos e a segunda com a elaboração de um plano diretor de drenagem para a definição de diretrizes e apoiar a gestão pública.

1.1 Meio Biológico

Para elaboração do diagnóstico do meio biológico, de acordo com o descrito no Termo de Referência disponibilizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMADES se faz necessária a obtenção de dados secundários disponíveis na literatura especializada e nos estudos ambientais realizados visando o licenciamento ambiental de empreendimentos potencialmente poluidores existentes na SEMADES. Aliado a isso foram utilizadas imagens impressas do satélite Ikonos 2006, na escala 1:10.000 e na escala 1:40.000, além de imagem CBERS na escala 1:100.000.

1.1.1 Vegetação

O sistema de classificação da vegetação utilizado foi o de Ribeiro & Walter (1998) que apresenta uma chave de identificação das fisionomias associadas ao cerrado. Para facilitar a comparação com outros mapas, estabeleceu-se um paralelo para a classificação da vegetação com o sistema fisionômico-ecológico do IBGE (1992).

1.1.1.1 Caracterização da vegetação regional

O cerrado é um dos domínios de vegetação mais expressivos do território brasileiro, ocupando aproximadamente 23,9% do mesmo, e abrangendo praticamente toda a Região Centro-Oeste, com aproximadamente dois milhões de km² (IBGE 2004).

As bacias hidrográficas, no domínio dos cerrados, possuem fisionomias campestres, savânicas e florestais, cuja conservação é vital dentro de uma política de uso dos recursos hídricos para o consumo da população.

Campo Grande é uma capital localizada em uma região de altitudes que variam de 460 a 650 m, nos divisores de águas das bacias dos rios Paraná e Paraguai, dentro do domínio dos cerrados. Em termos biogeográficos a cidade está inserida na sub-região dos cerrados que apresenta identidade florística com os cerrados de Goiás e Brasília (Ratter *et al.* 2003).

1.1.1.2 Fisionomias vegetais presentes na cidade de Campo Grande

Com base na literatura o município de Campo Grande e consequentemente no perímetro urbano segundo a classificação de (Ribeiro & Walter 1998) são encontradas as seguintes fisionomias: cerrado senso restrito, cerrado denso, cerradão, vereda, buritizal, campo inundável, mata de galeria inundável, mata ciliar e campos de pastagem cultivada. Na classificação do IBGE (1992) os tipos fisionômicos com melhor correspondência são: savana parque que corresponde ao tipo cerrado senso restrito; savana florestada que corresponde ao cerradão. As florestas de galeria no sistema do IBGE aparecem com o mesmo nome associadas à savana parque como parte da unidade de paisagem.

As formações vereda, buritizal e campo úmido aparecem no sistema do IBGE como “formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre” do tipo buritizal (nome equivalente) e do tipo herbáceo com palmeiras (vereda) e sem palmeiras

(campo úmido). As matas ciliares são classificadas por aquele sistema como florestas estacionais semidecíduais aluviais.

Cerrado senso restrito (SS)

Caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas com arbustos e subarbustos dispersos em meio a uma matriz de espécies herbáceas (Ribeiro & Walter 1998). Esse tipo de fisionomia, quando ocorre, apresenta árvores com altura entre 5 e 7 m e estrato herbáceo contínuo. A seguir são descritas as principais espécies observadas nessas fisionomias foram: *Miconia albicans*, *Annona crassifolia*, *Guapia noxia*, *Roupala montana*, *Annona coriacea*, *Anadenanthera peregrina*, *Rhinchospora poliantha*, *Andropogon leuchostachyus*, *Axonopus brasiliensis*, *Campomanesia sp.*, *Schizachyrium condensatum* e *Juncus densiflorus* dentre outras.

Cerrado denso (CD)

Subtipo de vegetação predominantemente arbóreo, com cobertura de 50 a 70% (Ribeiro & Walter 1998). Nas áreas de ocorrência as árvores variaram de 5 a 7m de altura, apresentando algumas espécies arbustivas com até 2,5m. No “dossel” dessas formações pode-se encontrar *Xylopia aromatica*, *Qualea multiflora*, *Q. grandiflora*, *Q. parviflora*, *Dimorphandra mollis*, *Vochysia cinnamomea*, *Kielmeyera coriacea*, *Stryphnodendron adstringens*, *Caryocar brasiliense*, *Palicourea rigida*, *P. coriacea*, *Lecythis sp.*, *Rourea induta*, *Erythroxylum deciduum*, *Annona crassifolia* e *Allagoptera leucoclyx*. As principais espécies herbáceas desses ambientes foram: *Eleusine indica* (espécie invasora), *Senecio sp.*, *Bulbostylis sp.*, *Cyperus cayenensis*, *Aristida sp.*, *Sporobolus acuminatus*, *Digitaria insularis*, *Urochloa spp.* (invasora) e *Scleria sp.*

Cerradão – (C)

Formação florestal com aspecto xeromorfo (Ribeiro & Walter 1998). Essa formação se caracteriza pela fisionomia que pode se assemelhar ora a um cerrado denso ora a uma fisionomia de mata, com dossel fechado. Nos remanescentes existentes podem ocorrer elementos florísticos florestais sendo as espécies comuns no dossel dessas formações *Xylopia aromatica*, *Callistene major*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Kielmeyera coriacea*, *Caryocar brasiliense*, *Tapirira guianensis*, *Matayba guianensis*, *Copaifera langsdorfii*, *Aspidosperma subincanum*, *Calycophyllum cf. multiflorum*, *Lafoensia pacari* e *Eriotheca gracilipes*. Em algumas áreas *Bowdichia virgilioides* foi encontrada como emergente com até 15 m. No sub-bosque são encontradas espécies como *Bauhinia spp.*, com destaque para *B. holophylla*, *Mouriri sp.*, *Eugenia spp.*, *Byrsonima verbascifolia*, *B. coccolobifolia*, *Pouteria cf. gardneriana* e *Davilla elíptica*. No estrato herbáceo podem ser encontradas espécies como *Scleria sp.*, *Ichnanthus inconstans*, *Oplismenus hirtellus*, *Olyra latifolia* e *Pseudochinolaena polystachia* e *Geophila repens*.

Campo úmido

O campo úmido é uma fisionomia associada ao solo hidromórfico com lâmina d'água na superfície ao longo de quase todo ano. É condicionado pelo encharca-

mento do solo sendo característica a presença muito baixa de elementos lenhosos, situação em que é chamado de campo sujo úmido. Nas situações onde há ausência completa de arbustos e subarbustos é chamado de campo limpo úmido (Ribeiro & Walter 1998).

É caracterizado pela presença de várias espécies de ciperáceas como *Cyperus imbricatus*, *C. lanceolatus*, *C. luzulae*, *Eleocharis filiculmis*, *Fimbristylis diphylla*, *Kilinga odorata*, *K. vaginata*, *Rhynchospora marisculus* e *Scleria microcarpa*, e de gramíneas como *Axonopus capillaris*, *Digitaria bicornis*, *Eragrostis articulata*, *Panicum pedersenii*, *Steichisma laxa* e *Arundinella hispida*. São também comuns espécies como *Xyris asperula*, *Phyllanthus* spp., *Eringium ebracteatum*, *E. floribundum*, *Echinodorus grandiflorus* e espécies das famílias Eriocaulaceae.

Vereda

É uma fisionomia caracterizada pela presença do buriti (*Mauritia flexuosa*) em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas (Ribeiro & Walter 1998). São áreas de extensões variáveis apresentando campo úmido em ambos os lados. As veredas mantêm-se permanentemente úmidas ou encharcadas no decorrer do ano devido a presença de cursos d'água ou nascente. Nesta fitofisionomia podem ser encontrados: *Eleocharis sellowiana*, *Rhynchospora marisculus*, *Saccharum villosum*, *Axonopus affinis*, *A. brasiliensis*, *Smilax brasiliensis*, *Heliconia hirsuta*, *Limnocharis flava*, *Tapirira guianensis*, *Paepalanthus* sp., *Anthurium sinuatum*, *Serjania erecta* e *S. marginata*, além de espécies dos gêneros *Melochia*, *Tibouchina*, *Xyris* e da família Eriocaulaceae.

Buritizal

Marcada pela dominância absoluta de *Mauritia flexuosa* no dossel, estas áreas encontram-se permanentemente alagadas por uma lâmina d'água ou nascente, estando associada a uma altitude que pode variar entre 470 e 580 m. Crescendo ao abrigo do buritizal, verifica-se a presença de um denso estrato herbáceo-subarbustivo, formado por diferentes espécies (Araújo *et al.* 2002).

Segundo os mesmos autores, provavelmente algumas espécies sejam exclusivas deste ambiente. Praticamente as mesmas espécies encontradas na fisionomia de vereda, e que têm entre si uma preferência por ambientes hidromórficos e sombreados, caracterizam a vegetação herbácea do buritizal. As principais espécies de ocorrência são: *Eleocharis sellowiana*, *Rhynchospora marisculus*, *Saccharum villosum*, *Drosera* cf. *comunis*, *Smilax brasiliensis*, *Heliconia hirsuta*, *Limnocharis flava*, *Paepalanthus* sp., *Anthurium sinuatum*, *Serjania erecta*, *S. marginata* e *Xyris* spp.

Mata de galeria

Vegetação florestal que acompanha os córregos e rios de pequeno porte formando corredores fechados sobre o curso d'água. Geralmente se localiza em fundos de vale ou cabeceiras de drenagem onde os cursos de água ainda não escavaram leito definitivo. Em geral esse tipo de formação é perenifolia (Ribeiro & Walter 1998).

As espécies mais comuns no dossel desse tipo de ambiente observadas no trabalho e por Oliveira *et al.* 2003 foram: *Magnolia ovata*, *Cecropia pachystachya*, *Calophyllum brasiliense*, *Xylopia emarginata*, *Protium heptaphyllum*, *Ocotea velloziana*, *Tapirira guianensis*, *Ilex affinis*, *Dendropanax cuneatum*, *Mauritia flexuosa*, *Inga marginata* e *Rapanea guianensis*. No sub-bosque foram comuns espécies como *Coutarea hexandra*, *Tococa* sp., *Anthurium sinuatum*, *Heliconia hirsuta*, *Desmoncus* cf. *polyacanthos* e *Smilax brasiliensis*.

Mata ciliar

Vegetação florestal associada aos cursos d'água nas regiões onde o leito é bem definido e não forma galeria por sobre o curso d'água. Esse tipo de formação geralmente apresenta diferentes graus de decíduidade (Ribeiro & Walter 1998). Nessas matas é bastante comum a presença da palmeira Guariroba (*Syagrus oleacea*), que parece estar associada a esse tipo de fisionomia. Nas matas de galeria a palmeira mais comum é *Mauritia flexuosa*.

Nessas formações o dossel varia de 10 a 12 m, com sub-bosque de 3 a 6 m. As espécies mais comuns do dossel são *Rapanea guianensis*, *Matayba arborescens*, *Copaifera langsdorfii*, *Machaerium acutifolium*, *Acacia polyphylla*, *Inga vera*, *Nectandra megapotamica*, *Luehea grandiflora* e *Calophyllum brasiliense*. No sub-bosque em matas secas as espécies de maior ocorrência são: *Sebastiania brasiliensis*, *Maytenus ilicifolia* Helietta sp., *Allophylus edulis* e *Aegiphila lhotskiana*. No estrato herbáceo são observadas algumas gramíneas típicas de mata como *Olyra latifolia*, *Oplismenus hirtellus*, *Ichnanthus procurrens* e *Panicum pantrichum*. Nos campos úmidos associados às matas ciliares, apresentaram florística diferenciada. Algumas espécies de *Poaceae* foram encontradas exclusivamente nessas formações como *Hymenachne pernambucensis* e *Coelorachis aurita*.

1.1.1.3 Plantas de interesse econômico e/ou científico passíveis de ocorrência

Plantas novas, raras e ameaçadas de extinção

O Estado de Mato Grosso do Sul é muito pouco coletado em termos de botânica. Dessa forma não há como indicar com os conhecimentos atuais, quais espécies citadas seriam raras na região. Observando-se as listas de espécies ameaçadas de Extinção da IUCN (2007) e a lista do IBAMA, constatou-se que as espécies *Dypterix alata* e *Lafoensia pacari* encontram-se na lista da IUCN classificadas respectivamente como vulnerável e como com baixo risco de extinção. Muito provavelmente com o aprofundamento das identificações irão aparecer outras espécies constantes dessas listas.

Plantas de interesse para a fauna

Segundo Oliveira (1998) uma das principais formas de dispersão dos diásporos no cerrado é a zoocórica. Assim sendo, pode-se considerar que de forma geral a flora do cerrado é na sua maioria utilizada pela fauna nativa. No presente estudo, foram citadas a ocorrência de várias espécies com essas características. Dentre essas destacamos *Ananas ananassoides* (Ananás), *Bromelia balansae* (Gravatá), *Annona* spp (Ata e marolo) para consumo da mastofauna e avifauna, além de

Tapiriria guianensis e *Xylopia aromatica* que são consumidas por espécies da avifauna (Camilotti 2006). Outras espécies citadas no presente estudo que possuem fruto com polpa carnosa, sementes com estruturas anexas atrativas como arilos e espécies forrageiras para a fauna herbívora local podem ser encontradas nas fisionomias de ocorrência no município. Vale ressaltar que algumas espécies forrageiras nativas como *Eleocharis* spp., *Axonopus affinis*, e *Paspalum pumilum* podem exercer um papel importante na alimentação de espécies herbívoras do cerrado, e vem sendo substituídas por espécies exóticas como as braquiárias (*Urochloa* spp.). A importância dessas espécies para a fauna nativa é um tema ainda pouco investigado e necessita de estudos para a melhor compreensão do papel de áreas protegidas como as Unidades de Conservação da Natureza.

Plantas medicinais

Dentre as espécies de ocorrência nas fisionomias várias são citadas na literatura como sendo medicinais dentre as quais podemos destacar o jatobá (*Hymenaea sigonocarpa*), o gravatá (*Bromelia balansae*) e o picão (*Bidens gardneri*).

1.1.2 Fauna

O levantamento de fauna englobou os grupos de mamíferos (médio e grande portes), as aves, a herpetofauna e a ictiofauna, todos através da bibliografia disponível, que em conjunto constituem os grupos mais facilmente observáveis e indicadores da qualidade e de mudanças ambientais.

1.1.2.1 Fauna regional

Os vertebrados são animais exigentes em sua maioria quanto ao tamanho e qualidade do ambiente e, pôr conseguinte, mais vulneráveis à antropização que modificam estas características.

Considerou-se quanto aos aspectos zoogeográficos, os habitats representados pelas diversas fitofisionomias, admitindo-se que os fatores ambientais, influenciando sobre os tipos de habitats, determinam o gradiente de oportunidades para a estratégia alimentar.

Assim sendo, descrevemos a seguir a fauna passível de ocorrência em função da fitocenose predominante.

1.1.2.2 Fauna terrestre

A maioria das espécies é adaptada às áreas abertas, locomovendo-se sem dificuldades entre os diferentes locais da paisagem, um mesmo numero de animais é dependente de condições de maior umidade ou de maior estratificação da vegetação ficando restritos às manchas de Cerrado, Matas de Galeria e Floresta Estacional.

Apesar da predominância de pastagens, em termos regionais encontra-se ainda, no município, uma variedade de manchas remanescentes de vegetação arbustivo-arbórea, constituindo-se num mosaico de distribuição da fauna, que assume composição diversa de acordo com o tipo de mancha mais próxima.

Podem-se agrupar as comunidades animais associadas a três configurações básicas: a) áreas abertas, que incluem pastagens e campos naturais com árvores dispersas; b) matas de galerias nos declives de drenagem e; c) campos de várzea caracterizados por alagamentos periódicos, solos encharcados e lagoas temporárias e permanentes.

1.1.2.3 Fauna de áreas abertas

Nesta fisionomia, as aves compõem o grupo mais facilmente observado, formando um conjunto de espécies bastante comuns que se repetem em várias regiões do país. Animais endêmicos do Cerrado, ou espécies vulneráveis ou ameaçadas de extinção, são dificilmente encontrados, refletindo o alto grau de antropização da bacia.

Em termos de número de indivíduos, destacam-se os anus preto (*Crotophaga ani*) e branco (*Guira guira*), o quero-quero (*Vanellus chilensis*) e o joão-de-barro (*Furnarius rufus*), que se fazem notar em praticamente todas as áreas. São também muito abundantes o carcará (*Polyborus plancus*), os urubus comuns e de cabeça vermelha (*Coragyps atratus* e *Cathartes aura*), o periquito-de-encontro-amarelo (*Brotogetis chiriri*) e seriema (*Cariama cristata*).

A seriema (*Cariama cristata*, *Cariamidae*), que é considerada a mais típica do cerrado, vem aumentando sua área de distribuição pela derrubada de florestas e sua substituição por pastos. Anda aos casais ou em bandos pequenos, e alimenta-se de artrópodes, roedores, calangos e outros animais menores, ocasionalmente ofídios. Faz seu ninho em árvores do cerrado que permitam seu alcance aos saltos ou com esvoaçar curto, já que não é boa voadora; o ninho é de galhos finos e gravetos, forrado de folhas secas ou barro.

A perdiz (*Rhynchotus rufescens*, *Tinamidae*) é outra habitante do cerrado. Antigamente muito abundante em diferentes paisagens campestres e buritizais, tem sua população diminuída devido à caça predatória, pois sua carne é muito apreciada. Diferentemente da seriema, a expansão das pastagens não lhe favorece, pois coloca caçadores em maior contato com áreas anteriormente mais preservadas.

Quanto aos mamíferos, as áreas abertas são propícias para as espécies de pequeno e médio porte, como o cachorro-do-mato (*Dusicyon thous*), os gambás (*Didelphis marsupialis* e *D. albiventris*), o tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*), o tatu peba (*Euphractus sexcinctus*) e o preá (*Cavia aperea*), todos razoavelmente adaptados às modificações antrópicas.

Animais maiores, como o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*, *Canidae*) e a onça (Puma concolor, *Felidae*) também frequentam os campos, em busca de pequenos animais (roedores e aves) para sua alimentação. Como as maiores dos mamíferos possuem hábitos noturnos e são dificilmente visualizados, sendo detectados através de vestígios, como pegadas e fezes.

Com relação aos répteis, é muito provável a presença do teiú (*Tupinambis teguixin*), da lagartixa-preta (*Tropidurus* sp), do calango (*Ameiva ameiva*) e de serpentes como o cipó (*Liophis purpurans*), a falsa coral (*Oxyrhopus trigeminus*), jararacas (*Bothrops* spp) e a cascavel (*Crotalus durissus*), entre outras. A ocorrência de queimadas em intervalos aproximadamente regulares faz com que as populações

de serpentes fiquem sob controle, não havendo um grande aumento no número de indivíduos.

1.1.2.4 Fauna de matas de galeria

As Matas de Galeria são assim denominadas pôr acompanharem o curso dos rios, formando uma espécie de “corredor” de vegetação de maior porte e densidade, em razão da maior umidade melhor fertilidade do solo. Como as florestas em geral, a estrutura da mata de galeria, aliada à maior diversidade, oferece grande variedade de nichos distribuídos tanto ao nível do solo quanto verticalmente, como um “condomínio vertical”. No chão vivem pequenos roedores, tatus, gambás, alguns sapos e uma infinidade de invertebrados; nos galhos mais baixos ocorrem outras espécies de roedores, pequenos marsupiais, algumas aves e determinadas rãs e pererecas; os estratos superiores são denominados pôr um sem números de aves e também micos e macacos, que se distribuem conforme diferentes intensidades luminosas e disponibilidade de alimentos preferidos.

Estes corredores de vegetação exuberante constituem verdadeiros “oásis” para os animais, não somente para aqueles que nele vivem, mas também para outros que percorrem os campos na busca de alimentos e retornam à mata para dessementar e se abrigar.

Animais com maiores exigências ambientais, como o mão-pelada (*Procyon cancrivorus*), o veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*), o veado mateiro (*Mazama americana*) e a cutia (*Dasyprocta* sp), podem ser encontrados mais facilmente neste ambiente. Ainda têm ocorrência muito provável roedores como o esquilo (*Sciurus* sp), o rato d'água (*Nectomys squamipes*) e a paca (*Agouti paca*), e algumas espécies de morcegos, como os dos gêneros *Artibeus*, *Sturnira* e *Carollia*, além do vampiro (*Desmodus rotundus*), em razão da extensa criação de gado.

As aves constituem o grupo mais diversificado desta fisionomia, com número significativo de pássaros das famílias Fringilidae, Thraupidae e Tyrannidae, além de alguns periquitos (*Psittacidae*), corujas (*Strigidae*), beija-flores (*Trochilidae*) e picapaus (*Picidae*).

No grupo de répteis, serpentes como a boipeva (*Waglerophis merremi*) e a boipevaçu (*Hydrodinastes gigans*) devem aparecer na beira d'água, sendo igualmente provável a presença do cágado (*Phrynops geoffroanus*).

A maior unidade possibilita a ocorrência do sapo-bufo (*Bufo ictericus* e *Bufo crucifer*), pererecas (*Hyla* spp) rãs (*Leptodactylus* spp).

1.1.2.5 Fauna de campos úmidos (várzea)

A bacia hidrográfica do Rio Paraná caracteriza-se pelo relevo plano, propiciando alagamentos periódicos, bem como presença de solos encharcados e lagoas temporárias ou permanentes.

Conforme pode ser verificado nos mapas de geomorfologia e vegetação há, basicamente, dois tipos de campos de várzea, com características distintas.

O primeiro deles corresponde à planície de inundação do rio Pardo, periodicamente alagada e caracterizada pela presença bem definida do dique marginal,

onde ocorre a mata ciliar, e lagoas marginais caracterizadas pôr fitocenoses hidrófilas pôr excelência.

Circundando as margens das lagoas é frequente a ocorrência de tucuns (*Bactris setosa*). Aves paludículas frequentam esses ambientes, tendo-se verificado a presença de jacanãs (*Jacana jacana*) e galinholas (*Galinula chloropus*), forrageando entre as macrófitas, além do carvão (*Aramus guarauma*), de anatídeos como o irerê (*Dendrocygna viduata*) e da marreca ananai (*Amazonetta brasiliensis*). Junto às lagoas marginais são observados ainda vestígios de capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*).

O segundo tipo de várzea ocorre na planície aluvionar, verificando-se também nesses ambientes uma hidrosere bem definida, a partir dos sítios mais deprimidos do terreno, até partes mais elevadas.

A avifauna é bastante rica nessas várzeas tendo-se verificado a ocorrência de diversos ardeídeos tais como garças (*Casmerodius albus*, *Pilherodius pileatus*, *Egretta thula*) e socós (*Ardea cocoi*, *Butorides striatus* e *Tigrisoma lineatum*), colheireiro (*Ajaia ajaja*) e maguar (*Euxenura maguari*).

Apesar de aparentemente pouco alterados pela ação antrópica, esses campos são utilizados como áreas de pastagem extensiva determinando uma pressão zo-antrópica efetiva. Esta é evidenciada pôr trilhos feitos pelos animais e pelo estrato herbáceo empobrecido.

Aves características de formações abertas são encontradas nesses ambientes. Algumas são muito comuns em pastagens como o quero-quero (*Vanellus chilensis*). Foram visualizados ainda gaviões (*Ichinia plumbea* e *Buteo magnirostris*), este último muito abundante em todo o Brasil, e caracara (*Polyborus plancus*).

1.1.2.6 Aves migratórias

Segundo RIDGELY (1989) a Andorinha grande (*Progne Chalybea*), é uma espécie migratória que se desloca durante o inverno austral em direção ao norte para a Venezuela e Suriname. Porém, DUBS (1992) afirma que a mesma migra dos EUA para o Uruguai e Argentina.

SICK (1985) descreve que populações argentinas de Principes (*Pyrocephalus rubinus*) migram para regiões tropicais antes do início da queda da temperatura e antes de uma carência de alimentos nas regiões pátrias.

1.1.2.7 Fauna aquática regional

A bacia do rio Paraná equivale a 10,5% do território nacional (PAIVA, 1983) e destaca-se pôr sua diversidade específica, com muitas formas comuns à bacia do Paraguai. As drenagens pertencentes à bacia do Paraná, como o próprio rio Paraná, concentram a maior diversidade faunística, contendo 75% da ictiofauna local.

Os peixes ocorrentes são predominantemente reofílicos, empreendendo deslocamentos sazonais ao longo de toda bacia (fenômeno da piracema). Para tais espécies, as áreas de várzeas situadas em zonas marginais aos trechos mais inferiores do rio desempenham papel idêntico ao das áreas alagadas da drenagem do Paraguai, destacando-se no papel de lares de alimentação para os estádios lar-

vais ou juvenis de diversas espécies migradoras, dentre as quais destacam-se o dourado (*S. maxulosus*), o pacu (*Colossoma mitrei*) e o pintado (*P. corruscans*), dentre outras.

Os pequenos rios e riachos da drenagem do Paraná apresentam-se, dentro da área estudada, predominantemente descaracterizados quanto a vegetação ciliar, verificando-se a redução significativa ou mesmo a eliminação das matas de galeria.

Em linhas gerais, a ictiofauna desses riachos é formada principalmente pôr espécies comuns ao rio Paraná, sendo guarus (*Poeciliidae*), peixes cadela (*Oligosarcus* spp.), canivetes (*Characidium* spp.), piabinhas (*Cheirodon* spp.), saguirus (*Cyphocarax* spp.), viuvinhas (*Moenkhausia sancta-filomenae*), lambaris (principalmente *Astyanax bimaculatus*, *A. scabripinnis* e *A. eigenmaniorum*), piquiras (*Creagutus argenteus*), pequenos Pimelodidae (*Cetopsorhamdia iheringi*, além dos gêneros *Chasmocranus*, *Imparfinis*, *Nannorhandia*, *Pimelodella* e *Rhandella*), cascudos (*Hypostomus* spp.) e candirus (*Trychomicterus* spp.) os elementos mais conspícuos.

As áreas de várzeas abrigam algumas espécies características como *Synbranchus marmoratus*, *Hoplosternum littorale*, *Gymnotus carapo*, além de formas jovens de alguns reofílicos, como os gêneros *Prochilodus*, *Curimata*, *Cyphocarax*, *Acestrorhynchus* e *Leporinus*, dentre outros.

As principais formas de valor econômico ao longo da bacia são: curimbatá (*P. scrofa*), jaú (*Pauliceia lutkeni*), pintado (*P. corruscans*), pacu (*Colossoma mitrei*), piaú (diversas espécies de *Leporinus*), ocorrentes exclusivamente em águas lóti-cas, além de acarás (*Gepphagus brasiliensis*), cascudos (principalmente espécies do gênero *Hypostomus*) traíras (*Hoplias malabaricus*), que ocorrem em setores de menor dinâmica dos rios ou mesmo em sistemas lênticos.

Ictiofauna

A bacia do rio Paraná, na qual se encontra inserida a sub bacia do Rio Pardo do qual é afluente da bacia hidrográfica municipal, equivale a 10,5% do território nacional (PAIVA, 1983) e destaca-se pôr sua diversidade específica, com muitas formas comuns à bacia do Paraguai. As drenagens pertencentes à bacia do Paraná, como o próprio rio Paraná, concentram a maior diversidade faunística, contendo 75% da ictiofauna local. Os peixes ocorrentes são predominantemente reofílicos, empreendendo deslocamentos sazonais ao longo de toda bacia (fenômeno da piracema). Para tais espécies, as áreas de várzeas situadas em zonas marginais aos trechos mais inferiores do rio desempenham papel idêntico ao das áreas alagadas da drenagem do Paraguai, destacando-se no papel de lares de alimentação para os estádios larvais ou juvenis de diversas espécies migradoras, dentre as quais destacam-se o dourado (*S. maxulosus*), o pacu (*Colossoma mitrei*) e o pintado (*P. corruscans*), dentre outras.

Os pequenos rios e riachos da drenagem do Paraná se apresentam predominantemente descaracterizados quanto à vegetação ciliar, verificando-se a redução significativa ou mesmo a eliminação das matas de galeria.

Em linhas gerais, a ictiofauna desses riachos é formada principalmente pôr espécies comuns ao rio Paraná, sendo guarus (*Poeciliidae*), peixes cadela (*Oligosarcus*

spp.), canivetes (*Characidium* spp.), piabinhas (*Cheirodon* spp.), saguirus (*Cyphocarax* spp.), viuvinhas (*Moenkhausia sancta-filomenae*), lambaris (principalmente *Astyanax bimaculatus*, *A. scabripinnis* e *A. eigenmaniorum*), piquiras (*Creagutus argenteus*), pequenos Pimelodidae (*Cetopsorhamdia iheringi*, além dos gêneros *Chasmocranus*, *Imparfinis*, *Nannorhandia*, *Pimelodella* e *Rhandella*), cascudos (*Hypostomus* spp.) e candirus (*Trychomicterus* spp.) os elementos mais conspícuos.

As áreas de várzeas abrigam algumas espécies características como *Synbranchus marmoratus*, *Hoplosternum littorale*, *Gymnotus carapo*, além de formas jovens de alguns reofílicos, como os gêneros *Prochilodus*, *Curimata*, *Cyphocarax*, *Acestrorhynchus* e *Leporinus*, dentre outros.

As principais formas de valor econômico ao longo da bacia são: curimbatá (*P. scrofa*), jaú (*Pauliceia lutkeni*), pintado (*P. corruscans*), pacu (*Colossoma mitrei*), piauí (diversas espécies de *Leporinus*), ocorrentes exclusivamente em águas lóti-cas, além de acarás (*Gepphagus brasiliensis*), cascudos (principalmente espécies do gênero *Hypostomus*), traíras (*Hoplias malabaricus*), que ocorrem em setores de menor dinâmica dos rios ou mesmo em sistemas lênticos.

Segundo Agostinho & Júlio (1999) “os levantamentos ictiofaunísticos realizados na bacia do rio Paraná, são como nas outras grandes bacias hidrográficas brasileiras, ainda incompletos. Além disto, não existe consenso acerca do status taxonômico de muitas espécies listadas nestes levantamentos. Estes fatos, que refletem o estado atual de carências da sistemática de peixes de água doce no Brasil, conferem um certo grau de imprecisão nas listagens de espécies. Ainda assim, tomando-se pôr base levantamentos recentes, é certo que a ictiofauna da bacia do rio Paraná em seu trecho brasileiro é composta pôr aproximadamente 250 espécies, das quais 107 são Caraciformes, 91 Siluriformes, 20 Perciformes, 3 Rajiformes, 1 Cipriniformes, 1 Pleuronectiformes, duas Clupeiformes, 5 Ciprinodontiformes e 1 Simbranquiformes. Nestes números não estão incluídas mais de 16 espécies do gênero *Hypostomus* e algumas de *Rivulus*, cuja identificação específica carece de comprovação.”

Associado a estes fatos, salienta-se que a bacia do rio Paraná recebeu, no mínimo, 13 espécies de peixes em tentativas de introdução (Agostinho & Julio Jr., 1996). A introdução de espécies tem sido realizada principalmente em reservatórios. Entre elas podemos destacar: *Tilapia rendalli*, *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Astronotus* sp., *Plagioscion esquamossissimus*, *Triportheus a. angulatus* e *Cichla acellaris*.

De 1981 a 1985, Godoy (1986) coordenou uma série de estudos sobre a ictiofauna e a pesca do rio Paraná, entre o antigo local do salto de sete quedas e as proximidades da obra da barragem de Porto Primavera, hoje Sérgio Mota. Conforme relata Godoy, “a pesquisa abrangeu trabalhos de observação em campo, isto é, dentro do próprio rio Paraná e em parte dos seus afluentes, como os rios Iguatemi e Ivinhema, do lado de Mato Grosso do Sul e dos rios Ivaí e Piqueri, do lado do Paraná”. Foi durante este período que ocorreu a formação do reservatório de Itaipu, responsável pelo “afogamento” do Salto de Sete Quedas e pôr “possibilitar a consequente facilidade para os peixes, de todas as espécies que habitavam as águas, tanto de jusante, como de montante, migrarem para cima e para baixo, em relação ao obstáculo que desapareceu”. Um dos resultados destes estudos foi a publicação de uma lista de peixes composta por 119 espécies.

Apesar da bacia do Paraná ter sido estudada intensamente nas últimas décadas, as informações disponíveis para a caracterização da ictiofauna ainda são bastante restritas e compartimentadas, havendo a necessidade de estudos complementares que possibilitem a integração dos dados disponíveis e a definição das espécies de ocorrência na bacia.

Estudos da Universidade Estadual de Maringá, conforme mencionado por Agostinho e Julio (1999), indicam que as águas rápidas do Piquiri permitem uma abundante captura de piaus *Leporinus amblirhynchus* e *Schizodon nasutus*, do peixe cadela *Galeocharax Knerii*, do canivete *Apareiodon piracicabae* e do pacu prata *Nyloplus levis*, raros e esporádicos em rios de planície e meandantes como o Iguatemi e o Ivinhema, por exemplo. Comparando ainda a ictiofauna do Piquiri, com as dos rios Ivinhema e Iguatemi, verificam-se diferenças não apenas pelo menor número de espécies no Piquiri (foram encontrados 53, contra 60 no Ivinhema e 68 no Iguatemi), mas também na composição e abundância.

Espécies que figuram entre as dominantes e amplamente representadas nos rios de planície não estão presentes no Piquiri ou, se estão, restringem-se aos primeiros quilômetros de sua foz (ex. famílias Doradidae, Ageneiosidae, Generos Loricaria, Loricariichthys e Roeboides, e espécies como *Serrasalmus marginatus*, *Chisodon borelli*, *Rhaphiodon vulpinis*, *Parauchenipterus galeatus*, *P. aquamosis-simus*). Já a ictiofauna do Iguatemi e Ivinhema apresentam grandes similaridades entre si (50 espécies comuns).

Para a bacia do rio Anhanduí os dados sobre a ictiofauna são escassos ou inexistentes, porém, o rio Pardo, Sucuriú, Ivinhema, Iguatemi e o Piquiri, afluente da margem esquerda do rio Paraná apresentam vários aspectos comuns em sua hidrografia, dentre eles as várias cachoeiras, saltos e estreitos, com desnível de mais de 1000 m nos quase 500 Km que percorrem, podem sugerir aspectos comuns quanto a ictiofauna.

Na bacia hidrográfica municipal foram encontradas informações sobre as drenagens dos córregos Imbirussu, situado dentro do perímetro urbano e do córrego Guariroba localizado na zona rural, fora da área de estudo, os quais possivelmente venham refletir o perfil da ictiofauna da área estudada.

A ictiofauna da bacia hidrográfica do Córrego Imbirussu

MEIRA relata que durante trabalho realizado em 1999 foram capturados 518 exemplares, distribuídos entre as 29 espécies encontradas em quatro trechos distribuídos ao longo da bacia os quais estão descritos na Tabela.

O trecho 1 situa-se no início do corpo d'água, onde não se verificou lançamentos de efluentes domésticos ou industriais, ocorrendo somente o escoamento das águas pluviais. A vegetação ciliar neste segmento foi totalmente removida, dando lugar as pastagens para a criação de gado e loteamentos.

No trecho 2, ocorrem os primeiros lançamentos de efluentes domésticos (ETE-Coophatrabalho/ETE Jd. Aeroporto), presença de loteamento nas duas margens, concentração de lançamentos de águas pluviais e maior faixa de vegetação ciliar (Buritizais e Matas de Galerias) pertencentes a micro bacia do córrego Imbirussu situadas dentro do perímetro urbano, além da presença de inúmeras favelas localizadas em fundo de vale.

O trecho 3 situa-se no segmento que ocorrem dois lançamentos de efluentes industriais (Frigoríficos), sendo as águas represadas pelo Frigorífico SWIFT, atual FRIBOI JBS.

Os loteamentos ocorrem nos primeiros 50% deste trecho, predominando a ausência de pavimento asfáltico, drenagem superficial e a consequente lixiviação do solo desprovido de vegetação e sem manejo adequado. A vegetação ciliar é rarefeita na maioria do trecho, tornando-se densa nas proximidades do trecho 4.

A partir do início do trecho 4 os loteamentos deixaram de existir, pois atingimos o limite do perímetro urbano que situa-se nas imediações do Núcleo Industrial, ocorrendo, neste ponto, os lançamentos dos efluentes industriais e da drenagem das águas pluviais deste núcleo.

O trecho 4 situa-se em grande parte na zona rural, o uso do solo é predominantemente para fins pecuários, a vegetação ciliar (matas de Galeria) está presente em faixa restrita as margens dos cursos d'água, ocorrem veredas nas cabeceiras de drenagem, várzeas e lagoas em uma grande extensão de área situada no interflúvio dos córregos Lagoa e Imbirussu.

A diversidade (Tabela 2.2) encontrada para os trechos 1 e 2 apresenta similaridade de 50% (Tabela 2.3) correspondendo a 1,8438 e 1,8822 respectivamente, ocorrendo 12 espécies em cada segmento, predominando no trecho 1: *Corydoras aeneus* sp (lambari), *Hypostomus* sp2, e várias espécies de *Characidae*; o trecho 2, por receber efluentes domésticos, reduz a variedade quanto as espécies pertencentes a família *Characidae*, predominam na comunidade *Corydoras aeneus*, maior diversidade de *Ciclididae*, *Gymnotus carapo* *Hypostomus* sp2 e *Poecilia* sp.

Neste trecho, nas proximidades do lançamento da ETE Coopatrabalho observou-se a presença de Chironomídeos em ambiente lenticó.

No trecho 3 foram capturados 257 exemplares, distribuídos entre as 13 espécies identificadas das quais 54% ocorrem próximo ao ponto de descarga da barragem do Frigorífico SWIFT, predominando as famílias *Characidae* e *Poeciliidae* destacando-se *Astymax bimaculatus* e *Libistes* sp.

Após a barragem ocorre o primeiro lançamento industrial (Frigorífico SWIFT) e a partir deste ponto capturamos somente espécies detritívoras que sobrevivem em ambientes com baixos teores de OD e possuem acessórios para realizar respiração aérea dentre eles *Gymnotus carapo*, *Liposarcus anisitsi* e *Hoplosternum littorale*; Apenas 1 exemplar de *Synbranchus marmoratus* foi capturado, mas segundo informações dos coletores de iscas, ocorrem em maior quantidade.

A diversidade encontrada para este trecho foi de 1,5558, considerando-se todo o segmento, e ao excluirmos as espécies que ocorrem na barragem obtivemos 1,2530, valor considerado baixo e a similaridade em relação aos trechos 1 e 2 correspondem a 48% e 40% (considerando todo o trecho 3) e 22% e 33% (excluindo-se espécies que ocorrem na barragem) respectivamente caracterizando que, a partir deste, ocorre maior degradação do corpo d'água e a consequente redução da diversidade.

O trecho 4, apresentou o maior número de espécies (16) e menor quantidade de exemplares capturados (80). As espécies encontradas podem ser divididas em dois grupos: as que ocorrem ao longo do córrego (*Callichtys callichtys*, *Hoplosternum littorale*, *Hoplerythrinus unitaeniatus*, *Gymnotus carapo* *Hyposto-*

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

mus sp1 e sp2, *Liposarcus* (tie) *anisitsi*; sp da sub família *horicarinae* e *synbranchus marmoratins* caracterizando-se como no trecho 3 após os lançamentos dos drigoríficos , ou seja, espécies detritívoras resistentes aos baixos teores de OD e com adaptações para respiração aérea, apresentado diversidade igual a 1,8853 e similaridade de 21%, 42%, 61% para os trechos 1, 2 e 3 respectivamente e as que ocorrem nas confluências com os afluentes destacando-se as da família *Characidae* , *Ciclididae* e *Poeciliidae*.

Tabela 2.1 – Caracterização da ictiofauna da Microbacia do córrego Imbirussu

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	NÚMERO DE INDIVÍDUOS CAPTURADOS				TOTAL POR		COMPRIMENTO
			TRECHO 1	TRECHO 2	TRECHO 3	TRECHO 4	ESPÉCIE	MÉDIO	
1- Ancistrinae	<i>Ancistrus</i> sp	Cascudo				3	3		110
2- Callichthyidae	<i>Callichtys callichthys</i>	Camboatá/Casado		2		3	5		117
	<i>Hoplosternum littorale</i>	Camboatá			3		3		217
3- Characidae	<i>Corydoras aeneus</i>	Camboatazinho	18	16	34 (B)	4 (A)	72		52
	<i>Moenkhausia dichroua</i>	Lambari			1 (B)				38
	<i>Moenkhausia sanctae-filomenae</i>	Lambari	1			1 (A)	2		39
	<i>Piabarcus</i> sp	Lambari				3 (A)	3		40
	<i>Astyanax bimaculatus</i>	Lambari	3		108 (B)	5 (A)	116		34
	<i>Astyanax</i> sp	Lambari			1 (B)		1		43
	<i>Astyanax lineatus</i>	Lambari	2			9 (A)	11		46
	<i>Astyanax fasciatus</i>	Lambari				23 (A)	23		48
	sp	Lambari	14				14		55
	<i>Odontostilbe paraguayensis</i>	Lambari			1 (B)		1		38
4-Cheirodontinae					5 (B)	9 (A)	22		90
5- Ciclidae	<i>Aequidens plagiozonatus</i>	Cara	3	5			1		135
6-Erythrinidae	<i>Ciclasoma dimerus</i>	Cara		1			3		146
	<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	Jeju/Jejum			1	2	3		116
7- Gymnotidae	<i>Gymnotus carapo</i>	Tuvira	3	19	11	5	38		197
8- Hypostominae	<i>Hypostomus</i> sp1	Cascudo				2	2		79
	<i>Hypostomus</i> sp2	Cascudo	37	27	1	5	70		119
9- Loricariinae	<i>Liposarcus anisitsi</i>	Cascudo			16		16		150
		Lambari				2 (A)	2		88
10- Pimelodidae	<i>Rhamdia</i> sp	Bagre	1	3			4		55
	<i>Pimelodella notomelas</i>	Bagre	5				5		27
11- Poeciliidae	<i>Libistes</i> sp	Libiste	5		74 (B)	1 (A)	80		31
12- Synbranchidae	<i>Poecilia</i> sp	Libiste		11			11		484
	<i>Synbranchus marmoratus</i>	Mussum		1	1	3	5		75
13- Tetraopterinidae	sp1	Lambari		1			1		64
	sp2	Lambari	1	1			2		73
Totais de captura por trecho/segmento			93	88	257	79	517		

Tabela 2.2 – Índice de diversidade para os vários trechos do córrego Imbirussu.

Trechos	Diversidade	Diversidade excluindo-se B e A
1	1,8438	/
2	1,8822	/
3	1,5558	1,2530
4	2,3983	1,8853

Se considerarmos o trecho 4 integralmente, obteremos diversidade 2,3983 e similaridade de 57%, 43% e 55% para os trechos 1, 2 e 3 respectivamente.

Os trechos 1 e 2, apesar de estarem relativamente impactados, apresentam diversidade e similaridade equivalentes a sua condição de nascente, porém nos demais trechos predominam espécies tolerantes a poluição, excluindo-se as espécies encontradas na barragem e nas confluências.

Tabela 2.3 – Índice de similaridade para os vários trechos do córrego Imbirussu.

Valores totais (%)

	1	2	3	4
1		50	48	57
2	50		40	43
3	22	33		55
4	21	42	61	

Valores parciais excluindo-se a Barragem e os Afluentes do córrego Imbirussu. (%)

A ictiofauna da bacia hidrográfica do Córrego Guariroba

Para a bacia do Córrego Guariroba o Plano de Manejo da APA do Guariroba, realizado em 2007, descreve que esta bacia apresenta fauna aquática representativa para as características da área, sendo diagnosticado a riqueza, quantitativamente os táxons e os indicadores do estado de influência antrópica, particularmente do assoreamento.

Os Characiformes apresentaram o maior número de famílias e riqueza de espécies (Tabela 2.6), sendo que 9 espécies pertencem à família Characidae. Muitas das espécies de Characiformes são de pequeno porte, como por exemplo, a *Astyanax* (lambari), ou menores ainda, como *Moenkhausia*, *Serrapinnus*, *Hemigrammus* e *Bryconamericus*, conhecidos como lambarizinho, gêneros com ampla distribuição nos corpos de água brasileiros. Os *Siluriformes* abrangeram relativamente poucas espécies, não ocorrendo as de grande porte.

Tabela 2.4 – Táxons de peixes coletados a montante, a jusante e no reservatório Guariroba

Ordem	Família (Sub-família)	Espécie	Nome popular
Characiform	Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus</i> cf. <i>lacustris</i>	Peixe-cachorro
	Anostomidae	<i>Leporinus paranensis</i>	Piau
		<i>Leporinus</i> sp.	Piau
		<i>Schizodon nasutus</i>	Taguara
	Characidae	<i>Astyanax altiparanae</i>	Lambari-de-rabo-amarelo
		<i>Astyanax fasciatus</i>	Lambari-de-rabo-vermelho
		<i>Bryconamericus</i> cf. <i>stramineus</i>	Lambarizinho
		<i>Hemigrammus marginatus</i>	
		<i>Moenkhausia sanctaefilomenae</i>	Lambari-olho-de-fog
		<i>Salminus hilarii</i>	Tabarana
	Cheirodontinae	<i>Serrapinnus notomelas</i>	Piabina
	Serrasalminae	<i>Myleus levis</i>	Pacu-peva
	Characinae	<i>Galeocharax knerii</i>	Peixe-cadela
	Crenuchidae	<i>Characidium</i> cf. <i>zebra</i>	
	Lebiasinidae	<i>Pyrrhulina australis</i>	
	Parodontidae	<i>Parodon nasus</i>	Canivete, duro-duro
Gymnotiform	Sternopygidae	<i>Sternopygus macrurus</i>	Tuvira
Perciformes	Cichlidae	<i>Aequidens</i> sp.	Cará
	Cichlinae	<i>Crenicichla britskii</i>	Joaninha, jacundá
Siluriformes	Callichthyidae/ Corydodinae	<i>Corydoras aeneus</i>	Sarro
	Loricariidae/ Hypoptopomatinae	<i>Hisonotus</i> sp.	Cascudinho
	Hypostominae	<i>Hypostomus ancistroides</i>	Cascudo
		<i>Hypostomus regani</i>	Cascudo
	Loricariinae	<i>Rineloricaria</i> sp.	Rapa-canoa
	Pimelodidae	<i>Pimelodus paranensis</i>	Bagre-sapo

Tabela 2.5 – Número total de espécimes e espécies encontradas

Espécies	Montante	Jusante
	N	N
Total de espécimes	734	18
Total de espécies	25	8

Chama a atenção a presença de espécies migradoras como *Leporinus* (piauí), *Pimelodus*, *Myleus* (pacu) e *Salminus hilarii* (tabarana); um adulto desta última, porém, só ocorreu a jusante da barragem, a qual não apresenta mecanismo de transposição de peixes. A ocorrência de jovens de *Myleus* e *Leporinus* indica que essas espécies não necessitam de migração de longa distância para a reprodução ou são migradores facultativos.

A diversidade de espécies não foi baixa para corpos de água de pequeno porte e o número de indivíduos foi elevado para um esforço de pesca de curta duração. Porém, para a maior parte das espécies foi capturado pequeno número de exemplares. Das espécies coletadas, as mais abundantes foram pequenos caracídeos como *Serrapinnus notomelas*, *Bryconamericus* cf. *stramineus* e *Hemigrammus marginatus*, nessa ordem de importância, que somaram 75% do número de indivíduos coletados.

Tabela 2.6 – Resumo do número de grupos e de famílias e riqueza de espécies de peixes

Ordens	Famílias	Riqueza das espécies
Characiformes	6	16
Siluriformes	3	6
Gymnotiformes	1	1
Perciformes	1	2

A dominância dos Ostariophysi (*Characiformes*, *Siluriformes* e *Gymnotiformes*) na bacia do Guariroba reflete a situação da ictiofauna Sul americana em geral (LOWE-MCCONNELL, 1975). Os *Characiformes* predominaram em relação aos *Siluriformes*.

Os riachos são caracterizados por espécies de pequeno porte, com capacidade reduzida de deslocamento, distribuição relativamente restrita (CASTRO, 1999; CASTRO & MENEZES, 1998) e menor diversidade em relação a rios (FROEHLICH *et al.* 2006). O Córrego Guariroba apresenta as características encontradas em outros corpos de água de dimensões reduzidas, sendo a maioria das espécies de porte pequeno e algumas espécies de porte médio. Espécies comercialmente valorizadas de grandes bagres (*Siluriformes*) não ocorrem na bacia hidrográfica, o que é esperado dadas as proporções dos corpos de água.

Algumas espécies migradoras e facultativas ocorrem à montante da barragem, o que mostra que elas se adaptaram ao represamento do córrego e devem migrar no trecho não barrado ou reproduzir-se no reservatório. Tabarana (*Salminus hilarii*), notoriamente um peixe migrador, só ocorreu à jusante da barragem e em número muito reduzido (coletado um único exemplar), indicando que a barragem sem mecanismo de transposição impede seu deslocamento rio acima. Como não

é conhecida a migração reprodutiva dos peixes nesta sub-bacia, não se tem elementos para avaliar sua extensão e, desse modo, o grau de influência do barramento.

A inexistência de conhecimento sobre a ictiofauna, antes da ocupação humana intensiva da região da bacia do Córrego Guariroba, dificulta a avaliação da influência da exploração pastoril, com consequente degradação do solo e assoreamento. O suporte para as conclusões de que a ictiofauna do Córrego Guariroba foi significativamente afetada pelas atividades humanas nas últimas décadas encontra-se em trabalhos comparativos entre corpos de água assoreados e não assoreados. Casatti (2004), em estudo de dois córregos no curso superior do Rio Paraná, um assoreado e outro não impactado, concluiu que a dominância de diferentes espécies em cada um dos córregos indica a influência do assoreamento.

A autora reporta que no córrego assoreado predominaram *Corydoras aeneus*, *Serrapinnus notomelas* e *Pyrrhulina australis*, que se beneficiam de microhabitats relacionados ao assoreamento e supressão de vegetação marginal, tais como poços de fundo de areia e poços rasos marginais. Froehlich *et al.* (2006) no seu estudo sobre a ictiofauna das bacias dos rios Aporé (afluente do Rio Paranaíba), Sucuriú e Quitéria (afluentes do Rio Paraná superior), ambientes bastante impactados e assoreados, encontraram dominância de espécies semelhante a do Córrego Guariroba, em primeiro lugar *Serrapinnus notomelas* e em segundo *Hemigrammus marginatus*.

Complementarmente, as análises da água realizadas no final de janeiro de 2007 indicaram que a qualidade da água é boa. Os fatores indicativos foram a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) que não é alta (< 2 mg/L); não há indícios de forte eutrofização, pois os nutrientes nitrogenados e fosforados não ocorrem em concentrações muito elevadas; não há contaminação por defensivos agrícolas acima de limites aceitáveis pelo CONAMA; não há fontes importantes de despejos domésticos a julgar pelo número de bactérias coliformes fecais (habitantes do intestino de animais de sangue quente como o gado e o homem). Os coliformes totais (provenientes também do solo) apresentaram o número mais elevado indicando atividade de decomposição; os metais também ocorrem em concentrações abaixo do tolerado, exceto alumínio, mas as concentrações mais elevadas de alumínio têm relação com o solo do cerrado que é rico em Al; a cor é mais acentuada no Córrego Guariroba (acima do limite de 75), mas não nos outros pontos amostrados, como os córregos dos Tocos e Saltinho. Finalmente, a turbidez não é muito elevada, sendo maior no Córrego Guariroba do que nos outros córregos.

Em síntese, a degradação do solo e seus usos afetaram as características da água nos corpos de água da bacia do Córrego Guariroba, mas não atingiram níveis superiores aos estipulados pelo CONAMA. As características da água não inviabilizam a sobrevivência dos peixes, a qual sofre maior influência da entrada de sedimentos do solo desprovido de recobrimento vegetal, assoreamento do leito de córregos e da represa, diminuindo a profundidade, alterando a composição sedimentológica e microhabitats.

A maioria dos peixes concentra-se na zona litorânea, particularmente as fases jovens, aspecto melhor conhecido em corpos de água lênticos como reservatórios (ARCIFA *et al.*, 1988; ARCIFA & NORTHCOTE, 1997; MESCHIATTI & ARCIFA, 2002). É nesta zona que a maioria deles obtém alimento e alguns se reproduzem.

*Características ecológicas de algumas famílias encontradas***Família Characidae**

Na América do Sul esta família compreende cerca de 30 subfamílias e inclui peixes de hábitos alimentares muito diversificados (herbívoros, omnívoros, carnívoros) que exploram uma grande variedade de habitats.

Família Erythrinidae

As traíras e jejus são peixes carnívoros, predadores, que apresentam ampla distribuição pela América do Sul e habitam, de preferência, ambientes lênticos. Possuem dentes cônicos e caninos nas maxilas; também no palato possuem dentes pequenos. Não possuem nadadeira adiposa.

Família Gymnotidae

São peixes de hábitos noturnos que usam órgãos elétricos na sua orientação. O corpo dos Gymnotidae é muito alongado e se estreita progressivamente até o fim do pedúnculo caudal. Não possuem nadadeiras dorsal e ventrais e, em alguns, também a caudal está ausente.

Família Loricariidae

Os cascudos ou acaris, nomes pelos quais são conhecidos os peixes desta família, tem ampla distribuição pela América do Sul e compreendem centenas de espécies. No geral, são peixes de fundo, onde vivem raspando o substrato para alimentar-se.

São facilmente reconhecidos por possuir boca inferior e quase todo corpo revestido de placas ósseas (o abdome frequentemente é nú).

Família Synbranchidae

São peixes de corpo alongado e cilíndrico, coberto por pele nua, extremamente lisa devido à secreção de muco. Apresentam uma prega adiposa que funciona como nadadeira, começando na região posterior do dorso, contornando a extremidade da cauda. Não tem opérculo, apresentando somente uma abertura branquial. A boca é grande provida de dentes pequenos. A coloração é cinzenta escura, mais clara na região ventral.

Vivem em rios e corixos de águas paradas e barrentas onde se ocultam entre as raízes e o lodo do fundo. De hábitos noturnos se alimentam de pequenos peixes, insetos e vermes.

Reproduzem-se na época da cheia, desovando em buracos na lama, com um número de ovos muito pequeno em relação a outros peixes.

Aspectos relacionados a ecologia trófica de três espécies encontradas

LUIZ *et al* (1998) descreve a dieta alimentar de algumas espécies de ocorrência para os riachos supra citados, os quais serão adotados como referência para o córrego em estudo, face a inexistência de dados que corroborem para sua descrição, das quais destacamos:

Astyanax bimaculatus

Caracteriza-se por acentuada herbivoria, com restos vegetais alcançando volumes de Índice Alimentar de 84,9%. Além de vegetais, sua dieta inclui insetos (Iai = 8,3%) e algas filamentosas (Iai = 6,7%), além de detritos orgânicos, sedimento, peixes e aracnídeos. Seu hábito essencialmente herbívoro contrasta com a maioria das informações da literatura. ARCIFA *et. al.* (1991) a classificam como zooplânctívora facultativa, no reservatório de Americana-SP, ressaltando que insetos, vegetais superiores, detritos e escamas de peixes fazem parte de sua dieta. É descrito também por FUEM/NUPÉLIA/ Itaipu Binacional, (1987) o predomínio de insetivoria.

Gymnotus carapo

Apresenta uma elevada diversidade de itens alimentares consumidos, entre as categorias de itens ingeridos, destacaram-se, entretanto, os insetos aquáticos, especialmente larvas de quironomídeos (IAi = 23,7%), detritos orgânicos (IAi = 27,1%) e restos vegetais (IAi = 24,2%). O que permite caracterizá-la como omnívora. MESCHIATTI (1995) atribuiu o hábito insetívoro-piscívoro a esta espécie em um lago marginal do rio Mogi-Guaçu-SP.

Hypostomus sp

Nesta espécie constatou-se uma elevada incidência de sedimentos (IAi = 54,5%) detrito orgânico (IAi = 42,5%) e tecido vegetal superior (IAi = 1,5%), evidenciando seu hábito detritívoro. Os demais itens (diatomáceas, algas filamentosas e quironomídeos) tiveram composição de dieta similar, porém, com elevada ocorrência de algas clorofíceas (FUEM/NUPÉLIA/COPEL, 1994).

Considerações gerais - ictiofauna

Os resultados apresentados devem ser entendidos como uma caracterização preliminar da fauna local, não possibilitando a elaboração de avaliações ambientais mais consistentes, uma vez que o inventário realizado foi através de dados secundários e amostram apenas duas bacias, uma urbana e outra rural.

Com base na literatura consultada, considerou-se que a fauna evidenciada na área de estudo apresenta baixa riqueza de espécies, fato resultante das alterações causadas ao ecossistema regional devido aos usos intensivos que promoverão a remoção da vegetação e a consequente supressão da fauna.

Portanto, a preservação das margens é de fundamental importância para a sobrevivência das espécies de peixes, bem como a manutenção de uma profundidade mínima nos corpos de água. A situação ideal é a preservação de toda a bacia,

não somente pelas suas próprias finalidades, como para a manutenção da diversidade e condições básicas requeridas pelas espécies.

Assim sendo, a grande maioria das espécies ocorrentes apresentam ampla distribuição nos ecossistemas citados e encontram-se adaptadas as condições apresentadas nos habitats existentes.

1.2 Meio Físico

1.2.1 Geologia regional

O município está situado predominantemente sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral, as quais sobrepõem-se, por contato erosivo/interdigitado, a Formação Botucatu e estão sotopostas discordantemente as litologias da Formação Bauru, onde vê-se a distribuição espacial destes elementos geológicos (Formação Serra Geral = Central; Formação Botucatu = NW-W; e Formação Bauru = E). Esta distribuição também pode ser vista no Perfil Geológico Esquemático Regional a seguir:

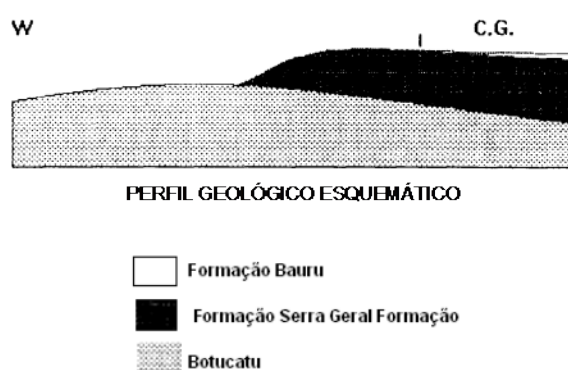


Figura 2.1 – Perfil Geológico Esquemático

A Formação Botucatu é composta por arenitos com estratificações cruzadas de médio a grande porte; com grãos foscos (eólicos); bem selecionados e arredondados; de coloração avermelhada; originados por deposição eólica em ambiente predominantemente desértico, durante o Juro-Cretáceo.

Sobre esses arenitos, encontram-se os derrames basálticos da Formação Serra Geral. Estes se apresentam, normalmente, maciços, afaníticos a finamente faneríticos; de coloração acinzentada a preta; apresentando, eventualmente, amígdalas preenchidas por calcita ou quartzo. Ocorrem sob a forma de vários derrames contendo lentes descontínuas de arenitos intertrápicos. Sua origem está relacionada com Geóclasses originadas por esforços distensivos, as quais permitiram a ascensão de magmas básicos à superfície.

Sobre a Formação Serra Geral, por discordância erosiva, encontram-se as litologias da Formação Bauru. Estas são compostas, predominantemente, por arenitos finos, quartzosos, com matriz argilosa; seleção regular, e grãos sub-arredondados; contendo lentes conglomeráticas de alguns centímetros a até 3,0 m, compostas por seixos arredondados, quartzíticos. Sua origem relaciona-se, provavelmente, a ambiente continental fluvial e lacustre.

1.2.2 Geomorfologia regional

Com base nos dados obtidos na revisão bibliográfica e na interpretação de imagens de satélite, identificou-se que a região de estudo localiza-se numa área de interflúvios, onde há a separação de duas Bacias Hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai e Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.

Esta área compreende a Unidade Geomorfológica denominada Planalto de Maracaju-Campo Grande (RADAMBRASIL F.SE 20).

Caracteriza-se por ser uma extensa área homogênea relativa à borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná; apresentando cotas altimétricas variando de 300 m a 600 m.

Apresenta declividade geral para Leste, acompanhando o mergulho das camadas geológicas.

Compõem-se, predominantemente, por uma superfície suavemente dissecada, apresentando formas tabulares de topo plano associadas a formas dissecadas de topo convexo e trechos pediplanados.

Também ocorrem na região, diferenças altimétricas pouco abruptas, configurando frentes de "cuestas", oriundas de diferenças litológicas observadas entre os basaltos da Formação Serra Geral e os arenitos da Formação Botucatu.

1.2.3 Pedologia regional

As classes de solos predominantes no município de Campo Grande são as seguintes:

- **Latossolo Vermelho Escuro:** são solos minerais profundos e bem drenados, com coloração indiscriminada (vermelha ou amarela), com diferentes classes texturais, desenvolvidos a partir dos mais diversos materiais originários. Possui horizonte "B" desenvolvido, textura arenosa, condicionada pelo substrato rochoso. Geralmente verifica-se no município a presença de solo com textura média, localizado em terras planas ou suavemente onduladas. Apresenta grande capacidade de infiltração d'água superficial com pouca susceptibilidade a erosão. No entanto, sob condições do uso inadequado ou sob fortes precipitações, processos de degradação ambiental irreversíveis podem ocorrer.
- **Latossolo Roxo:** solos profundos, bem drenados e com baixa susceptibilidade a erosão. Apresentam textura argilosa e elevados teores de óxido de ferro, titânio e manganês. São solos que, embora necessitem da correção de acidez, possuem boas potencialidades para a exploração agrícola mecanizada ou pastoril. Ocupa grande extensão na porção oeste e noroeste do município, principalmente na região central, onde surge acompanhando o curso d'água do rio Anhanduizinho em faixa marginal. Este tipo de solo ocorre geralmente em relevos planos e suavemente ondulados.
- **Areias Quartzosas:** são solos minerais, não hidromórficos, de textura predominantemente compostos por areia, pouco desenvolvidos e com baixa fertilidade natural. Apresenta baixa capacidade de retenção de umidade e grande susceptibilidade a erosão, sendo desaconselhado para a agricultura. Ocorrem em áreas com topografia plana ou suavemente ondulada.

- **Solos Litólicos:** são solos rasos, muito pouco evoluídos, apresentam teores elevados de materiais primários de fácil decomposição (matéria orgânica). Geralmente, apresentam-se com textura média cascalhenta ou argila cascalhenta, em áreas de relevo suavemente ondulado. Devido à pouca profundidade e à presença de cascalho, não é aconselhável sua utilização agrícola. Este solo é encontrado em pouca extensão na porção noroeste do município de Campo Grande.

1.3 Hidrografia e Recursos Hídricos

O município de Campo Grande encontra-se localizado predominantemente na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, com exceção de uma pequena porção Noroeste de seu território que se situa na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai, na qual encontram-se os Córregos Mateira, Ceroula e Angico.

O Rio Anhanduí é o principal curso d'água do município, tendo como seus afluentes a maioria dos corpos d'água da região, destacando-se os Rios Anhanduizinho, Ribeirão da Lontra e os Córregos Cachoeira, Três Barras, Anhanduí, Lajeado, Lajeadinho, Imbirussu, Pouso Alegre, Do Engano, Mangue, Lagoa, Lagoinha, Estiva, Limpo, Da Areia, Arame e Fortaleza, além dos córregos Guariroba, Água Turva, Estaca e Ribeirão das Botas os quais são tributários da sub-bacia do rio Pardo, que por sua vez é afluente do rio Paraná.

Os Córregos Lajeado e Guariroba estão destinados ao fornecimento de água potável à população campo-grandense e contribuem com aproximadamente 80% de toda água consumida.

Com relação às águas subterrâneas, o município de Campo Grande apresenta basicamente três unidades fontes, associadas a três formações geológicas diferentes.

A primeira, mais superficial, localizada na região oeste do Município está relacionada aos arenitos do Grupo Bauru.

A segunda encontra-se associada às rochas da Formação Serra Geral, em zonas de fraturamentos, a qual encontra-se parcialmente sobreposta pela formação anterior.

Por fim, num nível mais profundo, encontram-se as rochas da Formação Botucatu, que devido às suas características petrográficas e abrangência em termos de área, contém o maior aquífero subterrâneo da América do Sul, denominado de Aquífero Guarani.

Assim, devido a estas peculiaridades, Campo Grande pode ser considerado um município bem servido de águas subterrâneas para as mais diversas finalidades, desde o abastecimento doméstico até para industriais.

1.3.1 Delimitação das bacias hidrográficas

No Brasil, a Lei nº 9433/97 estabelece a bacia hidrográfica como sendo a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Neste sentido, a necessidade de planejamento e monitoramento dos recursos hídricos, em virtude dos problemas enfrentados de escassez de água em quantidade e

qualidade, denota a importância da padronização no traçado de bacias hidrográficas.

Segundo Dias *et al.* (2004), quanto menos subjetivo for o critério na definição dos limites de uma bacia, mais preciso será o traçado da mesma. Algoritmos que permitem o traçado automático de bacias hidrográficas, apoiados em representações computacionais do terreno, estão disponíveis para utilização e teste de seus resultados. Eles passam a adotar critérios bem definidos e passíveis de serem replicados para outras regiões, mantendo então um mesmo padrão de qualidade na geração das unidades de planejamento territorial.

A realização da delimitação automática de bacias vem sendo aplicada com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas - SIGs, definido por Burrough e MacDonnell (1998), como um poderoso conjunto de ferramentas que coletam, armazenam, recuperam, transformam e disponibilizam dados espaciais do mundo real para um determinado conjunto de finalidades. Ou seja, essa ferramenta busca modelar o sistema real de modo a produzir informações que subsidiem a tomada de decisão.

Assim, buscou-se definir as bacias hidrográficas inseridas na região urbana de Campo Grande de modo automático, utilizando técnicas de geoprocessamento.

1.3.1.1 Materiais e métodos

Na realização desse estudo, utilizou-se como base as cartas topográficas do acervo da Secretaria Municipal de Controle Urbanístico – SEMUR em escala de 1:10.000, representadas por curvas de nível equidistantes 5 m, pontos cotados e hidrografia. Essas cartas foram elaboradas com base no levantamento aerofotogramétrico realizado em 1983/1984, possuindo coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*), *datum* horizontal SAD 69 (*South American Datum*, 1969), Fuso 21 S. Assim, realizou-se a digitalização das cartas, georreferenciamento, vetorialização e integração de dados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas).

Neste estudo, utilizou-se os softwares SPRING 4.3.3 (Câmara, 1996) e ArcGis 9.2 (ESRI, 2006). Na delimitação automática das bacias hidrográficas, utilizou-se as extensões disponíveis no endereço eletrônico da ESRI, *Spatial Analyst* e *Hydrology Modeling*.

A metodologia utilizada na geração automática de bacias no ArcGis 9.2 pode ser dividida em 4 (quatro) etapas, sendo: preenchimento de sinks (*fill sinks*); direção de fluxo (*flow direction*), fluxo acumulado (*flow accumulation*) e delimitação de bacias (*Watershed*) (Figura 2.2).



Figura 2.2 – Principais etapas realizadas para delimitação de bacias hidrográficas

O pri-

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

meio passo foi a geração do MNT obtido a partir dos dados disponíveis das cartas topográficas (curvas de nível equidistantes 5m, pontos cotados e hidrografia), sendo criada uma grade regular em formato raster de 10x10 metros. Em seguida, realizou-se a correção de erros do tipo sinks do MNT por meio da função *fill sinks*. De acordo com Dias *et al.* (2004), um sink é uma área rodeada por elevações com valores de cotas superiores, que pode ser associada a uma depressão. A maioria dos sinks pode ser considerada imperfeição no MNT, o que pode inviabilizar a aplicação de modelos hidrológicos.

A Figura 2.3 mostra o MNT gerado da região urbana de Campo Grande após as correções.

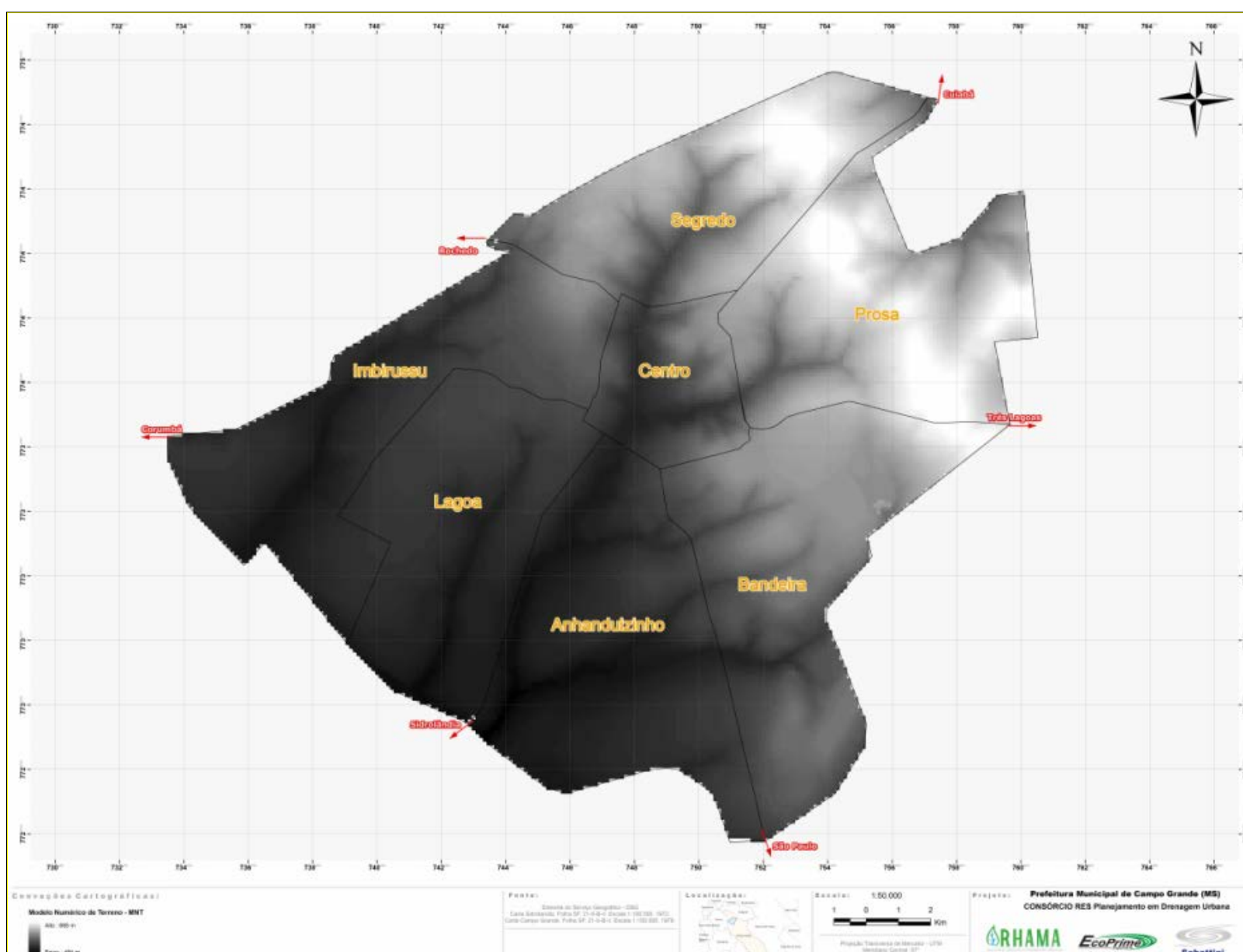


Figura 2.3 – Modelo Numérico de Terreno de Campo Grande - MS

Utilizando o MNT corrigido, gerou-se a direção do escoamento em cada vertente na função *flow direction*. Deste modo, é gerada uma grade regular que permite definir as direções de fluxo de água, na qual o valor de cada pixel representa a direção do escoamento. Essa direção corresponde aquela que levará a água para o pixel vizinho de menor valor de cota. De acordo com Marcellini (2002), o resultado deste passo é uma malha caracterizada visualmente por uma escala de cores, na qual cada cor representa uma direção conforme detalhe apresentado no canto superior direito da Figura 2.4. Neste caso, foram inseridas setas ilustrativas caracterizando o sentido das direções. Os atributos destas células são os códigos que caracterizam as direções de fluxo.

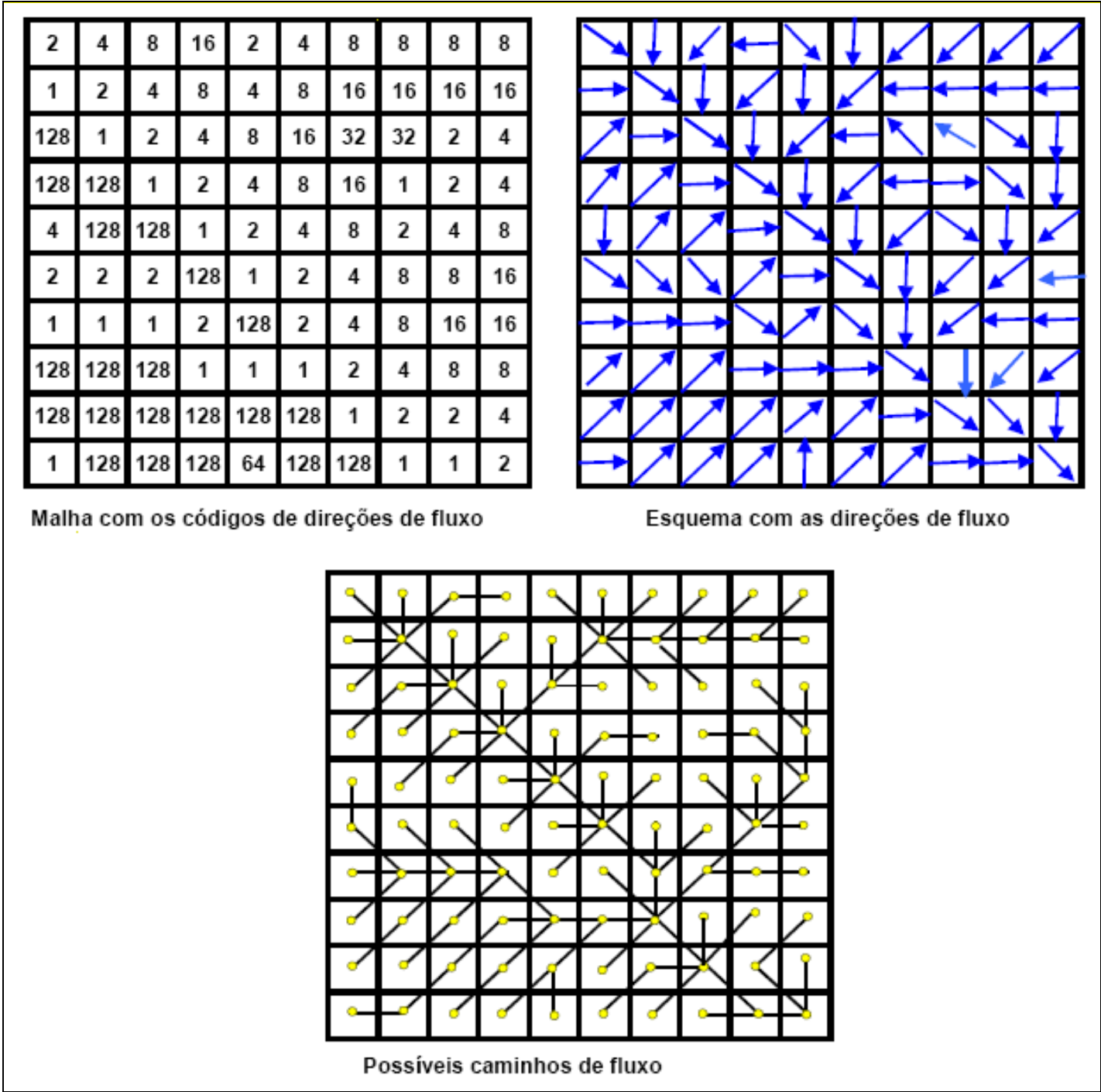


Figura 2.4 – Malha com a representação esquemática das direções de fluxo
Fonte: Marcellini (2002)

A Figura 2.5 mostra o mapa de direção de fluxo obtido neste trabalho, no qual cada cor/numeração representa uma direção de escoamento da água.

Com a direção de fluxo obteve-se a malha de fluxo acumulado, por meio da função *flow accumulation*. Segundo Mendes & Cirilo (2001), os dados relativos ao fluxo acumulado, sob o ponto de vista da hidrologia, significam uma integração entre o fluxo superficial e subsuperficial da água a montante de um determinado ponto no terreno. A partir da direção de fluxo, o fluxo acumulado é obtido somando-se a área das células (quantidade de células) na direção do fluxo (ou escoamento).

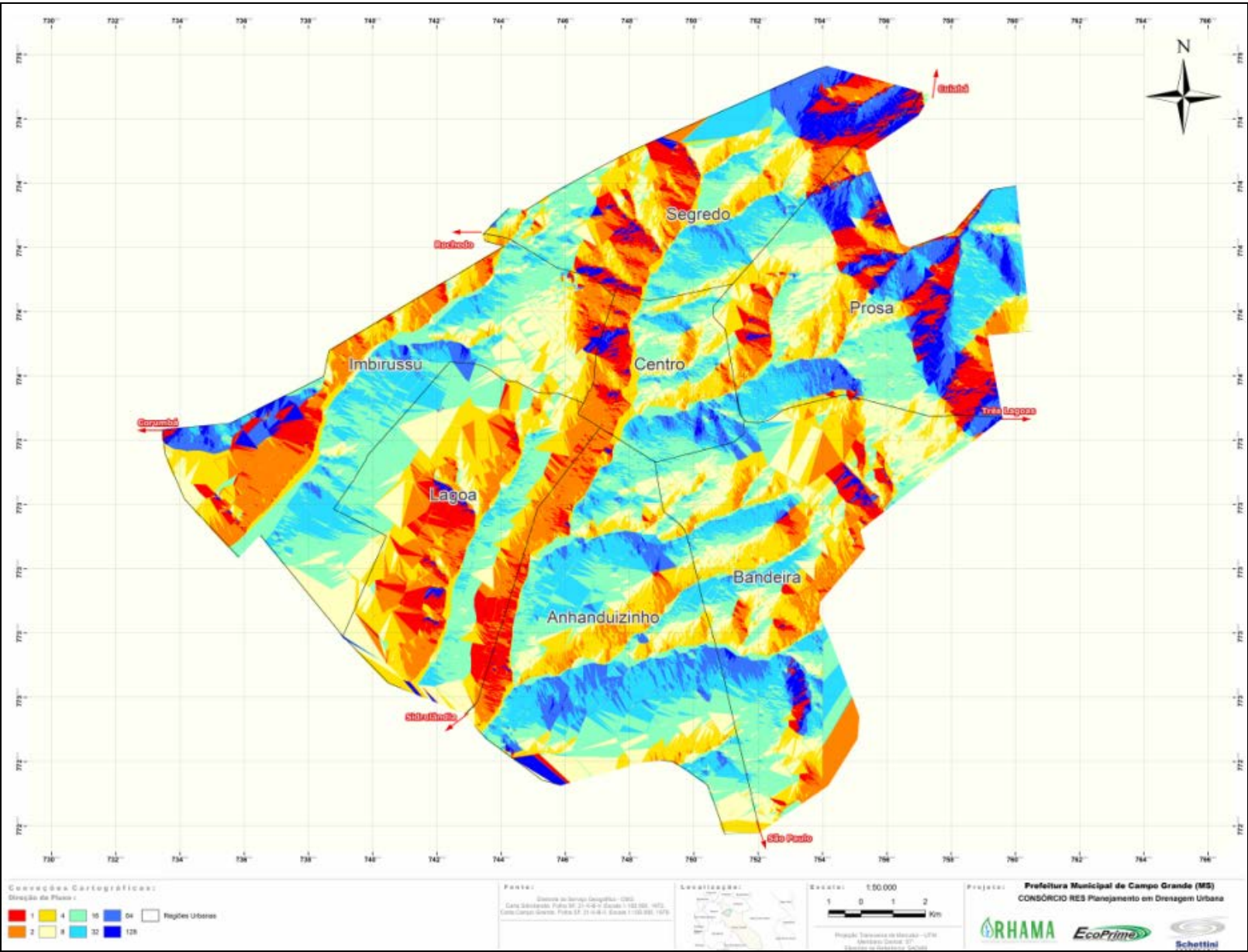


Figura 2.5 – Mapa de direção de fluxo de Campo Grande - MS

A malha de fluxo acumulado resulta da contagem do número de células à montante que fluem na direção de cada célula individualmente. A Figura 2.6 apresenta um exemplo que ilustra como se obtém uma malha de fluxo acumulado a partir de uma rede de fluxos (Marcellini, 2002).

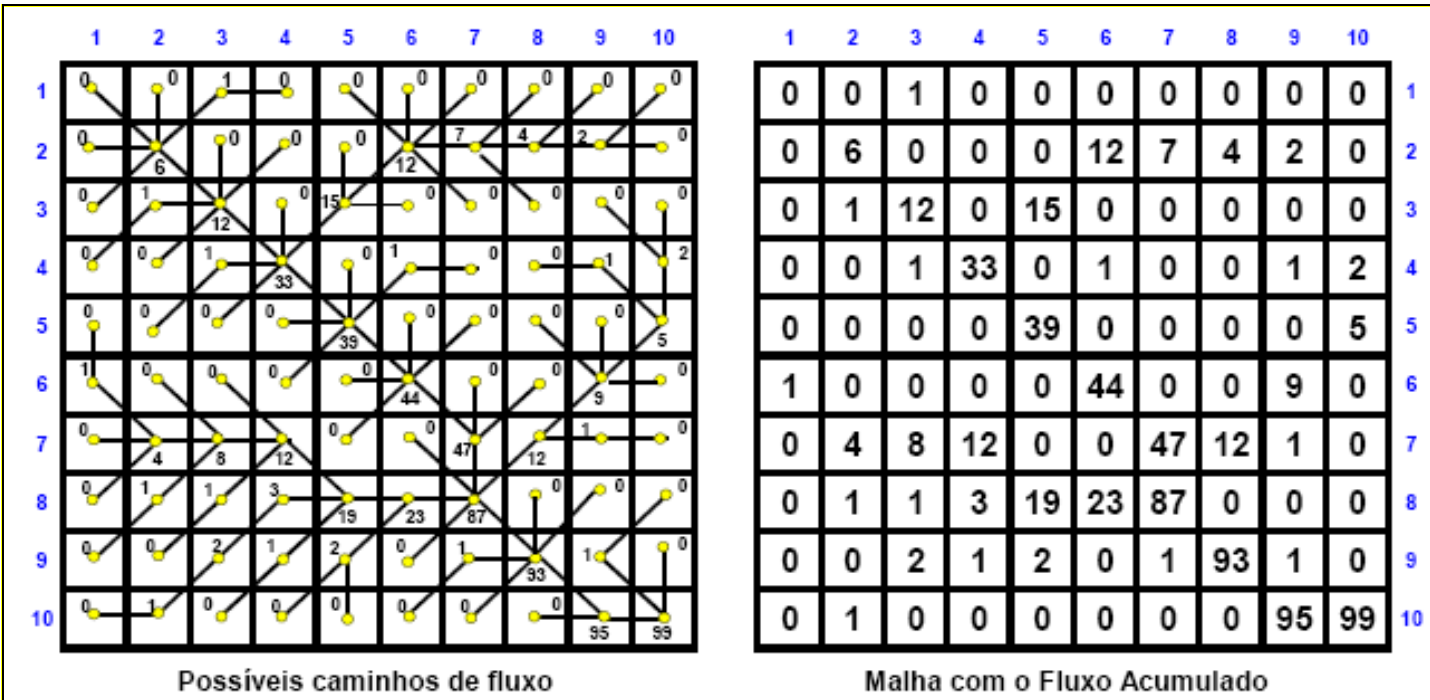


Figura 2.6 – Exemplo da malha de fluxo acumulado
Fonte: Marcellini (2002)

Tendo em vista que o mapa de fluxo acumulado representa o somatório das células de direção de fluxo, ou seja, o acúmulo de água, é notável que este represente a rede hidrográfica, conforme mostra a Figura 2.7

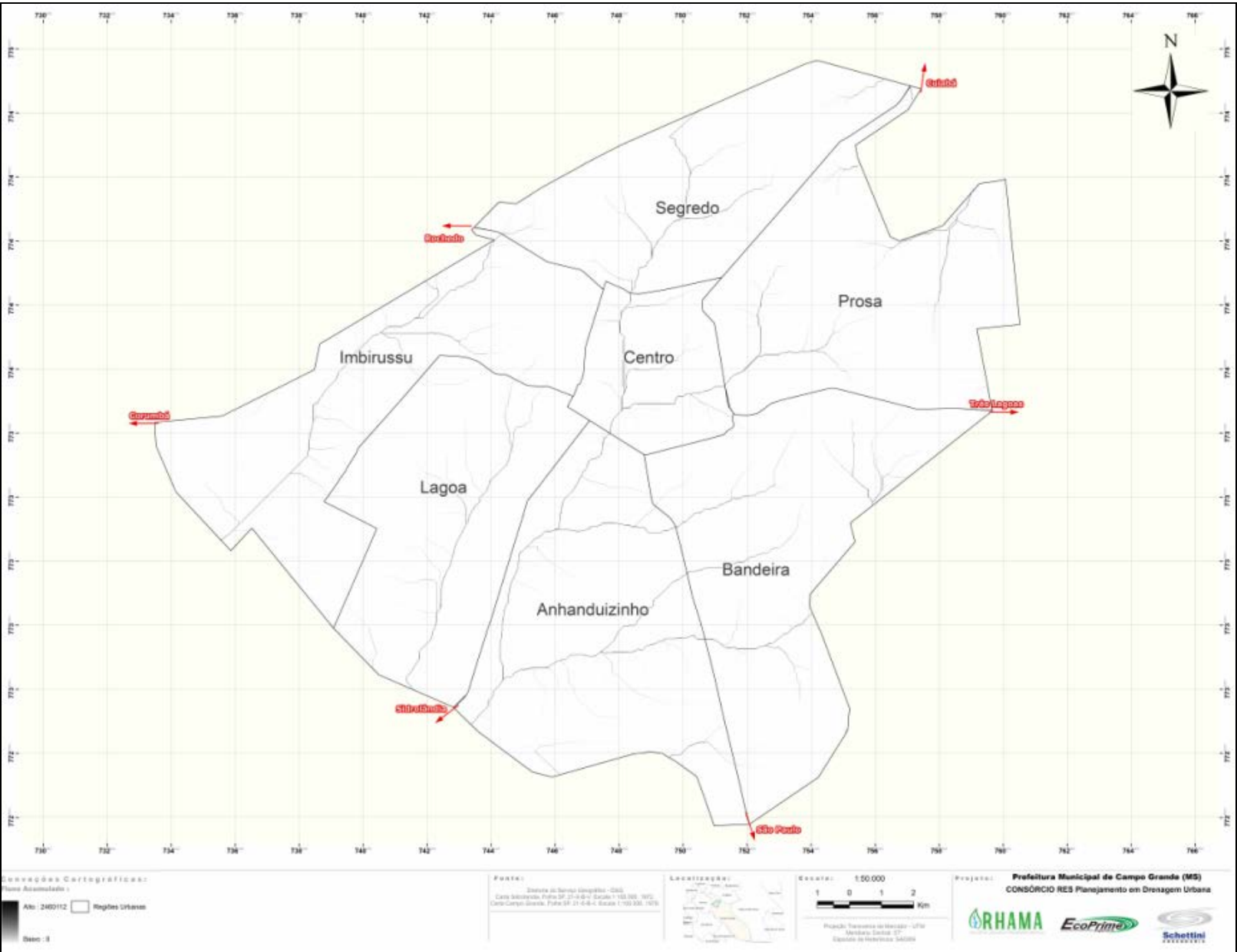


Figura 2.7 – Mapa de fluxo acumulado de Campo Grande -MS

Após a realização da direção de fluxo e fluxo acumulado, o divisor de águas pode ser obtido por meio da função *watershed*. As bacias geradas, principalmente as próximas ao limite do MNT, foram ajustadas de forma manual e posteriormente recortadas, de modo, a apresentar somente as que se encontram dentro da região urbana de Campo Grande.

1.3.1.2 Resultados

A Figura 2.8 mostra as bacias hidrográficas delimitadas inseridas na região urbana de Campo Grande.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

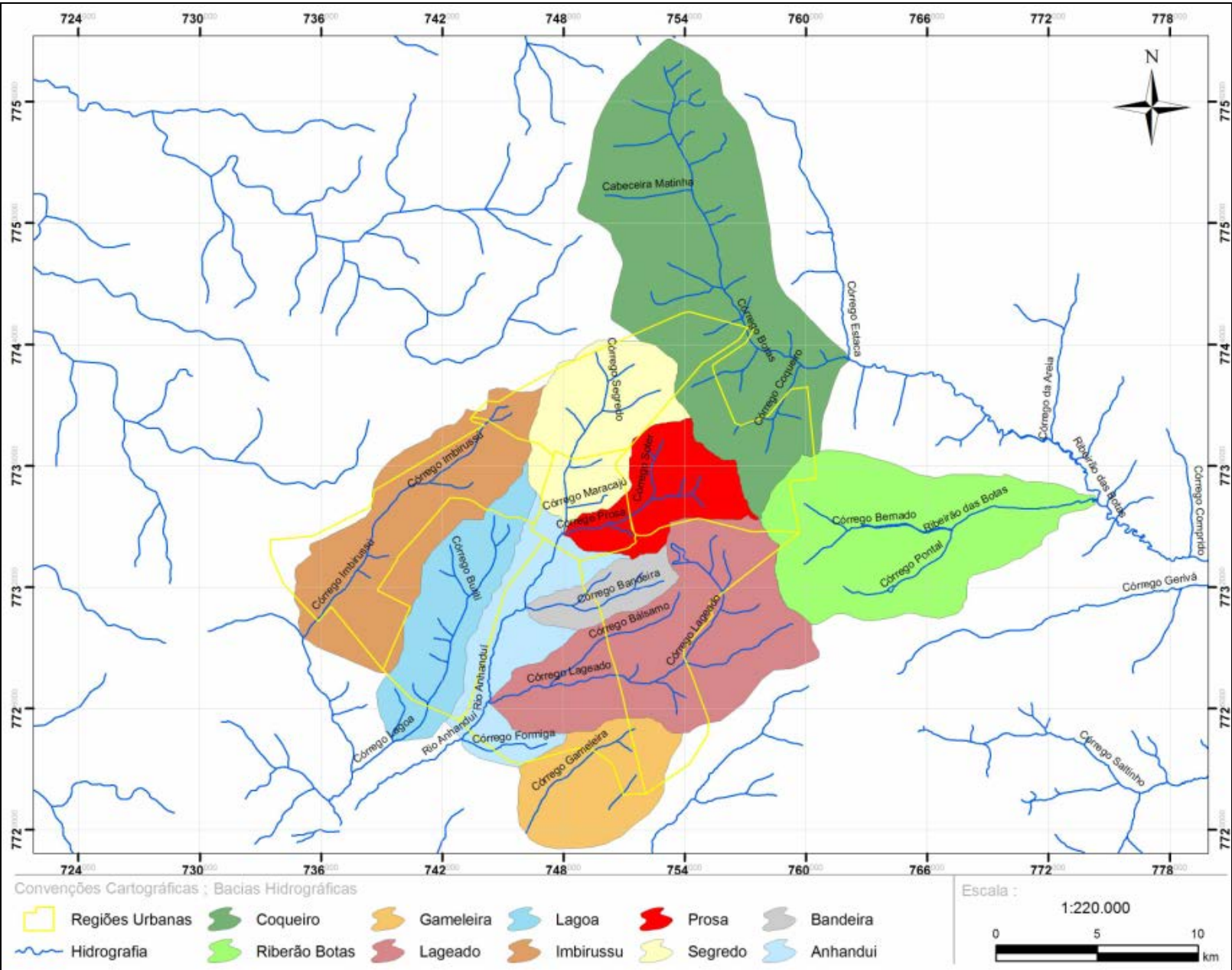


Figura 2.8 – Bacias hidrográficas

De acordo com a Tabela 2.7 é possível verificar a área das bacias hidrográficas que se encontram inseridas na região urbana.

Tabela 2.7 – Área das bacias hidrográficas delimitadas	
Bacias Hidrográficas	Área (km²)
Coqueiro	157,20
Ribeirão Botas	91,43
Gameleira	37,51
Lageado	93,27
Lagoa	42,95
Imburussu	72,93
Prosa	32,01
Segredo	46,22
Bandeira	15,24
Anhandui	40,72

O levantamento a campo é considerado o método mais preciso, no entanto, apresenta valores mais elevados de custo e tempo para execução quando comparado a utilização de técnicas de geoprocessamento. Assim, a automatização da delimitação de bacias torna-se vantajosa em relação ao custo/benefício proporcionado,

além de estabelecer a padronização do traçado e minimizar conflitos quanto ao planejamento e monitoramento de bacias.

1.3.2 Carta de Drenagem

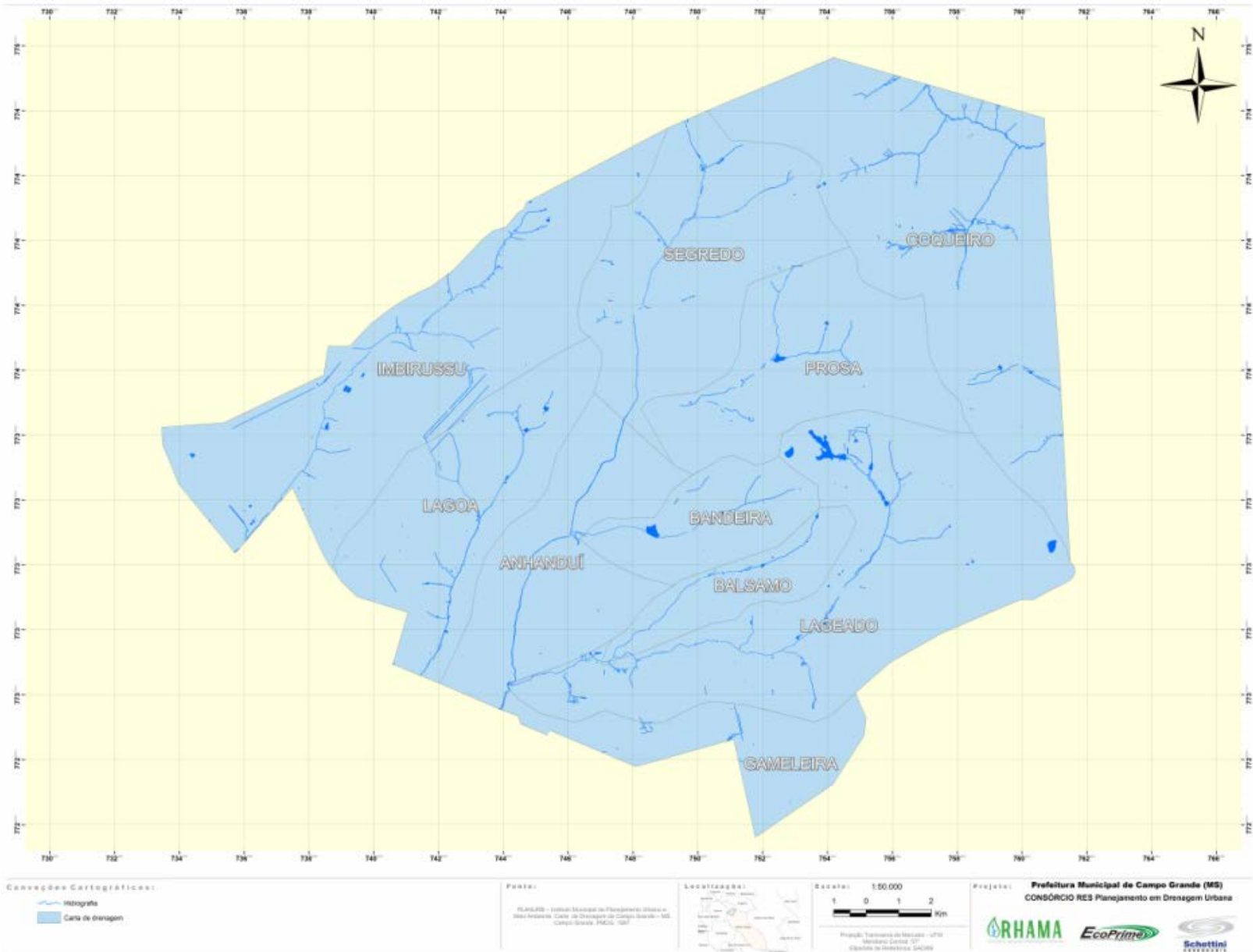


Figura 2.9 – Rede hidrográfica de Campo Grande

A Carta de Drenagem subdivide a rede hidrográfica de Campo Grande em 10 micro-bacias, sendo elas: Bandeira, Prosa, Anhanduí, Lageado, Gameleira, Bálsamo, Imbirussu, Coqueiro, Segredo e Lagoa. (Tabela 2.8 e Figura 2.9).

Tabela 2.8 – Bacias hidrográficas dentro do perímetro urbano de Campo Grande, com os principais cursos d’água

Bacias	Principais cursos d’água	Área (Km²)
Bandeira	Bandeira e Cabaça	19,5
Lagoa	Buriti	35,7
Gameleira	Gameleira	16,6
Bálsamo	Bálsamo	13,4
Imbirussu	Serradinho	55,1
Lageado	Lageado	51,1
Prosa	Prosa, Sóter e Revellieu	30,9
Coqueiro	Botas e Coqueiro	35,3
Segredo	Cascudo e Maracaju	46,1
Anhanduí	Anhanduí	29,9

Fonte: PLANURB, 1997

Segundo PLANURB (1998), todas as dez sub-bacias já demonstram os efeitos das alterações antrópicas na maior parte das suas áreas, em algumas mais e em outras menos, de acordo com o tempo e forma de ocupação. As principais formas de degradação verificadas são: processos de assoreamentos, solapamentos, insuficiência no sistema de captação de águas pluviais e contaminação por efluentes domésticos. De acordo com PLANURB (1997) as bacias do Segredo, Prosa e Anhanduí são as que se encontram mais degradadas.

1.3.2.1 Bacia hidrográfica do Anhanduí

No perímetro urbano de Campo Grande, o Rio Anhanduí é o principal curso d'água, destacando-se como contribuintes os Córregos Lageado, Imbirussu, Bandeira, Prosa, Segredo, entre outros. Sendo o Rio Anhanduí tributário do Rio Pardo, que por sua vez é afluente do Rio Paraná.



Figura 2.10 – Bacia Hidrográfica do Anhanduí

O Rio Anhanduí nasce na confluência dos Córregos Segredo e Prosa, iniciando-se assim na região central e dirigindo-se a região Sul do município. Após o perímetro urbano recebe os Córregos Imbirussú e Lagoa.

Densamente povoada, a Bacia Hidrográfica do Anhanduí abrange diversos bairros da capital, sendo: Taquarussú, Jacy, Jockey Clube, Jardim América, Guanandy, Aero Rancho e Bandeirantes. Parte dos bairros: Batistão, Tijuca, Cophavila II, Amambaí, Vila Carvalho, Jardim América, Taveirópolis, Colonial, Piratininga e Vila Militar. Devido sua localização, entre regiões populacionais densas, o Rio Anhan-

duí no seu início já recebe elevada carga de esgotos clandestinos, oriundos dos Córregos Segredo e Prosa.

Nessa bacia encontra-se instaladas 02 (duas) Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), a Salgado Filho e Aero Rancho. No entanto, nota-se sinais de degradação principalmente pelo lançamento de esgotos domésticos de forma clandestina, nas galerias de águas pluviais.

1.3.2.2 Bacia hidrográfica do Segredo

Localizada na região norte de Campo Grande esta bacia encontra-se com elevada densidade populacional, principalmente às margens da rodovia BR-163 que segue para Cuiabá, sendo essa região povoada principalmente pelo setor terciário (comércio varejista e prestadores de serviços). Parte da bacia do Segredo localiza-se no centro da cidade, contendo características de zona de alta densidade populacional. Nessa parte, constata-se já implantada a rede pública coletora de esgoto, sendo esta encaminhada as ETE's Cabreúva e Salgado Filho.

Os Córregos inseridos na Bacia Hidrográfica do Segredo são: Maracajú, Cascudo e Segredo. Ainda nessa bacia está localizado o Parque Estadual da Mata do Segredo.

O Córrego Maracajú, localizado na Rua Maracajú, encontra-se totalmente canalizado. Embora a região próxima ao mesmo seja contemplada com rede pública de esgoto, percebe-se que existe contaminação pelo lançamento de esgoto clandestino nas galerias de águas pluviais.



Figura 2.11 – Bacia Hidrográfica do Segredo

1.3.2.3 Bacia hidrográfica do Prosa

A Bacia Hidrográfica do Prosa está localizada a Noroeste da Região Urbana do Município de Campo Grande, sendo constituída pelos bairros: Centro, Jardim dos Estados, Monte Carlo, Mata do Jacinto, Parque dos Novos Estados, Veraneio, Noroeste, Tiradentes, Vilas Boas, TV Morena, Carvalho, Progresso, Glória, Amambaí, Cruzeiro, Coronel Antonino, Monte Líbano, São Bento, Itanhangá Park, Bela Vista, Chácara Cachoeira, Santa Fé, Carandá Bosque, Parque dos Poderes e Desbarrancado.

Essa bacia abrange além do Córrego Prosa, os Córregos Sóter, Desbarrancado, Joaquim Português, Revellion e Vendas. De acordo com Peixoto Filho *et al.* (2007), a bacia do Córrego Prosa, levando em consideração o ponto de vista ambiental e a qualidade de vida da população, é uma das regiões mais favorecidas do Município de Campo Grande, visto que possui grandes áreas de interesses ambientais, culturais e urbanísticos, como os Parques das Nações Indígenas, o Parque do Sóter, Parque Estadual do Prosa e Parque dos Poderes.

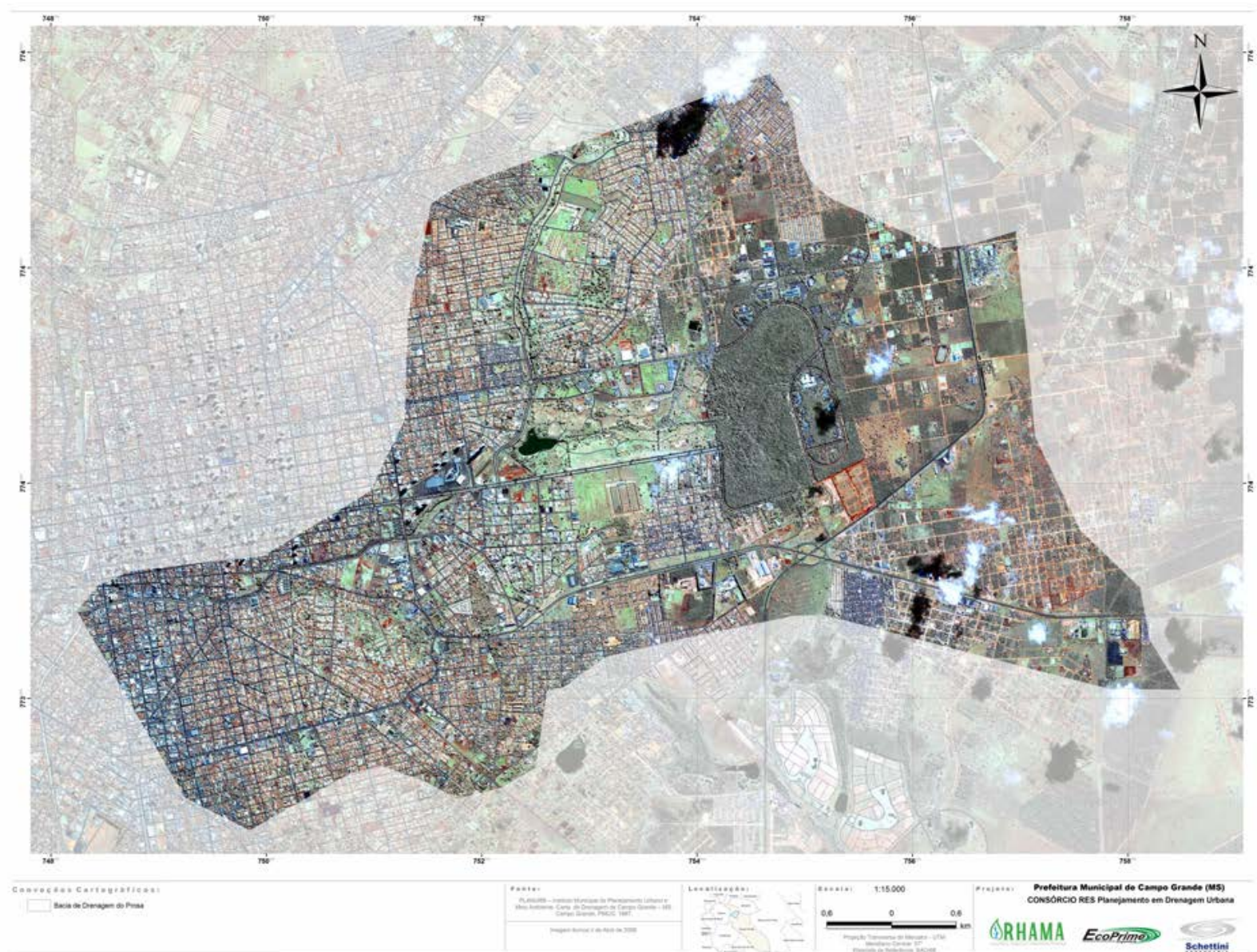


Figura 2.12 – Bacia Hidrográfica do Prosa

O Córrego Sóter possui sua nascente no Bairro Carandá Bosque. Próximo a sua nascente, localizada no Parque do Sóter, verifica-se intenso processo de assoreamento no córrego e a presença de lançamento de efluentes domésticos. Apesar de ter sido executado um programa de recuperação nas nascentes do Sóter e ao longo do seu curso, até a Avenida Mato Grosso, verifica-se, ainda, a presença de lançamento de efluentes domésticos, proveniente do lançamento clandestino na rede de água pluvial.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

No Córrego Desbarrancado, localizado no Parque dos Poderes, é realizada a captação para abastecimento humano. A captação do Desbarrancado abastece os bairros Carandá Bosque e Cidade Jardim. Devido sua localização, não sofre grandes interferências antrópicas.

O Córrego Prosa possui suas cabeceiras protegidas, e isso se deve a sua localização, dentro do Parque Estadual do Prosa. Da mesma forma que o Córrego Segredo, o Córrego Prosa está localizado em grande parte na região central, justamente parte em que os córregos apresentam-se com maiores sinais de poluição.

1.3.2.4 Bacia hidrográfica do Lageado

Localizada na região sudoeste de Campo Grande, abrange os bairros: Tiradentes, Aero Rancho, Universitário, Alves Pereira, Parque Maria Aparecida Pedrossian, Los Angeles, Centro Oeste, Moreninha, Rita Vieira e Noroeste. Essa bacia possui pouca densidade populacional, no entanto é muito importante para o município, já que representa o segundo maior sistema de abastecimento de água de Campo Grande, Captação do Lageado.

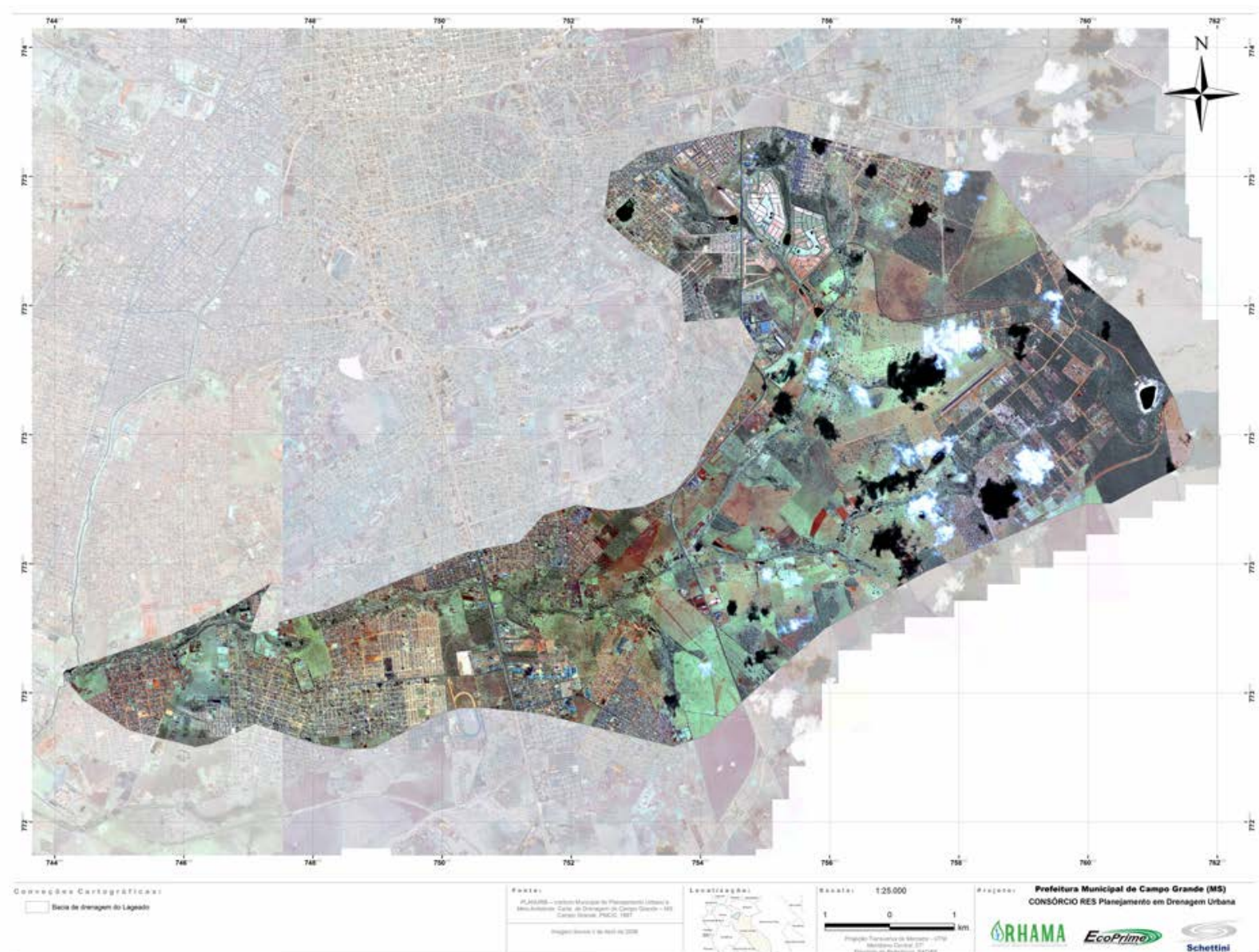


Figura 2.13 – Bacia Hidrográfica do Lageado

A bacia abrange os Córregos Lageado e Lageadinho, encontrando-se este fora do perímetro urbano.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

A poluição do córrego ocorre principalmente pela ocupação irregular de suas margens. Como o índice de pavimentação é baixo, também não está disponível rede drenagem para possíveis ligações clandestinas de esgotos domésticos.

1.3.2.5 Bacia hidrográfica do Bandeira

Estão inseridos na Bacia Hidrográfica do Bandeira os seguintes bairros: Vilas Boas, TV Morena, Progresso, Piratininga, Colonial, Universitário, Rita Vieira, América, Dr. Albuquerque, UFMS e Carlota. A bacia abrange os Córregos Cabaça e Bandeira.

A ocupação dessa bacia caracteriza por ser parte residencial e predominantemente comercial, possuindo em grande quantidade as seguintes atividades: postos de combustíveis, garagens de ônibus, oficinas mecânicas, funilarias dentre outros. Além de esgotos domésticos verifica-se a presença de óleos e graxas nos córregos dessa bacia.

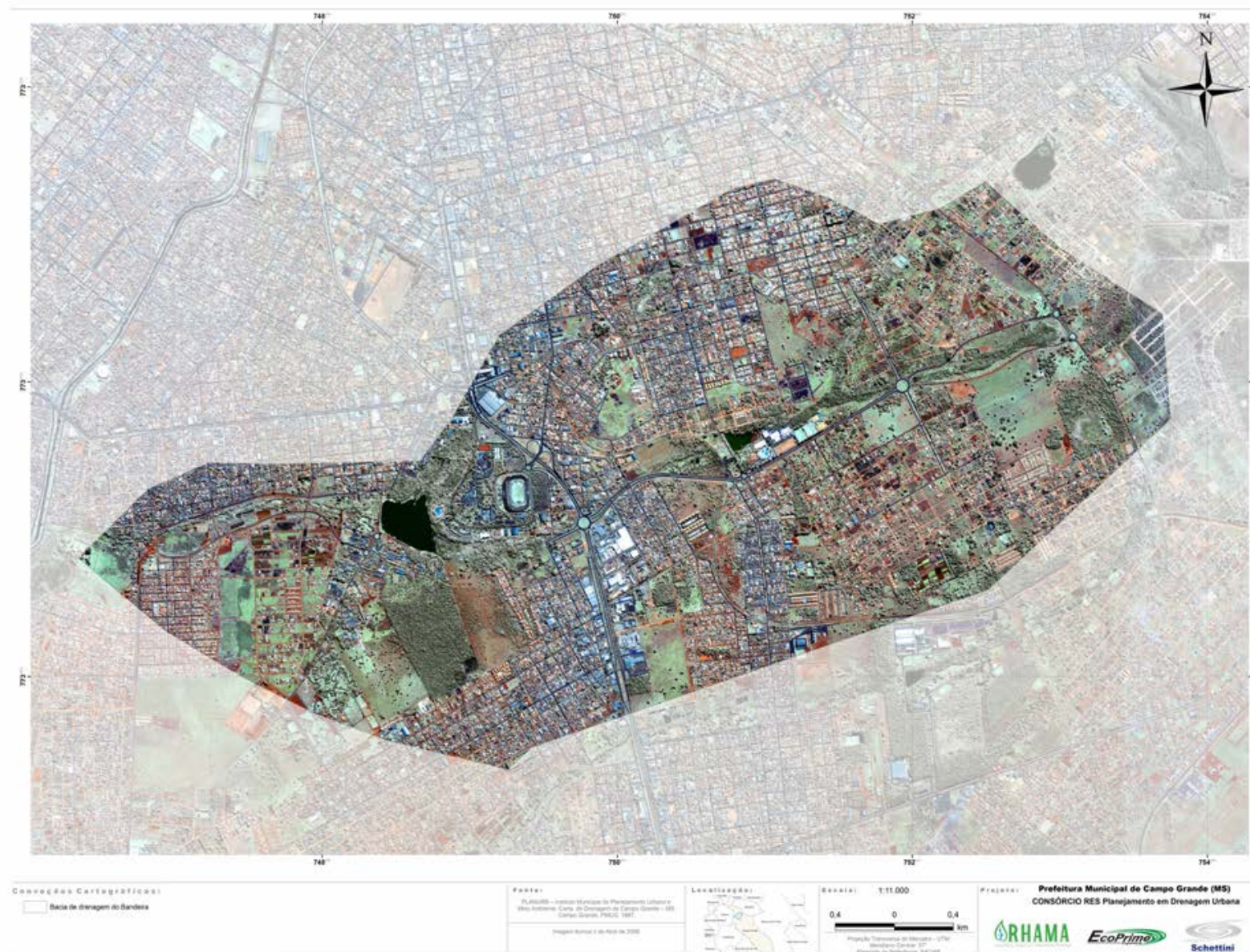


Figura 2.14 – Bacia Hidrográfica do Bandeira

O Córrego Cabaça teve sua nascente drenada e canalizada. A nascente está na Vila Carlota, próxima à Rua Spipe Calarge. Este curso d'água tem aproximadamente 2.500 metros de comprimento e tem como foz o Lago do Amor, sendo que aproximadamente 800 metros de extensão estão canalizados. A vegetação nativa das margens do córrego já foi quase toda suprimida, havendo remanescentes nos trechos próximos a sua nascente e foz. No Campus da UFMS existe uma Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN), que em parte se encontra-se na área da microbacia do Córrego Cabaça (LAJO, 2003).

O Córrego Bandeira, da mesma forma que o Cabaça, apresenta-se degradado pelo lançamento de efluentes domésticos, industriais e comerciais. O Lago do Amor, localizado na cidade universitária, que recebe esses dois córregos apresenta-se com sérios problemas de eutrofização. De acordo com Pitaluga (2003), os dados físicos e químicos e os dados dos organismos zooplanctônicos encontrados indicaram que o Lago do Amor está sofrendo de estresse ambiental, envolvendo elevadas concentrações de matéria orgânica.

1.3.2.6 Bacia hidrográfica do Bálsamo

Um dos afluentes do Córrego Lageado, está localizado na região centro-Sul de Campo Grande, abrangendo os bairros: Colonial, Universitário, Aero Rancho, Alves Pereira, Rita Vieira, Tiradentes e Parque Maria Aparecida Pedrossiam.

Essa bacia é totalmente desprovida de rede coletora de esgoto, o lançamento dos efluentes domésticos é realizado predominantemente em fossas sépticas e sumidouros.

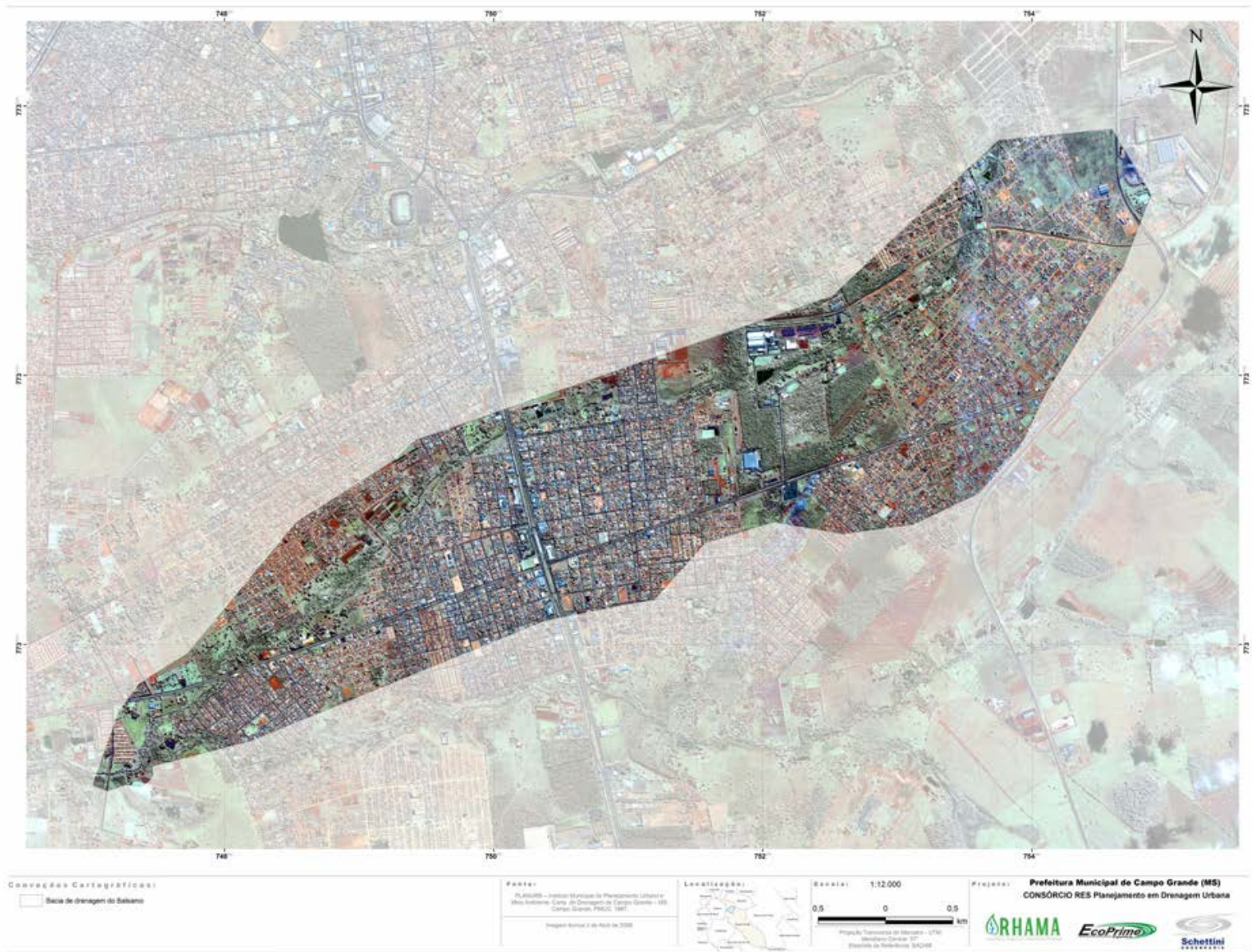


Figura 2.15 – Bacia Hidrográfica do Bálsamo

1.3.2.7 Bacia hidrográfica do Gameleira

Localizada na região Sul de Campo Grande, apresenta pouca densidade populacional. Abrange parte dos bairros: Los Angeles, Centro Oeste e Moreninhas. Estes são abastecidos por poços subterrâneos.

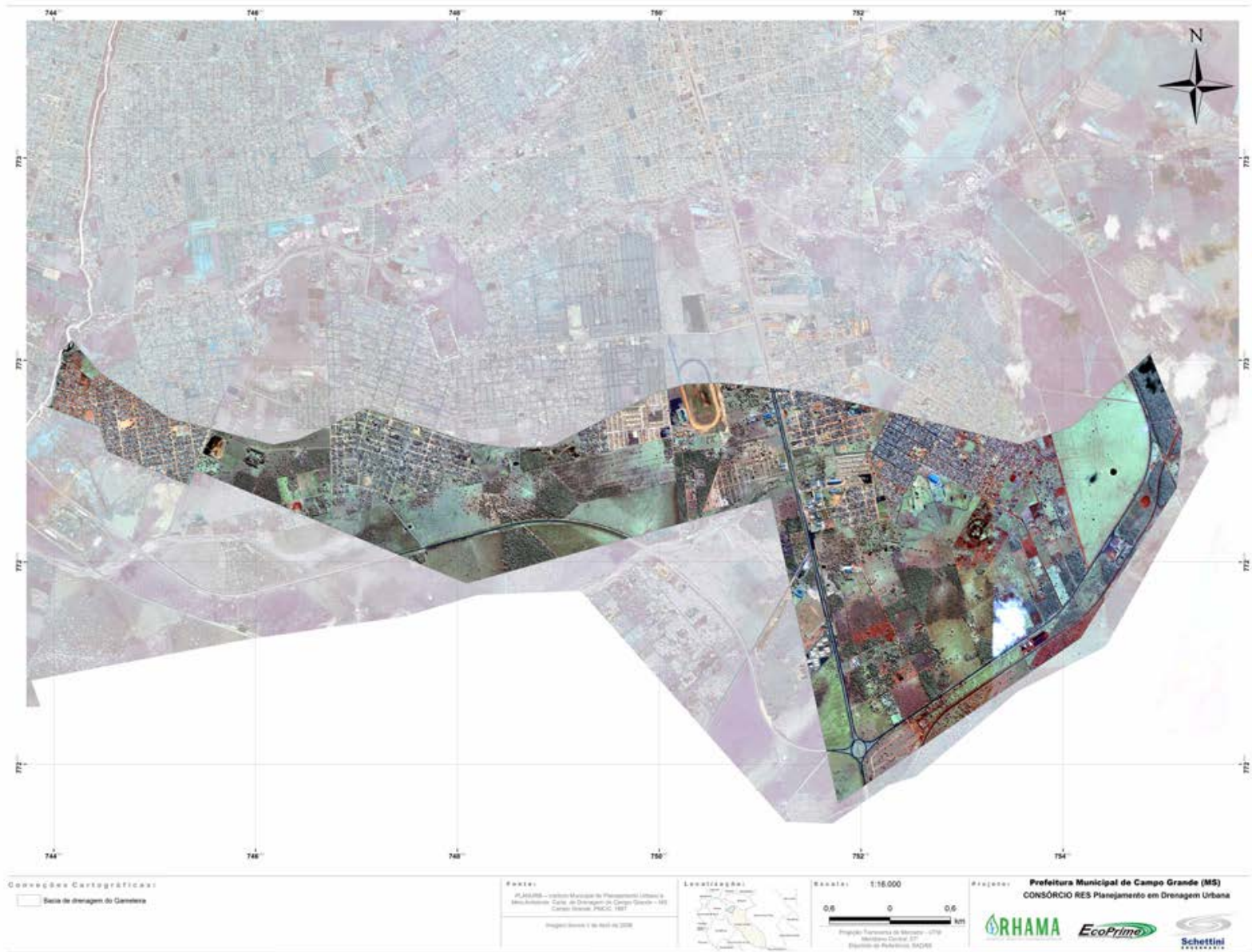


Figura 2.16 – Bacia Hidrográfica do Gameleira

1.3.2.8 Bacia hidrográfica do Lagoa

Localizada na região a oeste da área central de Campo Grande, está parcialmente habitada, sendo composta pelos bairros: Jardim Imá, Jardim Aeroporto, São Conrado e Parque União. Parte dos bairros: Batistão, Coopavila II, Tijuca, Leblon, Taveirópolis, Vila Militar e Vila Sobrinho. Essa bacia é composta pelos Córregos Buriti e Lagoa.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana



Figura 2.17 – Bacia Hidrográfica do Lagoa

1.3.2.9 Bacia hidrográfica do Imbirussu

A Bacia Hidrográfica do Imbirussu localiza-se na região noroeste de Campo Grande, sendo formada pelos bairros: Nova Campo Grande, Popular, Panamá, Santo Amaro, José Abrão e Núcleo Industrial. Parte dos bairros Jardim Aeroporto e Jardim Imá. Essa bacia é composta pelos Córregos Serradinho e Imbirussu.

Na bacia existe a ETE Cooptrabalho que atende o conjunto Cooptrabalho, sendo os efluentes tratados lançados no Córrego Imbirussu.

O Córrego Imbirussu, na sua nascente, está prejudicado pelo desmatamento oriundo de lavouras e pastagens. No perímetro urbano após receber seu afluente, o Córrego Serradinho, atravessa uma região sem grandes degradações antrópicas. No entanto a jusante o Córrego Imbirussu recebe o esgoto do Núcleo Industrial de Campo Grande, sendo a qualidade da água seriamente afetada.

Quanto a classificação dos córregos do município, de acordo com a Deliberação CECA/MS nº 003, de 20 de junho de 1997 (MATO GROSSO DO SUL, 1997), o Córrego Imbirussu bem como seus afluentes, são classificados como Classe 3. Os restantes dos córregos urbanos estudados não possuem enquadramento, sendo assim, denominados classe 2, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), ressalvo o Córrego Lagoa um dos afluentes do Córrego Imbirussu (Figura 2.18).

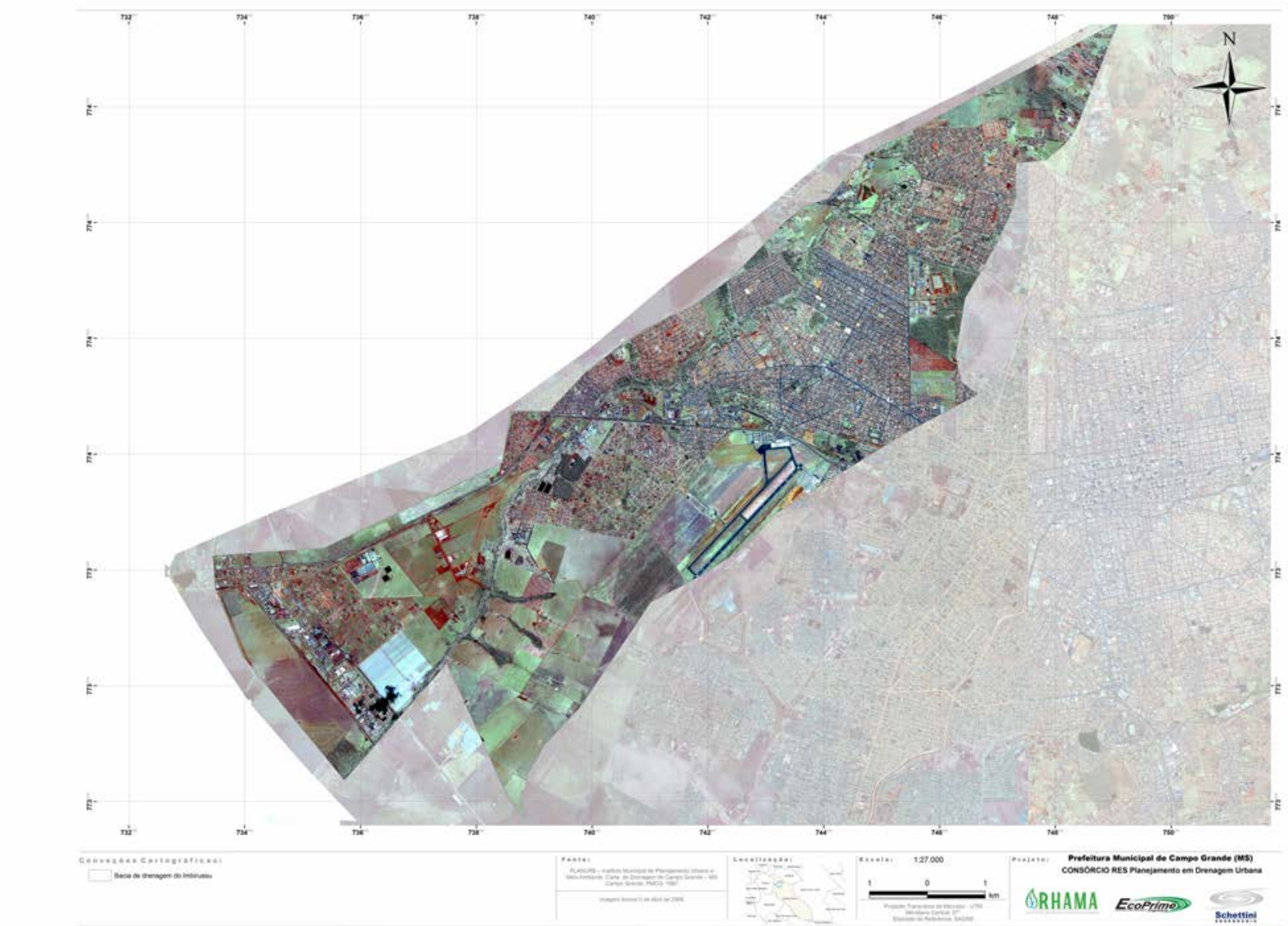


Figura 2.18 – Bacia Hidrográfica do Imbirussu

1.3.2.10 Bacia hidrográfica do Coqueiro

A Bacia Hidrográfica do Coqueiro encontra-se localizada na região nordeste de Campo Grande. Essa é composta pelos Córregos Botas, Coqueiro e Pedregulho. Abrange os seguintes bairros: Nova Lima, Colúmbia, Anache, Vida Nova I, Vida Nova II, Pólo Empresarial Norte e parte dos Novos Estados.

Totalmente desprovida de rede coletora de esgotos, os moradores utilizam-se de fossas sépticas e sumidouros para disposição de seus efluentes, o que compromete a qualidade da água subterrânea do local.

Os córregos presentes nessa bacia não recebem lançamento de esgotos clandestinos, salvo pequeno trecho do Córrego Botas, na região do Colúmbia, o mais afetado dessa bacia, mas não pelo lançamento de efluentes domésticos, mas sim pelo assoreamento devido ao trabalho desordenado de areieiros na região.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

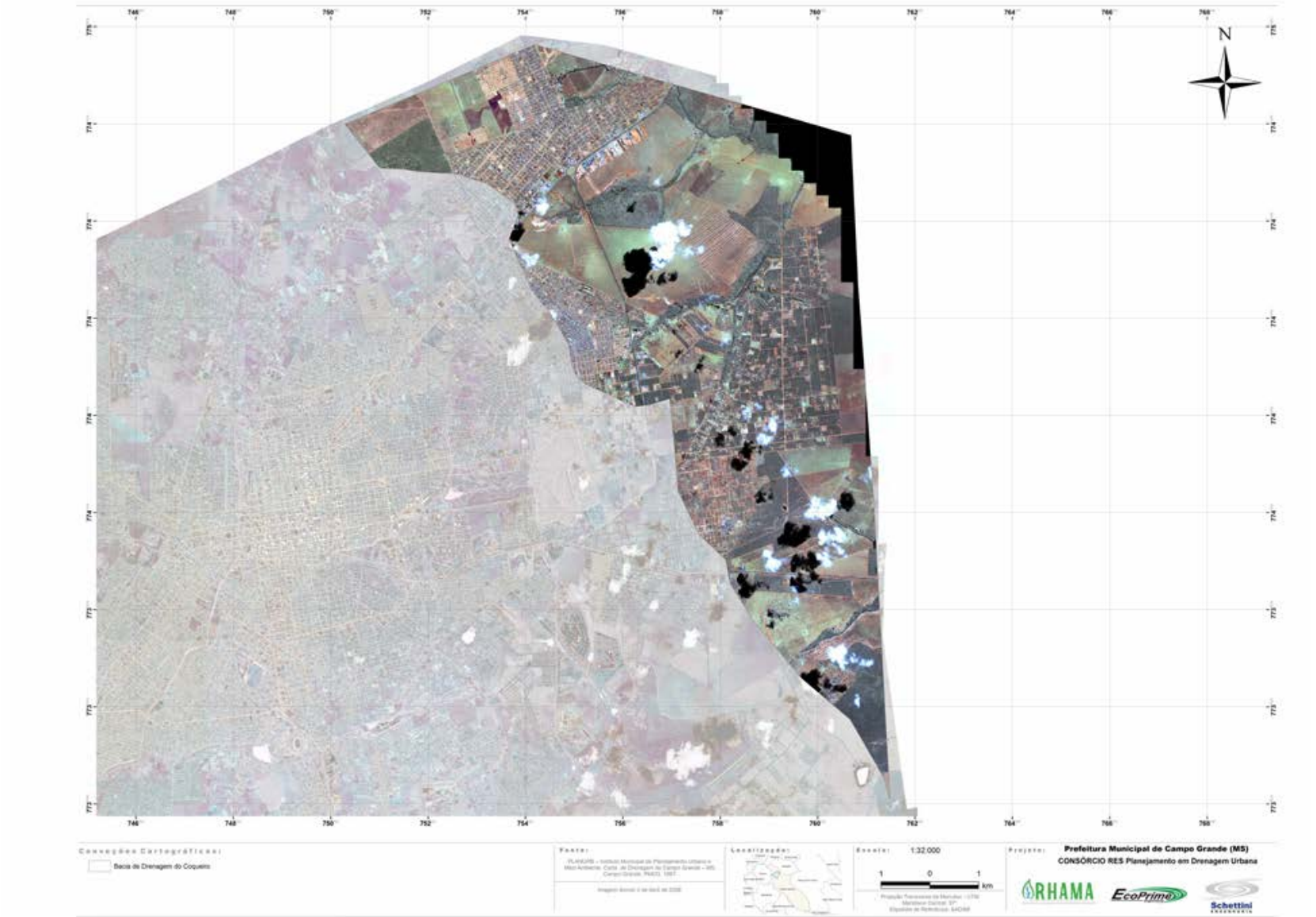


Figura 2.19 – Bacia Hidrográfica do Coqueiro

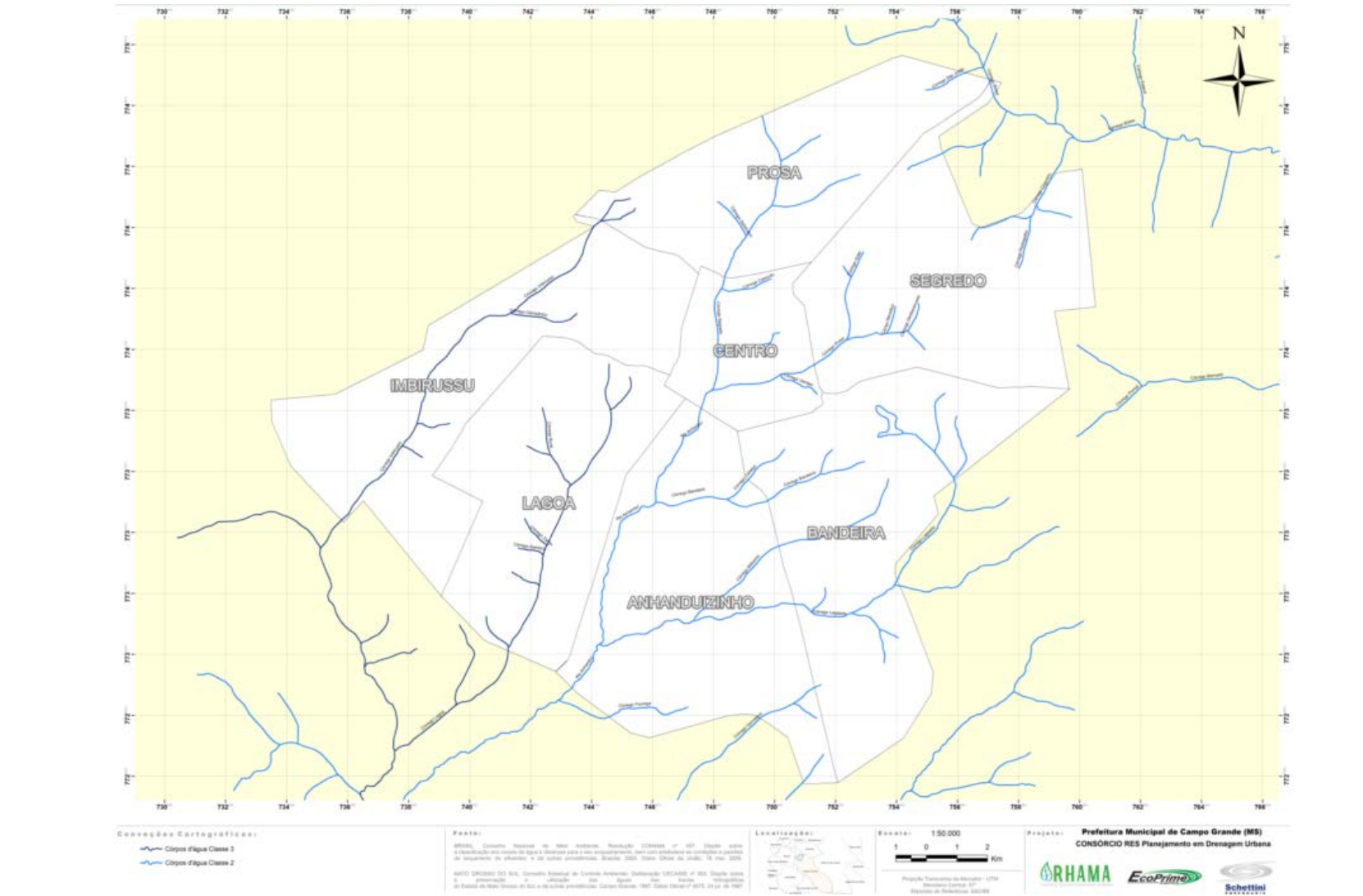


Figura 2.20 – Classificação dos Corpos Hídricos da área Urbana do Município de Campo Grande

1.3.3 Análise do desmatamento nas bacias hidrográficas de Campo Grande/MS

A análise digital de dados, mais especificamente, imagens digitais de sensoramento remoto orbital, possibilitou, nos últimos vinte e cinco anos, um grande desenvolvimento das técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores. Estas técnicas têm recebido o nome de processamento digital de imagens.

O objetivo de se usar processamento digital de imagens é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos.

Como resultado dessa evolução segundo (Câmara 2000), a tecnologia de processamento digital de imagens vem ampliando seus domínios, que incluem as mais diversas áreas, como por exemplo: análise de recursos naturais e meteorologia por meio de imagens de satélites; análise de imagens biomédicas, incluindo a contagem automática de células e exame de cromossomos; análise de imagens metalográficas e de fibras vegetais; obtenção de imagens médicas por ultrassom, radiação nuclear ou técnicas de tomografia computadorizada; aplicações em automação industrial envolvendo o uso de sensores visuais em robôs, etc.

A análise espacial potencializa os instrumentos de gestão por quantificar os diversos tipos de cobertura do solo. No plano diretor é significativa a observação da ocorrência dos tipos de cobertura vegetal sobre as áreas das bacias.

Com a refletância da luz pelas copas das plantas é uma refletância conjuntural de vários fatores, incluindo: estruturas das plantas, estágios de crescimento das plantas, propriedade física e química de solos no fundo, condições topográfica e atmosférica, etc. Graça a singularidade de cada espécime que se manifesta pela sua assinatura espectral da EM é possível de extrair as informações distintas que se repetem de um padrão reconhecível como, por exemplo, cobertura vegetal.

A caracterização tem como objetivo mostrar as situações da cobertura vegetal da bacia hidrográfica no perímetro urbano de Campo Grande/MS.

Na classificação de imagens é possível quantificar as formações distribuídas espacialmente representadas em áreas com uma precisão satisfatória para o planejamento e tomadas de decisões.

1.3.3.1 Materiais e métodos

A área de estudo está expressa no perímetro urbano do município de Campo Grande/MS, compreendendo as bacias e seus respectivos cursos d'água com seus múltiplos usos.

Tabela 2.9 – Bacias hidrográficas dentro do perímetro urbano de Campo Grande

Bacias Hidrográficas	Área (km²)
Coqueiro	157,20
Riberão Botas	91,43
Gameleira	37,51
Lageado	93,27
Lagoa	42,95
Imburussu	72,93
Prosa	32,01
Segredo	46,22
Bandeira	15,24
Anhandui	40,72

1.3.3.2 Imagens orbitais

As imagens orbitais utilizadas para a caracterização do uso e cobertura foram do satélite CBERS 2 ¹(Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestre), disponíveis gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, através do site, no catálogo de imagens dos respectivos satélites.

A imagem do satélite CBERS 2 estão compreendidos pelo ponto/órbita 163/123 na passagem de 2007.

Os sensores CCD cenos do satélite CBERS 2 representados pelas bandas (3, 4 e 5) foram adquiridos para processamento das imagens que compreende os comprimentos de onda do visível e do infra-vermelho próximo e médio.

Para a realização da análise foi necessário a utilização imagens de um satélite com média resolução que comportou-se bem com poucas distorções espectrais e angulares, já algumas imagens apresentam muitos problemas de falhas que comprometem a análise.

A imagem CBERS 2 apresentou um comportamento espectral satisfatório para a análise com uma passagem no ano de 2007 sem apresentar as saturações na banda do vermelho que ocorria no sensor CCD.

1.3.3.3 Base cartográfica

As cartas topográficas, DSG/IBGE, em escala 1:100.000, serviram de base para a realização da correção geométrica (georreferenciamento) das imagens, sendo uti-

1 O satélite CBERS 2 é resultado do programa de cooperação assinado em 06 de julho de 1988 entre a China e o Brasil para desenvolver dois satélites de observação da Terra. Esse programa conjunto de Satélites Sino-Brasileiros de Recursos Terrestres (CBERS) combina os recursos financeiro e de especialistas dos dois países para estabelecer um sistema completo de sensoriamento remoto.

lizadas 2 (duas) cartas topográficas que recobrem toda a área do perímetro urbano do Município de Campo Grande e das bacias hidrográficas de Coqueiro, Ribeirão Botas, Gameleira, Lageado, Lagoa, Imbirussu, Prosa, Segredo, Bandeira, Balsamo e Anhanduí, cujas distribuições geográficas encontram-se representadas no mapa (Anexo 1).

1.3.3.4 Software

O software utilizado para todo o processamento das imagens de satélite, classificação, processamento e pós-processamento, foi o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

1.3.3.5 Procedimentos

Para identificar os padrões de cobertura, a classificação estatística foi utilizada como procedimento para análise digital das imagens. Constituiu um processo de análise de pixels de forma isolada.

Esta abordagem apresenta a limitação da análise pontual por ser baseada unicamente em atributos espectrais. Para superar estas limitações, aplicou-se a segmentação de imagem, anterior à fase de classificação, para a extração dos objetos relevantes para a aplicação desejada.

Neste processo, a imagem foi dividida em regiões² para corresponder às áreas de interesse da aplicação. É uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas.

Inicialmente, este processo de segmentação rotula cada "pixel" como uma região distinta. Calcula-se um critério de similaridade para cada par de região adjacente espacialmente. Os parâmetros utilizados nessa análise foram aplicados para o critério de similaridade aplicado 5 entre as regiões. A seguir, a imagem foi dividida em um conjunto de sub-imagens e então unidas entre elas, segundo um limiar de 10 pixel para área de agregação definida.

1.3.3.6 Resultados

A classificação das imagens de satélite possibilitou o agrupamento de pixel, através de modelos matemáticos que possibilitaram a quantificação das áreas com diversos tipos de uso.

A interpretação permitiu a separação da cobertura de solo com os padrões arbóreos agrupados e as áreas mapeáveis superiores a 900 m², desta forma foi possível representar com as áreas menores que 1 hectare.

A cobertura vegetal assim denominada nessa análise está representada pelo padrão das massas folhear expresso no espectro da onda eletromagnética definida pela clorofila e a sua variação.

² Entende-se por regiões, um conjunto de "pixels" contíguos, que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade

O modelo matemático apresentado na classificação híbrida composta pela classificação não-supervisionada Isoseg3, a partir da segmentação da imagem e supervisionada com a análise das amostras identificadas.

Após os padrões definidos foram pós-classificados os dados, através da interpretação visual, onde foi possível a edição dos agrupamentos.

As micro-bacias quando analisadas foram quantificadas, relacionadas pelas áreas de ocorrência, das respectivas áreas das micro-bacias do perímetro urbano do município de Campo Grande

Os dados adquiridos de NDVI4 já estavam com aplicações das técnicas para eliminar parcialmente a contaminação e nuvens nas imagens de NDVI (HOLBEN, 1986).

Os dados foram processados com calibração radiométrica padrão do satélite e as correções atmosféricas de espalhamento Raleigh e absorção de ozônio. Os dados de NDVI adquiridos do sensor TM encontra-se a partir do canal 4 e o canal 3 dividido pela soma deles pelos quais estão expressos na equação:

$$NDVI = \frac{(Ch4 - Ch3)}{(Ch4 + Ch3)}$$

A variação anual de NDVI de uma determinada região pode indicar bem o estresse ambiental causado pelo impacto climático regional (Kogan, 1990). A análise de variações espacial e temporal das imagens de NDVI torna-se um método atraente para investigar a variabilidade climática em escalas regional, continental e até global.

O NDVI apresenta uma resposta espectral da vegetação através da normalização do índice de vegetação que possibilita a interpretação visual e numérica dos valores de cada pixel da imagem, aqui representada pelas imagens do satélite CBERS 2 através dos sensores CCD.

A representação do NDVI períodos pode ser observada na Figura 2.21 que apresenta a imagem do perímetro urbano do município de Campo Grande/MS no ano de 2007. O degrade da imagem está representado na mesma escala do verde índice 1,0 maior a cobertura vegetal e variando até atingir a extremidade mais avermelhada representado pelo índice próximo a 0,0.

A imagem do NDVI apresenta de forma clara que a ocorrência dos padrões de maior concentração de verde (cobertura vegetal) e seu comportamento nas respectivas bacias e analisados pela classificação no ano de 2007.

É importante destacar a observação da mancha urbana que está bem significativa em sua e o perímetro urbano definido o seu limite pela linha na cor vermelha e o limite das bacias estão delimitados pela linha preta que apresenta suas respectivas delimitações.

³ É um algoritmo de agrupamento de dados não-supervisionado, aplicado sobre o conjunto de regiões, que por sua vez são caracterizadas por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância, e também pela área.

⁴ Índice de vegetação da Diferença Normalizada

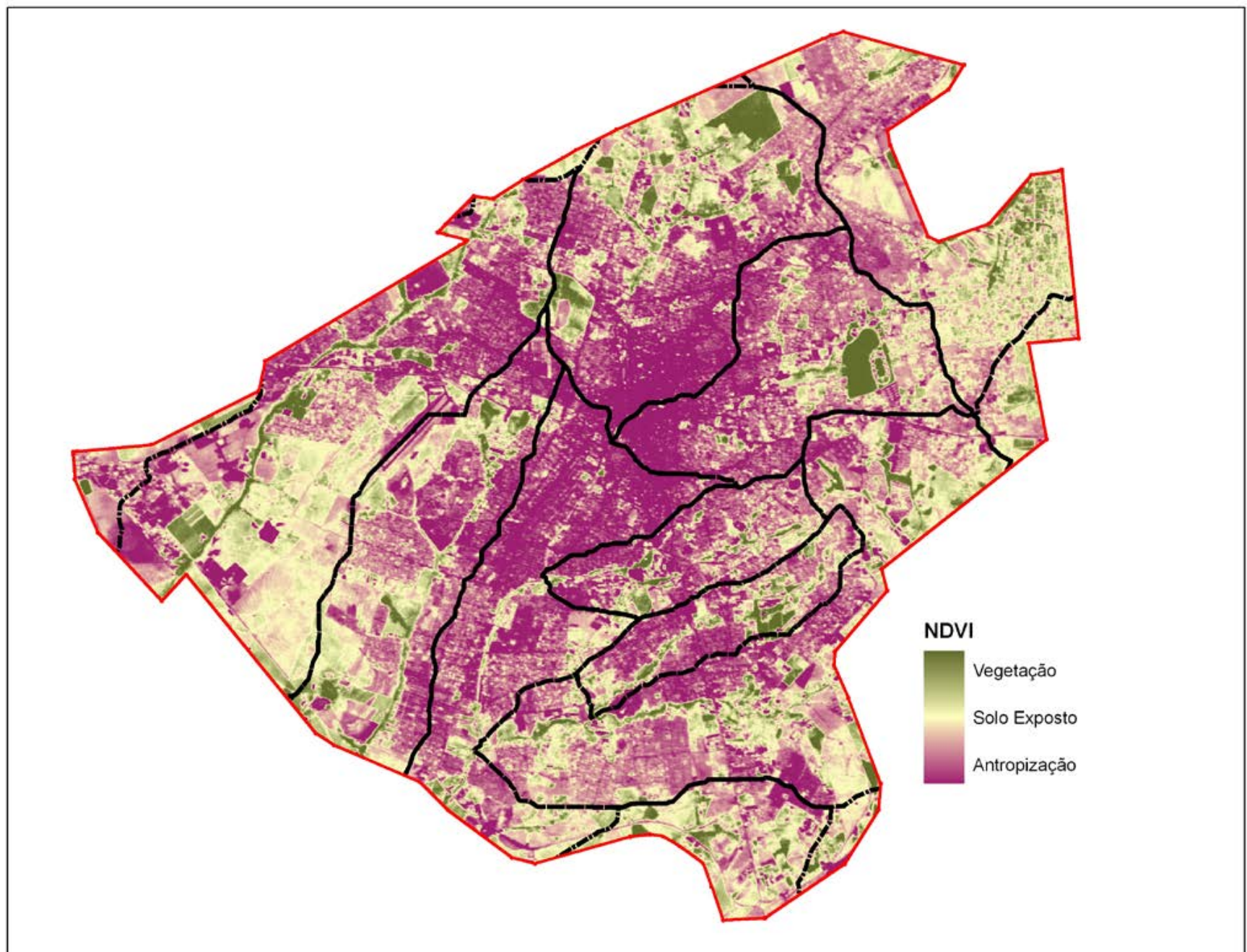


Figura 2.21 – NDVI do município de Campo Grande/MS no ano de 2007.

A classificação da imagem possibilitou a quantificação em hectares que foram detalhados em percentual da cobertura vegetal por bacias que está expressa no Gráfico onde apresentam as variações entre a cobertura vegetal entre as bacias relacionadas com a área total de cada bacia.

A observação espacial por bacias o detalhamento das onze micro-bacias, onde apresentarão uma alteração em sua cobertura vegetal onde todas as sub-bacias não apresentaram área de cobertura vegetal superior a 25% da área total das respectivas bacias.

A maior área de cobertura vegetal está concentrada na bacia segredo com um percentual de 25%, observando que essa área apresenta uma unidade de conservação com uma composição arbórea muito expressiva.

As micro-bacias do Bandeira e do Balsamo apresentaram um percentual de 22% de cobertura vegetal em relação com a sua área, caracterizados por uma região pouca adensada com grandes áreas preservadas nas matas ciliares ao longo dos Balsamo e Bandeira e seus contribuintes e as duas micro-bacias localizadas espacialmente muito próximas.

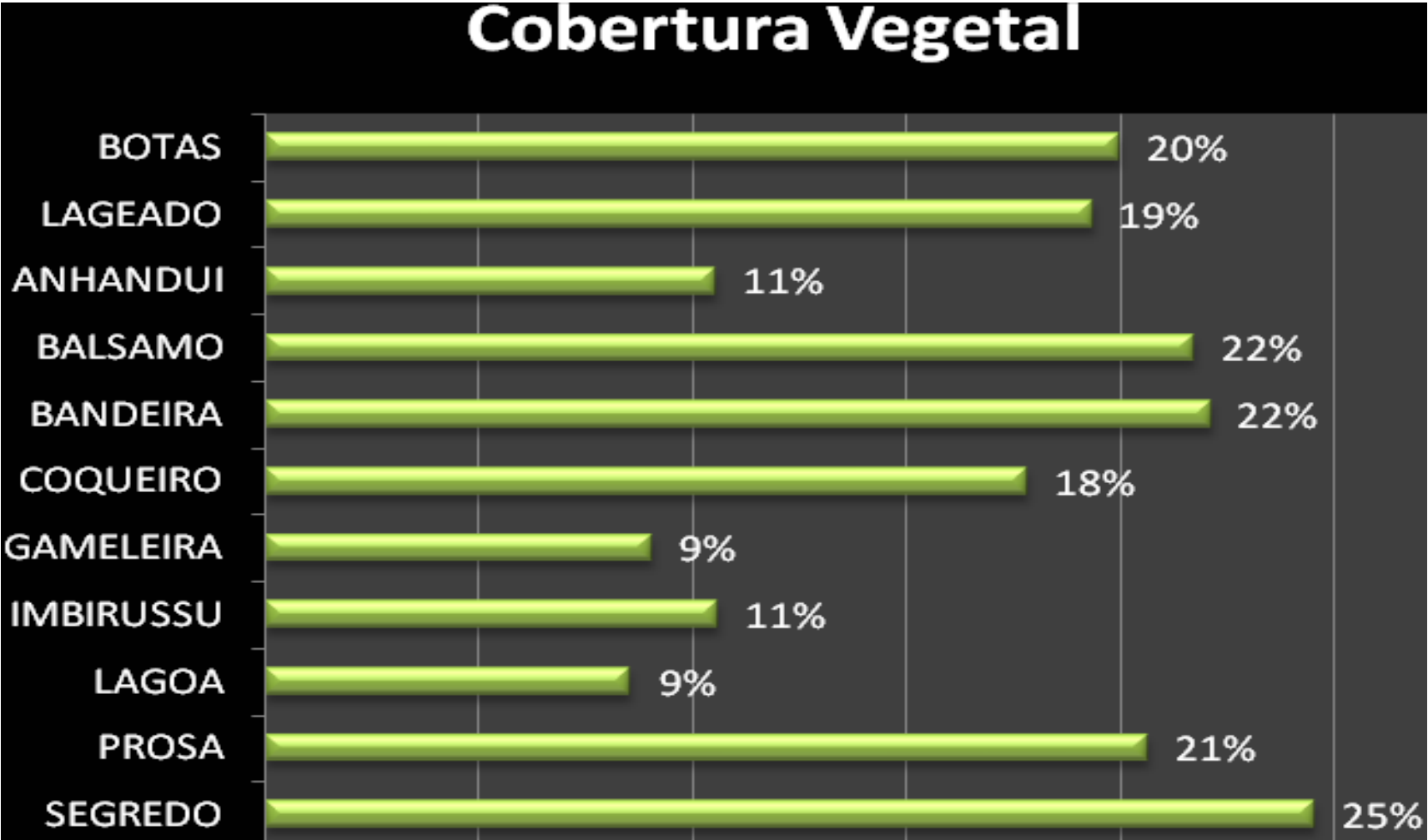


Gráfico 2.1 – Percentual da Cobertura Vegetal do município Campo Grande por micro-bacias.

Em virtude da localização do Parque Estadual do Prosa, uma Unidade de Conservação na micro-bacia do Prosa, mesmo com grande adensamento em determinadas áreas na bacia, apresentou um percentual de 21% de cobertura vegetal em relação a sua área total.

A micro-bacia do Lageado apresentou um comportamento de 19% de cobertura vegetal da sua área, não sendo um saldo positivo, em vitude que a micro-bacia é um manancial de abastecimento de água da cidade e ser uma Área de Proteção Ambiental – APA.

A localização periférica das micro-bacias do Botas e do Coqueiro, proporciona uma área de cobertura vegetal com um percentual de 20% e 18% em relação a sua área total respectivamente, observando que as micro-bacias estão localizadas na região norte do perímetro urbano sobre a formação arenítica.

O percentual de 11% de cobertura vegetal foi o comportamento das micro-bacias do Anhanduí e Imbirussu, as duas bacias com uma característica bem parecida pelo adensamento populacional.

O menor percentual esteve representado pelas micro-bacias do Lagoa e Gameleira, é destacando que as duas bacias têm características bem distintas e a micro-bacia Lagoa com um adensamento maior em relação à Gameleira.

A classificação possibilitou a interpretação das micro-bacias urbanas do perímetro urbano de Campo Grande/MS, sendo possível análise integrada, delimitada pelo limite do perímetro urbano representado no mapa de cobertura vegetal (Anexo 2).

1.3.4 Carta Geotécnica de Campo Grande

O principal objetivo da criação da carta geotécnica de Campo Grande foi o de subsidiar o poder público e privado nas ações planejadas por meio de critérios e recomendações de uso e ocupação do solo, em função das características peculiares dos terrenos em cada unidade homogênea (PLANURB, 1991). Deste modo Campo Grande foi dividida em 5 unidades homogêneas, e cada unidade expressa uma expectativa maior de ocorrência de um dado conjunto de características específicas. De acordo com Planurb (1991), as unidades homogêneas apresentam as seguintes características:

- *Unidade homogênea I:* Basalto e arenito intertrapeanos da Formação Serra Geral. Alteração de rocha a partir de 1 a 10m de profundidade, silte argiloso, com possibilidade de ocorrência de blocos e fragmentos de rochas. Baixa a média permeabilidade do solo. Ocorrência localizada de camadas métricas de matacão de basalto e lentes de arenito de 20 à 70cm. O nível d'água varia de 4 a 7m.
- *Unidade homogênea II:* Arenitos da Formação Caiuá. Areias Quartzosas. Alteração de rocha a partir de 10 a 20m de profundidade, arenoso, areno-siltoso, e muito friável. Alta permeabilidade do solo. Nível d'água profundo variando de 12 à 30m.
- *Unidade homogênea III-A:* Arenitos intertrapeanos da Formação Serra Geral. Latossolo vermelho amarelo e vermelho escuro mal drenados, textura média e argilosa. Nível d'água próximo à superfície (até 3m de profundidade). Terreno com baixa capacidade de suporte e carga. Expansão e contração do solo por possível presença de argilas expansivas. Ocorrência de solos orgânicos ou moles.
- *Unidade homogênea III-B:* Arenitos intertrapeanos da Formação Serra Geral. Alteração de rocha a partir de 5 a 15m de profundidade silte argilo-arenoso, silte arenoso (saibro) com presença constante de concreção ferruginosa. Nível d'água aflorante em épocas de chuva.
- *Unidade homogênea IV:* Aluviões recentes (areia, argila e silte com ou sem matéria orgânica). Solos em geral argilosos mal drenados, normalmente saturados. Espessura de 0 a 7cm normalmente assentado sobre basalto. Área em permanente estado de saturação com ocorrência de terrenos alagadiços. Nível d'água raso ou aflorante. Baixa capacidade de suporte e cargas.
- *Unidade Homogênea V:* Basalto, arenito intertrapeanos da Formação Serra Geral e arenitos da Formação Caiuá. Áreas com concentração de fluxo de águas superficiais e/ou aflorante de águas subsuperficiais.

A Figura 2.22 mostra a localização de cada unidade homogênea definida na carta geotécnica de Campo Grande-MS.

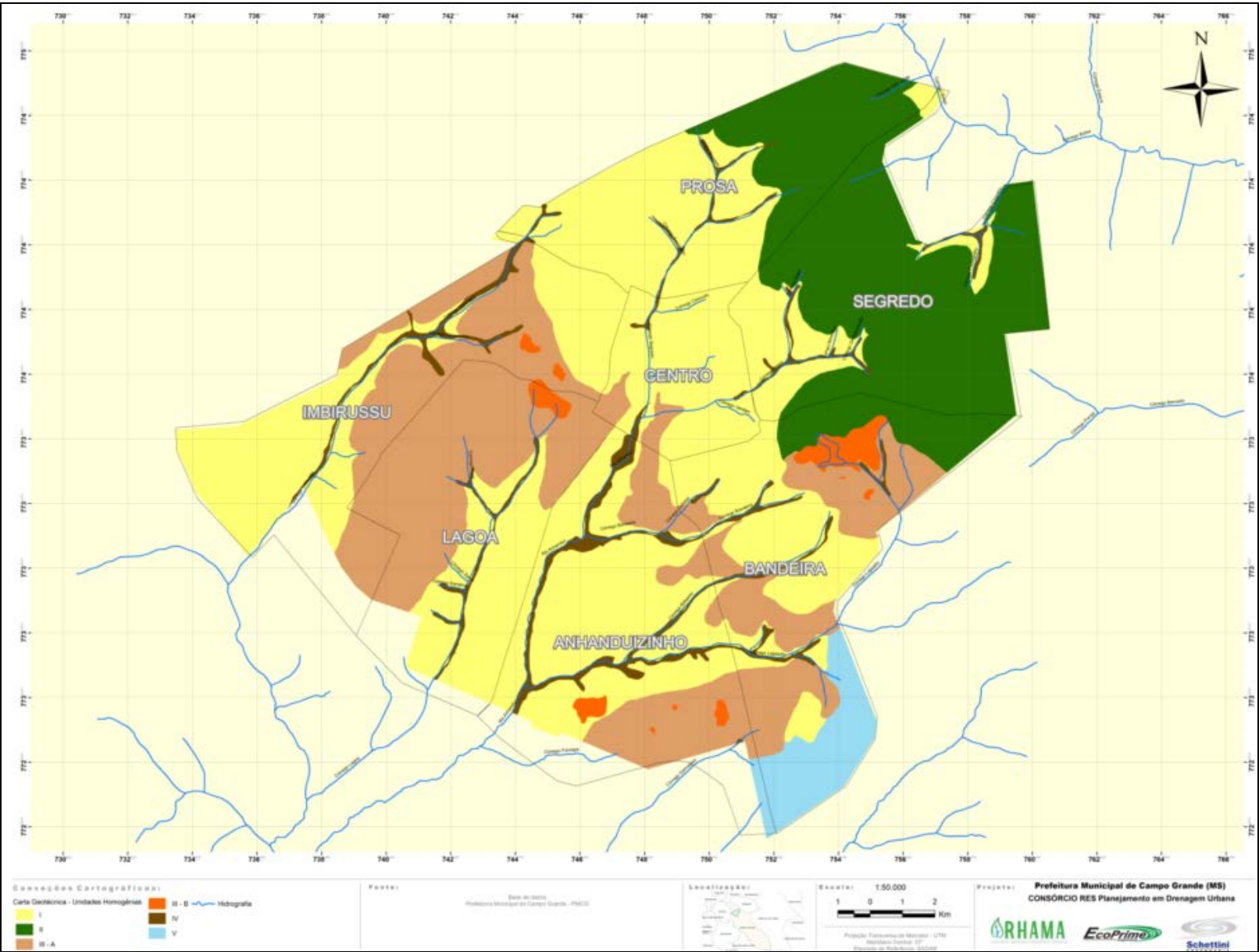


Figura 2.22 – Mapa geotécnico de Campo Grande - MS

1.3.5 Declividade

A declividade em uma posição da superfície é definida por um plano tangente a aquela posição da superfície modelada pelo MNT. A declividade é composta por duas componentes: o gradiente, às vezes também chamado de declividade, que é a máxima razão de variação de cota z e; a exposição que é a direção dessa máxima razão de variação de cota (CÂMARA *et al.*, 2001).

A Figura 2.23 mostra o mapa de declividade da área de implantação do empreendimento. Constata-se que a área constitui, predominantemente, declividade de 0 a 2%, e em proporções menores, declividades de 2 a 4% e de 4 a 6%. A região Sul do município de Campo Grande –MS destaca-se pela menor declividade em relação a região norte. Os maiores níveis de declividade nesta última região confirmam a ocorrência da rede de drenagem ou hidrografia no local e indicam melhores condições para se atingir elevados índices de escoamento superficial e de transporte de materiais.

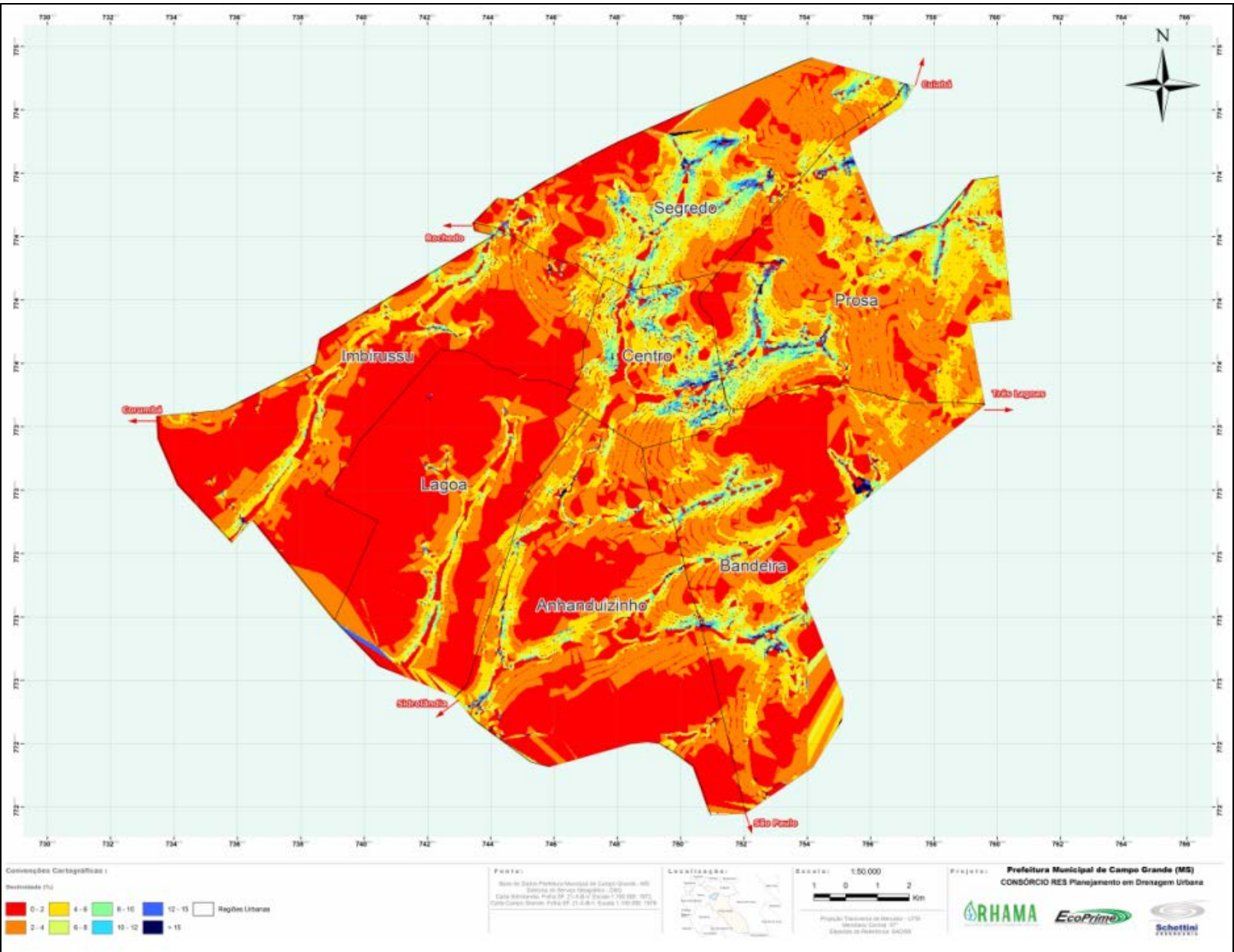


Figura 2.23 – Mapa de declividade de Campo Grande - MS

Florenzano (2008) sugere uma classificação morfológica para unidades de relevo na qual estabelece classes de declividade, conforme a Tabela 2.10.

Tabela 2.10 – Classes de declividade

Classes	Declividade (%)
Muito Baixa	< 2
Baixa	2 a 6
Média	6 a 20
Alta	20 a 50
Muito Alta	> 50

Fonte: Florenzano, 2008

De acordo com a classificação apresentada na Tabela 2.10 a maior parte do município constitui declividade baixa a muito baixa, sendo a porção Sul com alta incidência de níveis muito baixos. Em partes da porção norte a declividade é mais acentuada, podendo-se classificar como média.

1.4 Aspectos Climáticos

O total das precipitações está em torno de 1.600 mm a 1.700 mm anuais. O trimestre mais chuvoso corresponde ao verão austral (novembro, dezembro e janeiro), sendo que dezembro é o mês mais chuvoso; reduz-se de junho a agosto, retomando a partir de setembro. Devido ao avanço em latitude, as estações seca e chuvosa deixam de ser marcadas e nota-se uma melhor distribuição das chuvas durante o ano. Durante a estação mais fria, as chuvas desaparecem totalmente.

As temperaturas médias anuais ficam entre 20°C e 22°C. Embora os totais anuais sejam altos durante os meses de verão, estes decrescem de abril a setembro até 17°C, caracterizando uma estação bem mais fria. As temperaturas médias máximas anuais ficam entre 27°C e 32°C, obedecendo sempre a variação em latitude. As máximas absolutas são altas, entre 35°C e 40°C, apesar do decréscimo no Inverno, registros de 30°C são frequentes.

A umidade relativa é baixa sendo que de junho a novembro ela permanece abaixo de 70%, podendo chegar em até 10% nos meses de agosto e setembro.

A Massa Tropical Atlântica tem atividade constante ao longo do ano, com ventos de NE e E; é responsável pelo regime de estabilidade e seca, com céu claro e dias ensolarados.

Durante os meses do Verão Austral, os ventos predominam de NW e W, seguindo o rumo de NW para SW ou E para SE; responsáveis pelas instabilidades.

1.5 Interações Ecológicas Hídricas Regionais

Os corpos d'água que compõem a bacia hidrográfica municipal como são afluentes indiretos do rio Paraná consequentemente reproduzem a biodiversidade característica desta bacia hidrográfica e seus múltiplos aspectos ambientais, a qual apresenta algumas características que se constituem em importantes fatores ecológicos que determinam a diversidade de biótopos que aí ocorrem, bem como os tipos de organismos distribuídos no meio aquático.

Entre essas características, estão: a velocidade relativamente elevada das águas do rio Paraná; o substrato rochoso do seu leito, coberto por seixos, cascalho e areia; a turbidez da massa d'água produzida pela movimentação dos sólidos em suspensão; a presença de lagoas marginais em estreita correlação com o regime hidrológico do rio; etc.

Além dessas ações de ordem natural, acrescentam-se ainda as alterações produzidas na qualidade das águas e das formações vegetacionais marginais, ocasionadas pelos diversos barramentos e atividades agropecuárias, despejos de poluentes, introdução de espécies exóticas, etc.

A velocidade da corrente em alguns trechos do rio, implica na formação de ambientes lóticos, onde o movimento da massa d'água é fator preponderante na dinâmica horizontal de grande parte dos organismos. SCHÂFER (1985) observa que a instabilidade de um corpo d'água determina as comunidades vivas existentes em suas diversas regiões ecológicas.

As comunidades planctônicas só têm condições de ocorrência nas proximidades das margens e em locais onde o fluxo das águas é mais lento. O fitoplâncton, de acordo com MOSS (1980) e SCHÂFER (1985), só poderá ser produzido onde essa velocidade da corrente for baixíssima, menor que a da reprodução das algas. Em consequência, as comunidades fitoplanctônicas são alóctones, isto é, provêm de outras coleções hídricas, sendo, dessa maneira transitória no rio. Ainda segundo SCHÂFER (1985), quando essa velocidade é superior a 01 m/s, também as comunidades pedônicas são atingidas, pois não conseguem fixar-se nos substratos dos leitos dos rios. Mesmo com velocidade de aproximadamente 0,5 m/s, pequenos animais são desalojados desses substratos (MOSS, 1980). Já os organismos limnéticos podem adaptar-se a diferentes velocidades do rio.

Outro importante fator ecológico nas condições da região em estudo é a natureza do substrato do leito fluvial, constituído de areia e afloramentos pontuais do basalto.

Para as comunidades pedônicas, o substrato serve como habitat durante todo o seu ciclo de vida, estabelecendo-se entre ambos uma estreita inter-relação. A constante movimentação de material alóctone dificulta a fixação de muitos desses organismos. Isto só ocorre onde, eventualmente se deposita um pouco de material mais fino, em formações localizadas, servindo de substrato para fixação de algumas poucas plantas superiores, tais como: *Ranunculus* e, com correnteza mais moderada, próximo às margens, a *Elodea*, o *Potamogeton*, etc (BRANCO, 1978).

Também formas limnéticas podem depender desse substrato, com granulometria específica, em determinadas fases da vida, como, por exemplo, a reprodução de

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

alguns insetos e peixes, que, nesse meio, é limitada pela constante movimentação desses materiais.

Dessas condições referentes à velocidade da corrente e natureza do substrato do leito, decorrem diversas situações características desse ecossistema e das espécies que povoam seus habitats.

Uma das consequências mais importantes é a dependência dos insights de energia e de materiais alóctones, verificando-se reduzida produção de biomassa nesse meio, pois a cadeia trófica torna-se limitada quanto aos seus níveis produtores primários e decompositores.

Assim, torna-se particularmente importante a inter-relação do ecossistema aquático e seus biótopos, tanto com as áreas do rio Paraná e da bacia hidrográfica municipal, quanto com a vegetação marginal, como fornecedores dos nutrientes necessários às populações de seres vivos que o habitam.

Entre estes, destacam-se as populações ictiofaunísticas, bentônicas e fitoplanctônicas.

1.6 Unidades de Conservação da Natureza – UCs

As Unidades de Conservação são espaços territoriais especialmente protegidos, destinados à proteção da fauna, flora e à preservação da diversidade do patrimônio genético e dos processos ecológicos essenciais, possibilitando o manejo ecológico de espécies e ecossistemas importantes. Sua criação, implantação e implementação está regulamentada pela Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC.

As Áreas de Proteção Ambiental – APAs, pertencente ao Grupo de Unidades de Uso Sustentável, constituem-se em um instrumento viável de gestão ambiental a ser aplicado em situações em que há uma pressão da expansão urbana sobre espaços importantes, detentores de diversidade e de recursos naturais cuja proteção e preservação se torna fundamental para a manutenção e melhoria da qualidade de vida da população local e cuja solução dos problemas ainda se coloca como um desafio para os governos locais.

No Município de Campo Grande existem três Unidades de Conservação da Natureza instituídas legalmente pelo Poder Público Municipal. São elas: Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do córrego Lageado - APA do Lageado; Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do córrego Guariroba - APA do Guariroba; Área de Proteção Ambiental da Bacia do córrego Ceroula – APA do Ceroula.

1.6.1 Área de proteção ambiental dos mananciais do Córrego Guariroba

A APA do Guariroba foi criada pelo Decreto 7.183, de 21 de setembro de 1995 e teve seu Conselho Gestor criado através do Decreto 8.178 de 22 de março de 2001. Tem por finalidades:

- Recuperar e conservar os mananciais de abastecimento público formados pela bacia do córrego Guariroba, de modo a assegurar a sustentabilidade em quantidade e qualidade dos recursos hídricos;
- Proteger o ecossistema, as espécies raras e ameaçadas de extinção da região, as várzeas e os fundos de vale; e
- Promover o constante monitoramento da qualidade ambiental do manancial e a implementação de projetos específicos que possam contribuir com a sua conservação.

Esta área de proteção ambiental possui uma extensão de aproximadamente 40.000 ha, situada entre os paralelos 20° 29' 30" (N), 20° 46' 5" (S) e entre os meridianos 54° 19' 39" (L) e 54° 28' 30" (O), com a altitude variando de 480 m em sua foz e 620 m na nascente do córrego Saltinho, afluente do córrego Guariroba. Corresponde à parte das folhas Jaraguari – SF. 21-X-B-III e Lagoa Rica – SF. 21-X-B-VI, escala 1:100.000, do Ministério do Exército/1971. Está localizada na grande unidade denominada Bacia Sedimentar do Paraná e encontra-se inserida na sub-bacia do Rio Pardo, da qual faz parte a sub-bacia do córrego Guariroba.

As águas do caudal principal são utilizadas para o abastecimento público da cidade de Campo Grande-MS. A maioria das propriedades rurais existentes na APA (bacia do córrego Guariroba) são destinadas à criação de bovinos de corte, cria e recria, de forma extensiva.

1.6.2 Área de proteção ambiental dos mananciais do Córrego Lageado

A APA do Lageado foi criada pelo Decreto Municipal n. 8.265, de 27 de julho de 2001, e seu Conselho Gestor criado através do Decreto n. 8.693, de 05/06/03. Tem por finalidade:

- Recuperar, proteger e conservar os mananciais de abastecimento público formados pela bacia do córrego Lageado, de modo a que seus recursos hídricos tenham asseguradas, de forma sustentável, a sua quantidade e qualidade;
- Proteger seus ecossistemas, as espécies raras e ameaçadas de extinção, o solo, assim como as várzeas e demais atributos naturais que possam ser considerados relevantes para a melhoria e conservação da qualidade ambiental da bacia; e,
- Promover programas, projetos e ações de gestão e manejo da área que contribuam com a sustentabilidade econômica e social de atividades e empreendimentos compatíveis com as finalidades citadas.

Esta APA possui uma área aproximada de 3.555 ha, situada entre os paralelos 54° (N) e 55° (S) e entre os meridianos 20° (L) e 21° (O). Corresponde à parte das folhas Campo Grande – SF. 21-X-B-II e Sidrolândia – SF. 21-X-B-V, escala 1:100.000, do Ministério do Exército/1971. Está localizada na grande unidade denominada Bacia Sedimentar do Paraná e encontra-se inserida na sub-bacia do Rio Pardo, da qual faz parte a sub-bacia do córrego Lageado.

A área da APA do Lageado é formada pela porção superior da bacia do córrego Lageado a qual se encontra ocupada por áreas urbanizadas pertencentes à cidade de Campo Grande e áreas ocupadas por propriedades rurais, predominando as últimas. Dentro de seus limites encontramos diversas atividades em desenvolvimento, dentre as quais destacamos as urbanas (oficinas mecânicas, postos de combustíveis, aeroporto, loteamentos, usina de concreto, estação de tratamento de água, fabricação de artefatos em fibra de vidro, hotéis etc.) e rurais (pecuária, suinocultura, horticultura, piscicultura, extração mineral etc.).

1.6.3 Área de proteção ambiental da bacia do Córrego Ceroula

A APA do Ceroula foi criada pelo Decreto 8.264, de 27 de julho de 2001, e teve seu Conselho Gestor criado pelo Decreto Municipal n. 8.365, de 26 de dezembro de 2001. Tem como finalidade:

- Recuperar, proteger e conservar os cursos d'água que compõem a bacia do córrego Ceroula;
- Proteger os ecossistemas locais, suas paisagens notáveis, o solo e demais atributos naturais que possam ser considerados relevantes;
- Resguardar e valorizar aspectos culturais e históricos associados às comunidades locais e à região; e,
- Promover programas, projetos e ações de gestão e manejo da área que contribuam com a sustentabilidade econômica e social de atividades e empreendimentos compatíveis com as finalidades citadas.

Esta APA possui uma área aproximada de 66.954 ha, situada na porção norte do município de Campo Grande, sendo formada pela área da bacia de drenagem do córrego Ceroula existente no território do Município de Campo Grande. Está loca-

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

lizada na Bacia do Alto Paraguai – BAP e encontra-se inserida na sub-bacia do Rio Aquidauana, da qual faz parte a sub-bacia do córrego Ceroula.

A área da APA do Ceroula é formada pela parte superior da bacia do córrego Ceroula que na sua porção Sul/Sudeste delimita-se com o perímetro urbano da cidade de Campo Grande.

Apresenta predominantemente áreas ocupadas por propriedades rurais. Quanto às atividades desenvolvidas destacam-se a pecuária, horticultura e piscicultura, além das atividades de extração mineral, usina de asfalto e curtume/salgadeira etc.

1.7 MEIO SÓCIO-ECONÔMICO

1.7.1 Evolução populacional

A população campo-grandense, segundo contagem do IBGE, está com um total de 724.524 pessoas em 2007.

Durante as últimas décadas o município experimentou um importante crescimento populacional, tendo em vista que a população foi multiplicada por quase cinco vezes entre os censos de 1970 e 2000.

Tabela 2.11 – População total urbana e rural, e taxa de urbanização - Município de Campo Grande – 1970 /2000

POPULAÇÃO/TAXA DE URBANIZAÇÃO	1970	1980	1991	2000
População Total	140.233	291.777	526.126	663.621
Masculina	69.396	144.129	257.697	322.703
Feminina	70.837	147.648	268.429	340.918
Urbana	13.1138	283.653	518.687	655.914
Rural	9.095	8.124	7.439	7.707
Taxa de urbanização	93,51%	97,22%	98,59%	98,84%

Fonte: Sistema Nacional de Indicadores Urbanos - Ministério das Cidades, acesso em janeiro/2004

Contudo, o crescimento vem declinando. No período de 1970 a 1980, observou-se a maior taxa de crescimento anual, 7,61%. Desde então a taxa de crescimento demográfico vem se desacelerando, em função da acentuada redução dos níveis de fecundidade e da diminuição do fluxo migratório.

Entre 1991 e 2000 a taxa média geométrica de crescimento anual foi de 2,64%, a mais baixa desde o Censo de 1960. Mesmo assim o crescimento absoluto foi de 137.495 mil pessoas. O incremento médio anual foi de 15.277 pessoas no período 1991/2000 contra 21.304 no período 1980/1991.

Observa-se o alto grau de urbanização, onde a população urbana representava 98,84% e a rural 1,16% em 2000.

Tabela 2.12 – Evolução dos grandes grupos de idade do Município de Campo Grande - 1960/2000

GRANDES GRUPOS DE IDADE	1960 (%)	1970 (%)	1980 (%)	1991 (%)	1996 (%)	2000 (%)
0-14	40,70	40,08	36,76	33,90	30,80	28,45
15-64	56,73	57,06	60,15	62,50	64,69	66,73
65 e mais	2,57	2,86	3,09	3,60	4,51	4,82

Fonte: IBGE, Censos Demográficos de 1960 a 2000 e Contagem da População de 1996

A participação da população do município em relação à do Estado de Mato Grosso do Sul ainda é elevada, sendo que em 2000 chegou a 31,94%. Ou seja, para cada 100 habitantes do estado, cerca de 30 residem em Campo Grande.

No contexto nacional, Campo Grande é o 23º (vigésimo terceiro) município em volume populacional.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

De acordo com Censo Demográfico 2000, para cada 100 mulheres havia em Campo Grande 94,66 homens, como resultado de um excedente de 18.215 mulheres em relação ao número total de homens. Este resultado dá continuidade a série histórica do município com relação à predominância da população feminina na composição por sexo.

Até o início dos anos 80, a estrutura etária da população campo-grandense ainda mostrava traços bem marcados de uma população predominantemente jovem, resultado da longa trajetória de altos níveis da fecundidade.

Tabela 2.13 – Taxa Média Geométrica de Crescimento Anual da população residente no Município de Campo Grande - 1960/2000

PERÍODO	TMGCA (%)
1960/1970	6,71
1970/1980	7,61
1980/1991	5,51
1991/1996	2,71
1991/2000	2,64
1996/2000	2,55

Fonte: IBGE, Censos Demográficos de 1960 a 2000 e Contagem de 1996

O grupo de crianças de 0 a 14 anos de idade, no total da população declinou de 33,90%, em 1991, para 28,45%, em 2000, ao passo que o grupo de idosos de 65 anos e mais, no mesmo período, seguiu lenta trajetória ascendente (3,60%, em 1991, contra 4,82%, em 2000). Da mesma forma, elevou-se a participação do contingente em idade potencialmente ativa (grupo de 15 a 64 anos de idade). Em 1991, estas pessoas correspondiam a 62,50% da população total, passando a representar 66,73%, em 2000.

Tabela 2.14 – Participação Relativa da População do Município de Campo Grande em relação ao Estado de MS - 1940/2000

ANO	PARTICIPAÇÃO (%)
1940	20,8
1950	18,4
1960	12,8
1970	14,2
1980	21,3
1991	29,5
1996	31,1
2000	31,9

Fonte: IBGE, Censos Demográficos de 1980, 1991 e 2000 e Contagem da população de 1996

Nota: 1940/1950 – população presente

1960/1980 – população recenseada

1991/2000 – população residente

A relação entre a população do grupo de 0 a 14 anos e 65 anos e mais de idade e o contingente entre 15 a 64 anos de idade permite calcular o indicador "Razão de Dependência" que expressa, em linhas gerais, o peso das crianças e dos idosos

sobre o segmento que, em princípio, estaria exercendo alguma atividade produtiva. Assim, para o município de Campo Grande em 2000, chegou-se a uma relação de 49,85 crianças e idosos para cada grupo de 100 pessoas em idade ativa. Em 1991, esta mesma relação era de 60%. A partir destes resultados pode-se constatar o impacto do estreitamento na base da pirâmide etária, principal fator responsável pela diminuição da “Razão de Dependência” no Município de Campo Grande.

Tabela 2.15 – Estimativas da população do Município de Campo Grande - 1991-2006

ANO	POPULAÇÃO
1991 ²	526.126
1992 ¹	547.984
1993 ¹	565.785
1994 ¹	584.027
1995 ¹	601.661
1996 ³	600.069
1997 ¹	618.508
1998 ¹	634.031
1999 ¹	649.593
2000 ²	663.621
2001 ¹	679.281
2002 ¹	692.549
2003 ¹	705.975
2004 ¹	734.164
2006 ¹	765.247

Fonte: IBGE
¹ Estimativa da População
² Censo Demográfico
³ Contagem da População

1.7.2 Sistema de abastecimento de água

O Saneamento, visando a proteção da saúde humana por meio de medidas controladoras do manejo dos recursos ambientais, está intimamente vinculado à defesa da Saúde Pública. Segundo definição da Organização Mundial de Saúde, a Saúde Pública é a ciência e a arte de evitar doenças, prolongando a vida e promovendo saúde e eficiência através de esforços promovidos pelas comunidades. Esses esforços são realizados pelo saneamento ambiental, controle das infecções transmissíveis, educação individual na higiene pessoal, organização de serviços médicos e desenvolvimento de instituições sociais que facilitem a diagnose, o trabalho preventivo das doenças e assegurem a cada indivíduo um padrão de vida adequado.

Abastecimento de Água

Em 13 de maio de 1966, por meio da Lei nº. 955, foi criado o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) em Campo Grande, como medida necessária à solução do problema de saneamento básico. Em 1977 o serviço foi transferido para a SANEMAT, seguindo diretrizes estabelecidas pelo Governo Federal. Com a criação do Estado de Mato Grosso do Sul, a administração, operação e manutenção das redes de água potável e esgotamento sanitário passaram à Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL). Em 27 de Dezembro de 1998 foi criada a Companhia de Saneamento de Campo Grande – Águas de Campo Grande, responsável pelos serviços de água e esgoto de Campo Grande.

Em 13 de Dezembro de 1999, a Prefeitura Municipal de Campo Grande e o Governo do Estado assinaram um Termo de Acordo em que o município se obrigou a licitar os serviços de saneamento de Campo Grande por um período de 30 anos. O processo de licitação iniciou-se em 20 de dezembro de 1999, e encerrou-se em 18 de outubro de 2000 com a assinatura do contrato pela empresa Águas Guariroba S/A, criada pelo consórcio Guariroba, classificado em primeiro lugar na licitação.

Em novembro de 2005 o controle acionário é repassado, com a anuência da Prefeitura Municipal de Campo Grande, para os Grupos Bertin e Equipav.

Atualmente o sistema de abastecimento de água de Campo Grande atende cerca de 98% da população. No mês junho de 2007 o volume de água produzido atingiu cerca de 2.443,52 L/s, sendo o índice de perdas de 559 L/economia.dia.

A captação de água é dividida entre mananciais de superfície e aquíferos subterrâneos. Dentre os mananciais de superfície podemos citar o sistema produtor Guariroba, Lageado e Desbarrancado. A captação subterrânea é efetuada através de poços e poços especiais.

O sistema de abastecimento de água em Campo Grande possui uma estrutura que integra os sistemas de produção superficial e subterrâneo no atendimento da demanda do município. A estruturação do sistema foi baseada em um amplo estudo das condições topográficas da área urbana, definindo as áreas para a implantação de grandes centros de reservação, que situados em regiões estratégicas podem atender a grandes áreas através de distribuição de água por gravidade.

Nas regiões próximas dos centros de reservação, e nas mesmas altitudes dos reservatórios, a distribuição por gravidade não é viável, sendo necessário o abastecimento através de bombeamento.

A setorização das áreas de atendimento dos reservatórios, poços, é objeto de constantes estudos. Atualmente os setores de abastecimento de água são divididos em micro-setores, chamados setores de fornecimento, com o intuito controlar as melhorias na distribuição de água e controle de perdas.

Alguns sistemas, por se encontrarem em áreas distantes dos centros de reservação, ou por terem sido projetados com soluções de abastecimento particulares podem ter seu fornecimento de água por Sistemas Integrados, Sistemas Mistos ou Sistemas Isolados.

- Sistemas Integrados – o abastecimento a estes sistemas é feito principalmente por água captada em mananciais superficiais e tem todos os reservatórios interligados com adutoras por gravidade, alguns destes reservatórios recebem também contribuição da produção de alguns poços.

- Sistemas Mistos – são os sistemas que possuem fonte de suprimento própria, contudo essa fonte não supre totalmente a demanda da região, recebendo reforço de outros sistemas.

- Sistemas Isolados – são os sistemas que possuem fonte de suprimento própria e não estão interligados.

O sistema de abastecimento de água de Campo Grande tem capacidade de reservação de 82.050 m³. Atualmente estão em operação 82 reservatórios atingindo um volume total de reservação de 80.970 m³.

O sistema de abastecimento de água é composto por diversas estações elevatórias que bombeiam a água bruta (EAB) ou tratada (EAT). As estações elevatórias, que utilizam conjunto de motobomba de eixo horizontal, bem característica.

O sistema de tratamento de água, proveniente dos mananciais superficiais, é composto por duas estações de tratamento:

- ETA Guariroba, com capacidade de 1400 L/s;
- ETA Lageado, com capacidade de 400 L/s;

O tratamento é feito com sistema convencional composto por floculação, decantação, filtração, desinfecção por cloro e fluoretação.

Para o tratamento da água obtida por captação subterrânea é utilizado o método de desinfecção, com adição de cloro e flúor.

O Sistema de abastecimento de água de Campo Grande atende atualmente cerca de 98% da população e tem uma produção média mensal de 7,7 milhões de metros cúbicos para um consumo medido de 3,5 milhões de metros cúbicos.

Em 2000 o índice de abastecimento de água atingiu 94% da população. Em 2001, este índice subiu para 96%, em 2002 para 97%, sendo que no ano de 2003, este índice foi mantido. Em 2004 aumentou para 98%, e em 2005, permaneceu o índice de 98%.

A Águas Guariroba recebeu em 27 de junho de 2003 o certificado ISO 9001:2000 pelo seu Sistema de Gestão da Qualidade nos processos de produção e distribuição de água potável, coleta e tratamento de esgoto sanitário, garantindo mais qualidade de vida para a população de Campo Grande. A Fundação Carlos Alberto Vanzolini, certificadora credenciada pela IQNET (International Certification Netwok), por meio de auditoria externa, constatou que a Águas Guariroba implementa e mantém um Sistema da Qualidade que cumpre os requisitos da Norma ISO 9001:2000.

Tabela 2.16 – Sistema de Abastecimento de Água de Campo Grande – 2006

MANANCIAL	SISTEMA PRODUTOR	CONTRIBUIÇÃO PARA O SISTEMA	CONTRIBUIÇÃO TOTAL	VOLUME PRODUÇÃO (m³/h)	ENTRADA EM OPERAÇÃO
Captação Superficial	Guariroba	49 %	62%	4.535,08	1985
	Lageado	12 %		1.159,60	1969
	Desbarrancado	1 %		84,10	1939
Captação Subterrânea	Poços	17 %	38%	1.551,36	-
	Poços Especiais	21 %		1.935,37	-

Fonte: Águas Guariroba S.A.

1.7.2.1 Tratamento

Toda a água proveniente dos mananciais superficiais é tratada em duas Estações de Tratamento de Água (ETA’s):

- ETA Guariroba, e
- ETA Lageado

O tratamento é feito com sistema convencional, devido à excelente qualidade do manancial explorado, com adição de cloro para desinfecção e de flúor para combater a cárie dentária.

Todo o processo de tratamento é rigorosamente controlado por um laboratório de controle de qualidade, implantado na ETA Guariroba, o qual assegura um excelente padrão de potabilidade da água distribuída, atende a portaria 1469 de 29 de dezembro de 2000, onde o Governo Federal estabelece os procedimentos e responsabilidade relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A água obtida por captação subterrânea (poços) é desinfectada por adição de cloro e fluoretada. O volume médio mensal explorado por captação subterrânea é de 2.175.000 m³/mês.

1.7.2.2 Reservação

A capacidade de reservação do sistema está em 82.050 milhões de litros, distribuída em reservatórios apoiados e elevados espalhados por toda a malha urbana do município (Tabela 2.17).

1.7.2.3 Estruturação do abastecimento

O Sistema de Abastecimento de Água em Campo Grande possui uma estrutura que integra os sistemas de produção superficial e subterrâneo no atendimento da demanda do município, tendo como base de sua estruturação o projeto da Hidro-service, do início da década de 80, que foi gerado a partir de um amplo estudo das condições topográficas da área urbana, e a partir deste estudo foram definidas áreas para implantação de grandes centros de reservação, que situados em regiões estratégicas podem atender a grandes áreas através de distribuição de água por gravidade.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 2.17 – Capacidade de Reservação – 1996-2006

LOCALIZAÇÃO DO CENTRO DE RESERVAÇÃO	Tipo de reservatório	ANO/CAPACIDADE (M³)									
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ETA Guariroba	Apoiado	9.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
ETA Lageado	Apoiado	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
Coronel Antoni- no	Apoiado	6.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
	Elevado	500	500	500	500	500	500	500	-	-	-
CophaSul	Apoiado	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	12.000	12.000	12.000
	Elevado	500	500	500	500	500	500	500	-	-	-
Taveirópolis	Apoiado	6.000	6.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
	Elevado	500	500	500	500	500	500	500	-	-	-
Pioneiros	Apoiado	1.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Centro (R. Ba- hia)	Apoiado	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Noroeste	Apoiado	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Novos Estados	Apoiado	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.550	1.550	1.550
Nova Lima	Apoiado	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Moreninha	Apoiado	-	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.530	1.530	1.530
	Elevado	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100
D. Antônio Bar- bosa	Apoiado	-	1.500	1.500	1500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Carandá Bos- que	Apoiado	-	-	-	-	-	500	650	700	700	700
Reservatórios Sistemas Mis- tos	Apoiado Elevado	20.605	20.605	20.605	20.605	20.605	20.605	20.605	8.670	8.670	8.670
VOLUME TOTAL		69.105	79.605	85.605	85.605	85.605	86.105	86.255	82.050	82.050	82.050

Fonte: Águas Guariroba S.A.

Observa-se que em algumas regiões, que se encontram nas proximidades dos centros de reservação, e nas mesmas altitudes (cotas) dos reservatórios, a distribuição por gravidade não é viável. Nestes casos o abastecimento é feito por bombeamento. Em síntese, a partir de um centro de reservação, o Sistema integrado de abastecimento atende uma determinada área (setor operacional), aproveitando ao máximo as condições de topografia dos terrenos.

A setorização das áreas de atendimento dos reservatórios é objeto de constantes estudos, sendo que atualmente está em fase de execução um projeto de melhoria operacional que além de solucionar problemas localizados de baixa pressão em algumas áreas, define micro e sub-setores operacionais que trazem inúmeros ganhos para a operação dos sistemas.

Alguns sistemas, por encontrarem-se em áreas distantes dos centros de reservação ou por terem sido projetados com soluções de abastecimento particulares podem ter seu fornecimento de água por Sistemas Mistos ou ainda por sistemas isolados.

Sistemas Integrados – O abastecimento a estes sistemas é feito principalmente por água captada em mananciais superficiais e tem todos os reservatórios interligados com adutoras por gravidade, alguns destes reservatórios recebem também contribuição da produção de alguns poços. Os Centros de Reservação do Sistema Integrado são:

- RI2 – ETA Guariroba,
- RG – Noroeste,
- RE – ETA Lageado,
- RBTC – Taveirópolis,
- RD – Centro,
- RF2 – Cel.Antonino,
- RF1 – CoophaSul.

Sistemas Mistos – São os sistemas que possuem fonte de suprimento própria, sendo que essa fonte não supre totalmente a demanda da região, recebe reforço de outros sistemas;

Sistemas Isolados – São os sistemas que possuem fonte de suprimento própria, não necessitando de nenhum outro reforço para realizar o abastecimento. Grande parte dos sistemas isolados abastece os conjuntos habitacionais ou loteamentos afastados da área central.

1.7.3 Drenagem de águas pluviais

Campo Grande encontra-se numa região onde as bacias hidrográficas são de pequeno porte, assim as águas pluviais não foram fator de impedimento para o crescimento da cidade. Diante disto, não houve preocupações anteriores com a estruturação de um serviço modelar de planejamento da microdrenagem urbana.

Hoje se desenvolve projeto de macrodrenagem nas bacias dos córregos Prosa, Sóter, Segredo e Anhanduí, estando executados 30% dos canais a céu aberto.

Cabe destacar também pela sua formação geotécnica, as Bacias dos Córregos Lagoa, Sóter, nas proximidades do Aeroporto Internacional, São Conrado, Santa Emília, Conjunto União, Nova Campo Grande e o Bairro Tiradentes, onde o lençol freático encontra-se praticamente ao nível do terreno natural nos períodos chuvosos.

1.7.4 Sistema de esgotamento sanitário

Sistema de Esgotamento Sanitário

No Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de Campo Grande apresentado em 1989, foram definidos duas formas de coleta:

- Através de uma rede coletora, interceptores e emissário;
- Intermédio de caminhões auto-fossa.

Ambas com o mesmo destino a Estação de Tratamento de Esgoto. O Plano indicava a implantação de uma ETE após a confluência dos córregos Bandeira e Anhanduizinho, próximo ao bairro Guanandi composta de lagoas aeradas e lagoas de decantação. As obras de coleta, interceptação, estações elevatórias, emissário e ETE chegaram a ser contratadas.

A SANESUL em 1991 vinha negociando com o Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD recursos para execução do projeto contratado, quando concluiu que o mesmo inviabilizaria a empresa devido ao alto custo e o pequeno retorno. Nesta ocasião o contrato foi revisto tanto em relação aos preços que eram abusivos quanto às obras altamente onerosas e ultrapassadas. Buscava-se outra alternativa, em 1992 visando menor custo de implantação e operação, além de implantação de sistemas regionalizados utilizando menor área e diminuindo o gasto de energia. Foi então adotado o tratamento através de RALF's – Reator Anaeróbico de Lodo Fluidizado cuja eficiência atinge 80 % de remoção de DBO. Essa solução foi adotada conhecer o sistema de tratamento de Curitiba, onde o sistema operava com há algum tempo.

O Sistema de Esgotamento Sanitário Existente é concebido como do tipo “Separador Absoluto”. É constituído de redes coletoras, interceptores, estações elevatórias, emissários de recalque e estações de tratamento. Atende de forma integrada a parte central da cidade e de forma isoladas alguns conjuntos habitacionais da periferia da cidade.

Em dezembro de 2002 a Prefeitura Municipal de Campo Grande e a Águas Guariroba firmaram um acordo para contratação dos serviços de georreferenciamento das áreas urbana e rural do Município de Campo Grande.

Para obtenção da base cartográfica foi contratada uma empresa especializada para realização do voo e identificação das curvas de nível, limites de lotes, quadras e eixos de logradouros e o georreferenciamento de todos os lotes.

O projeto foi concluído e apresentado os seguintes itens:

- Ortofotocarta digital da área urbana de Campo Grande, com recobrimento de 600Km². As fotos foram tiradas na escala 1:8000 para trabalho na escala 1:2000;
- Fotografia digital do Município, gerada a partir de fotos de satélite,
- Fornecimento do banco de dados da Prefeitura,
- Criação das curvas de nível a cada 2,50 metros, que mostra que a cidade é parcialmente plana;
- Alinhamento predial (quadras) e meio fio,
- Identificação de lotes e eixo de logradouros com nomes, números e CEP.

De acordo com a carta geotécnica de Campo Grande, onde podemos observar os tipos de solo e sua geotecnia, a área central da cidade de Campo Grande mostra que o nível de água está próximo à superfície, e como a concentração populacional é maior que nas outras regiões, esta área foi prioridade para a execução de rede, que vem impedindo a contaminação do lençol freático na região.

A Águas Guariroba S.A., desde o ano de 2000 até recentemente já executou e continua executando diversas obras visando aumentar a coberturas deste serviço à população. Dentre as quais podemos citar as seguintes:

- Interligações das redes coletoras do bairro Tiradentes;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Interligação das Elevatórias de Esgotos do Guanandizão, Taquarussú e Jacy à ETE Salgado Filho o permitiu o funcionamento da rede coletora dos bairros Marcos Roberto, Vila Nhanhá, Taquarussú e Jacy;
- Implantação de rede coletora de esgotos na Avenida Zahran, sendo que na Etapa I, no trecho da Rua Rui Barbosa à Av. Calógeras foram implantados 611,5 m de rede DN150;
- Execução de 1.000 m de rede coletora de esgotos, para atender o condomínio residencial Jeribá, beneficiando uma população de 1.800 pessoas no condomínio e no trajeto da rede coletora implantada;
- Execução de mais de 12.887 ligações domiciliares e implantação de mais 173 km de rede coletora de esgoto para atendimento de diversos bairros como: Jockey Club, Moreninhas, Carandá Bosque, Seminário entre outros;
- Implantação de novos interceptores ao longo dos córregos Prosa, Anhanduí e Lageado.

No dia 09 de novembro de 2005, o TAC – Termo de Ajustamento de Conduta, firmado entre a Prefeitura Municipal de Campo Grande e a Águas Guariroba S.A., sofreu uma re-ratificação, prevendo: “... a antecipação para 2008 das metas físicas referentes às obras de coleta e tratamento de esgoto doméstico previstas contratualmente para o ano de 2010”.

Com a antecipação dessas obras, a cobertura de esgoto de 50% prevista para 2010 passaria para o ano de 2008.

Levaram em conta os menores investimentos possíveis, atendendo prioritariamente as áreas mais adensadas, as regiões de solos resistentes à absorção de água e regiões com maior retorno econômico financeiro, além de equacionar adequadamente o sistema de tratamento com a retirada das estações de tratamento da área central da cidade.

Em vista do exposto a Águas de Guariroba considerou, ao longo dos anos, transferir todos os esgotos coletados para a nova Estação de Tratamento de Esgotos LOS ANGELES (futura), desativando, gradativamente, as atuais ETE's Cabreúva, Salgado Filho, Aero Rancho, Mário Covas e São Conrado, hoje implantadas dentro da área urbana. E transferir também os esgotos coletados nas ETE's Sayonara e Coopatrabalho para a futura ETE NOVA CAMPO GRANDE.

Preocupou-se também em aperfeiçoar a utilização das estruturas existentes do sistema de esgotamento sanitário e para tanto, manteve-se a concepção atual de sistema com tratamento descentralizado e a utilização de reator anaeróbico de leito fluidizado (RALF), identificado no meio acadêmico com o nome “UASB”.

Campo Grande possuía em dezembro de 2004, 520 km de rede de esgoto, totalizando um índice de conexão de 20% da população. Hoje, em 2008, a rede coletora se expandiu e está disponível para 32% da população. Atualmente existem sete Estações de Tratamento de Esgoto (ETE).

- ETE Cabreúva (1 módulo) - capacidade de 100 l/s;
- ETE Salgado Filho (4 módulos) - capacidade de 400 l/s;
- ETE Aero Rancho (1 módulo) - capacidade de 40 l/s;
- ETE Coopatrabalho (1 módulo) - capacidade de 15 l/s;
- ETE Mário Covas (1 módulo) - capacidade de 20 l/s;
- ETE Sayonara (1 módulo) – capacidade de 5 l/s;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- ETE São Conrado (1 módulo) – capacidade de 20 l/s.

Tabela 2.18 – Informações básicas operacionais de esgoto – 1997–2006

Informações básicas	Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Economias Reais de Esgoto Residenciais (un) ⁽¹⁾	1997	32.337	32.453	32.455	32.366	32.392	32.622	32.813	32.937	32.867	32.871	32.886	32.808
	1998	32.850	32.965	33.025	33.112	33.125	33.113	33.113	33.120	33.137	33.122	33.104	33.206
	1999	33.750	33.709	33.711	33.786	33.830	33.834	33.325	33.445	33.911	33.914	34.794	34.810
	2000	34.907	34.898	34.894	34.573	34.527	34.599	34.554	34.481	33.594	33.603	33.626	33.622
	2001	33.492	33.501	33.525	33.142	33.402	33.537	33.530	33.935	33.963	34.131	34.000	34.201
	2002	34.211	34.192	34.080	34.014	34.606	34.368	34.400	34.416	34.592	34.604	34.997	35.225
	2003	35.276	35.328	35.213	35.318	35.246	35.295	35.236	35.146	35.750	35.796	36.145	38.498
	2004	39.955	40.090	39.826	39.870	39.995	40.390	40.576	40.762	41.179	41.185	41.386	41.462
	2005	41.631	41.905	42.252	42.690	43.217	43.450	44.141	44.832	45.715	45.918	46.198	46.510
	2006	55.828	55.544	55.561	55.570	55.878	56.639	57.535	58.886	61.529	62.136	62.681	63.683
Economias Reais Esgoto (un) ⁽²⁾	1997	40.178	40.299	40.285	40.173	40.184	40.421	40.613	40.742	40.647	40.632	40.624	40.484
	1998	39.754	37.960	37.120	36.257	33.963	34.203	34.153	34.338	34.203	34.310	34.115	34.296
	1999	41.175	41.124	41.127	41.218	41.272	41.277	40.858	40.978	41.437	41.406	42.260	42.272
	2000	42.365	42.338	42.337	42.004	41.937	41.995	41.933	41.845	40.941	40.926	40.942	40.934
	2001	40.805	40.805	40.827	40.712	40.699	40.825	40.723	41.165	41.193	41.358	41.241	41.445
	2002	41.449	41.424	41.302	41.322	41.833	51.537	41.393	41.409	41.572	41.633	42.037	42.280
	2003	42.370	42.421	42.704	42.392	42.322	42.372	42.441	42.465	43.482	43.851	44.371	47.201
	2004	48.703	48.782	48.490	48.540	48.611	48.934	49.199	49.364	49.785	49.782	49.969	50.038
	2005	50.189	50.451	50.839	51.280	51.831	52.138	52.844	53.611	54.472	54.647	55.347	55.679
	2006	55.828	55.544	55.561	55.570	55.878	56.639	57.535	58.886	61.529	62.136	62.681	63.683
Rede de Esgoto Extensão (km)	1997	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00
	1998	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00
	1999	368,00	368,00	368,00	368,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	366,00	368,00	369,00
	2000	395,00	395,00	396,00	396,00	396,00	396,00	396,00	369,00	396,00	396,00	397,00	397,00
	2001	397,00	397,00	397,00	434,00	434,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	436,00	436,00
	2002	437,00	437,00	437,00	437,00	440,00	440,00	444,00	444,00	445,00	446,00	447,00	450,00
	2003	457,00	469,00	469,00	469,00	470,00	470,00	474,00	487,00	491,00	491,00	494,00	498,00
	2004	509,64	509,95	513,99	513,99	513,99	514,69	514,69	514,78	518,75	518,90	519,04	520,07
	2005	537,24	551,65	565,54	581,95	592,57	600,50	604,53	617,18	621,60	624,79	628,74	633,69
	2006	637,40	638,02	642,87	650,57	654,60	677,15	688,99	716,58	730,70	730,70	735,08	745,22

Fonte: SANESUL, Águas de Campo Grande, Águas Guariroba.

1.7.5 Resíduos sólidos urbanos – RSU

O aumento populacional, especialmente o urbano, intensificou alguns impactos ambientais decorrentes, principalmente, da grande necessidade de energia externa como fonte de matéria prima e de uma área externa para a assimilação de resíduos. Com o decorrer das décadas pós-revolução industrial, a população urbana veio aumentando a sua proporção em relação à rural, culminando com o inchaço populacional das cidades, principalmente dos grandes centros urbanos.

De acordo com Arruda (2004), o acelerado processo de industrialização, ocorrido no Brasil nos anos de 1950 e 1960, implicou no crescimento desordenado dos grandes centros urbanos, aumentando a produção e a toxicidade do lixo, seja aquele produzido pelas indústrias, pelos hospitais, ou mesmo o lixo domiciliar – orgânico e inorgânico.

A concentração urbana no Brasil é da ordem de 80% da população e o seu desenvolvimento tem sido realizado de forma pouco planejada, com grandes conflitos institucionais e tecnológicos. Essa concentração, agregada à falta de planejamento e ao crescimento acelerado e desordenado, tem provocado uma série de mudanças ambientais (GUERRA & CUNHA, 2001). No Município de Campo

Grande esta situação não é diferente, visto que, a população urbana representava 98,84% de toda população em 2000 (PLANURB, 2003).

O crescimento demográfico, combinado com mudanças de hábitos, melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento industrial causam um aumento na quantidade gerada de resíduos sólidos e mudanças em suas características, com crescente participação percentual de embalagens e outros materiais inertes, agravando os problemas de disposição. De acordo com Acurio *et al.* (1997), no Brasil, a geração per capita diária de resíduos sólidos varia de 0,5 a 1,2 kg/hab, dependendo das condições econômicas da cidade.

O Estado de Mato Grosso do Sul coleta uma quantidade diária de 1.756,5 toneladas de resíduos sólidos, sendo desses, 11% são destinados a aterros sanitários, 44,70% a aterros controlados, 42,00% a vazadouro a céu aberto (lixões), 1,45 % estação de triagem e 0,88% outra forma (IBGE, 2000). Ou seja, Mato Grosso do Sul, como muitos estados brasileiros, precisa avançar no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

Durante as últimas décadas o Município de Campo Grande experimentou um importante crescimento populacional, tendo em vista que a população foi multiplicada por quase cinco vezes entre os censos de 1970 e 2000. No período de 1970 a 1980, observou-se a maior taxa de crescimento anual, 7,60%. Na década de 80 e 90, essa taxa diminuiu para 5,51% e 2,71% respectivamente (CORRÊA, 2002). Assim, com essa explosão demográfica desordenada começaram a surgir e a intensificar diversos problemas, tais como: a deficiência nas redes de drenagem com ocorrência de enchentes, principalmente nos meses mais chuvosos e o mau gerenciamento dos RSU. A maioria desses problemas são reflexos do não acompanhamento entre o crescimento populacional e a presença de infra-estrutura necessária às novas demandas.

1.7.5.1 Acondicionamento

Os RSU de Campo Grande são acondicionados de diversas formas: em latas, caixas, sacos plásticos (sacolas de mercado, sacos de lixo, etc.), entre outros. A grande maioria do lixo é acondicionada em sacos plásticos, ditos recipientes sem retorno.

Na região urbana do município o acondicionamento dos resíduos sólidos é realizado em lixeiras suspensas, contêineres, ou mesmos em abrigos de resíduos sólidos construído em alvenaria. Uma das exigências realizadas pela Secretaria de Meio Ambiente e desenvolvimento Sustentável – SEMADES para o Licenciamento Ambiental de atividades específicas é que o abrigo de resíduos sólidos possua certas características, tais como: ser construído em alvenaria, fechado, possuir dimensões suficientes para armazenar a produção de até 03 (três) dias com empilhamento máximo de 1,20 metros, ponto de água próximo, dentre outras.

Em contrapartida, é constatado que uma parcela da população não se preocupa com o acondicionamento do lixo, depositando-o diretamente no solo ou jogando em terrenos baldios, o que onera e dificulta o serviço de limpeza urbana e coleta do município, causando poluição visual, geração de odor, além de poder ocasionar sérios problemas de proliferação de vetores, prejudicando a própria população da região.

Apesar de constatada a epidemia de dengue em Campo Grande e da Secretaria Municipal de Saúde – SESAU ter iniciado mutirão de limpeza para o combate aos focos da doença, verdadeiros “lixões” podem ser encontrados na cidade. Uma parcela da população continua amontoando entulho, sacos, garrafas plásticas, galhos, resto de comida, móveis velhos, como sofás e cadeiras, além de animais mortos, em terrenos baldio, calçadas e ruas da capital. De acordo com balanço realizado pela Secretaria Municipal de Controle Urbanístico – SEMUR, em 2006, 2.253 terrenos baldios foram notificados em Campo Grande, contudo, somente 1.313 foram limpos (58,3%) (AVANCINI & ARRUDA, 2007).

1.7.5.2 Sistema de coleta e transporte

O serviço de coleta de lixo é executado em 98% da área urbana, com exceção dos loteamentos e assentamentos clandestinos, que não solicitaram o serviço de coleta de lixo domiciliar. Utiliza-se veículos equipados com coletor compactador SITA 6.000, com capacidade de 8 toneladas de carga, que representa um volume de lixo compactado de 15m³ (45m³ de volume de lixo solto) (PLANURB, 2005). Os Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde (RSSS) são coletados separadamente, sendo realizado por 03 (três) caminhões.

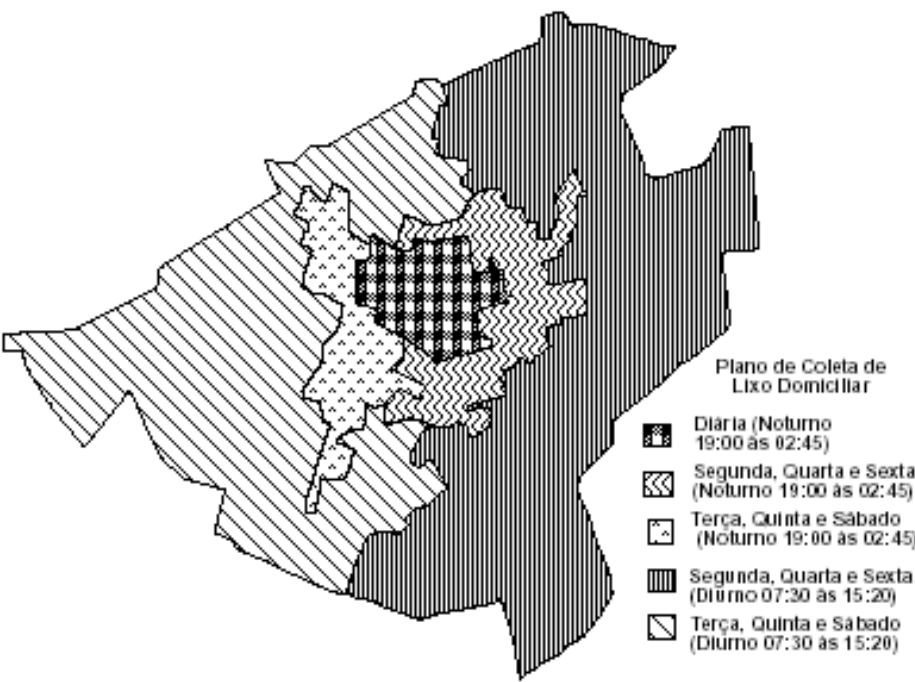


Figura 2.24 – Os cinco setores de coleta de lixo em Campo Grande

Vinte e seis veículos são utilizados para a coleta de lixo domiciliar, recolhendo em média 519 toneladas por dia. Para um melhor atendimento da população em relação à coleta de lixo, a cidade foi dividida em 5 grandes regiões com 66 setores (PLANURB, 2005). A frequência, o período do dia e o horário são apresentados na Figura 2.24.

1.7.5.3 Disposição final

O aterro sanitário de Campo Grande entrou em funcionamento em 1992, com previsão para operar por quatro anos e ser posteriormente reprogramado para mais sete anos, o que não aconteceu, estando atualmente, funcionando de forma parcial, não ocorrendo o reaproveitamento dos gases, nem o rebombeamento do chorume, que escorre pelo solo, causando contaminação do lençol freático (SANTOS, 2000). Nestas condições, a área do aterro está operando como lixão. Com a necessária implantação de um aterro sanitário, operando de maneira correta, descarta-se a presença de catadores no local, tornando imprescindível a criação de alternativas para estes trabalhadores, ao mesmo tempo em que se recuperem os materiais recicláveis, evitando sua imobilização no aterro.

O Município de Campo Grande gera aproximadamente 226 t/mês de RSSS, e, grande parte desses resíduos é aterrada, sem antes ter passado por qualquer processo de esterilização. Os RSSS estão sendo dispostos em uma vala, sem prévio tratamento, perto da guarita de operação. A vala também é destinada ao recebimento de triparias e animais mortos. São encaminhados em média cerca de 20 animais/dia para serem aterrados nesta vala, oriundos principalmente do Centro de Controle de Zoonoses (CCZ).

Outro tipo de resíduo gerado em grande quantidade e que, muitas vezes, são dispostos incorretamente são os Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Em Campo Grande estes são dispostos em áreas específicas, uma delas localizadas em frente ao "lixão". A Prefeitura Municipal está disponibilizando mais áreas para disposição desses resíduos, além de estar estudando a possibilidade de reaproveitamento destes.

Atualmente, os RSU de Campo Grande estão sendo dispostos no lixão, porém, já foi emitida pela SEMADES a Licença de Instalação do futuro aterro sanitário. A área para a instalação do futuro aterro se encontra nas mediações do atual lixão de Campo Grande e foi determinada baseada num estudo de seleção de áreas para aterro sanitário e de tecnologias disponíveis para o tratamento e disposição final dos RSU, sendo levadas em consideração, a priori, sete áreas propícias.

A área do atual "lixão" e futuro aterro sanitário situa-se a cerca de 10 km do centro da cidade em direção ao Sul do limite urbano e é delimitada geograficamente pelo acesso principal, que constitui o macro anel viário próximo ao acesso para o Município de Sidrolândia, e pelos Córregos Formiga (Sudeste e Sul) e Anhanduizinho (Noroeste).

1.7.5.4 Programa de coleta seletiva de Campo Grande

Antes de qualquer explanação é relevante ressaltar que um programa de coleta seletiva modifica o sistema de compra de resíduos sólidos recicláveis, portanto influencia no mercado de recicláveis, minimiza os danos ambientais, dinamiza a economia local, e acima de tudo, atua como um programa de valoração social.

A coleta seletiva, ambientalmente falando, é um alicerce para a sustentabilidade do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, na medida em que a segregação maximiza as possibilidades de que ocorra a reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos, minimizando a quantidade de material descartado. Quanto menos contaminado "sujo" estiverem os resíduos, maior será o seu valor de mercado.

Partindo desse pressuposto o programa visa implantar a coleta seletiva de resíduo domiciliar, tendo como base a separação prévia do material reciclável pelos munícipes, recebimento deste material pelas empresas de comercialização, processamento de recicláveis e, como mola propulsora, a transformação dos catadores de rua em agentes autônomos de reciclagem. Para alcançar os objetivos do programa estão sendo desenvolvidos três projetos: Projeto Agente Autônomo de Reciclagem; Projeto Mobilização para a Separação; e Projeto Empresas de Reciclagem.

O programa foi lançado em 26 de agosto de 2006 e contou com a participação de empresários dos setores de supermercados, de materiais recicláveis e com a cooperativa de catadores, e a instituição do Comitê Municipal de Monitoramento do Programa Reciclar de Coleta Seletiva. Este Comitê tem como objetivo acompanhar, avaliar e fornecer subsídios ao bom funcionamento do programa.

De acordo com SEMADES (2006), o projeto destinado à população consta de uma campanha informativa a respeito da existência do programa, com a entrega de folhetos nas residências, a inserção de chamadas na televisão, “outdoors” e faixas espalhados pela cidade. Através de parceria com alguns supermercados, estão sendo disponibilizadas sacolas alaranjadas, na qual está impressa a relação de materiais recicláveis e não recicláveis, para que a população coloque nestas sacolas somente o material reciclável. Estas sacolas serão recolhidas pelos carrinheiros que passam pelas ruas. Cabe aos empresários do setor de reciclagem o papel de divulgação do programa para os catadores, encaminhando-os para os Centros de Referência da Assistência Social (CRAS), unidades ligadas à Secretaria da Assistência Social (SAS). Neste setor os catadores respondem a um questionário, são cadastrados e recebem um “kit carrinheiro” (calça, jaleco, botina, luvas e boné), além de terem acesso aos programas da SAS.

1.7.5.5 Caracterização quantitativa dos RSU

A Tabela 2.19 apresenta a evolução da quantidade anual dos resíduos sólidos coletados no Município de Campo Grande, no período de 1985 a 2006.

Pode-se constatar que em 20 (vinte) anos, de 1985 a 2005, a quantidade coletada de resíduos sólidos aumentou em média 7,27% ao ano e que a população urbana de Campo Grande no período de 1980 a 2006 cresceu em média 9,92% ao ano (Tabela 2.20).

Tabela 2.19 – Quantidade de Resíduos Sólidos Coletados em Campo Grande no período de 1985 a 2006

Ano	Resíduos Coletados (ton)	Ano	Resíduos Coletados (ton)	Ano	Resíduos Coletados (ton)
1985	43.925,69	1993	90.388,15	2001	157.684,20
1986	53.560,50	1994	95.495,44	2002	160.693,75
1987	57.911,30	1995	111.573,79	2003	160.692,91
1988	57.498,10	1996	122.806,10	2004	171.249,31
1989	64.947,86	1997	127.376,29	2005	172.370,03
1990	77.815,99	1998	134.295,86	2006	78.151,12*
1991	88.952,44	1999	140.771,68		
1992	88.201,21	2000	147.124,56		

* Até o mês de maio de 2006.Fonte: PLANURB, (2006)

Tabela 2.20 – Crescimento populacional de Campo Grande

Ano	População	Ano	População	Ano	População
1980 ⁽¹⁾	291.777	1999 ⁽³⁾	649.593	2004 ⁽³⁾	734.164
1991 ⁽¹⁾	526.126	2000 ⁽¹⁾	663.621	2005 ⁽³⁾	749.768
1996 ⁽²⁾	600.069	2001 ⁽³⁾	679.281	2006 ⁽³⁾	765.247
1997 ⁽³⁾	618.508	2002 ⁽³⁾	692.549		
1998 ⁽³⁾	634.031	2003 ⁽³⁾	705.975		

(¹) Censo Demográfico. (²) Contagem da População. (³) Estimativa. Fonte: IBGE (2006), SEPLANCT (2006)

A Figura 2.25 mostra o crescimento da geração de resíduos sólidos acompanhando o crescimento da população urbana, juntamente com diversos outros fatores tais como a melhoria da qualidade de vida, mudanças de hábitos e costumes.

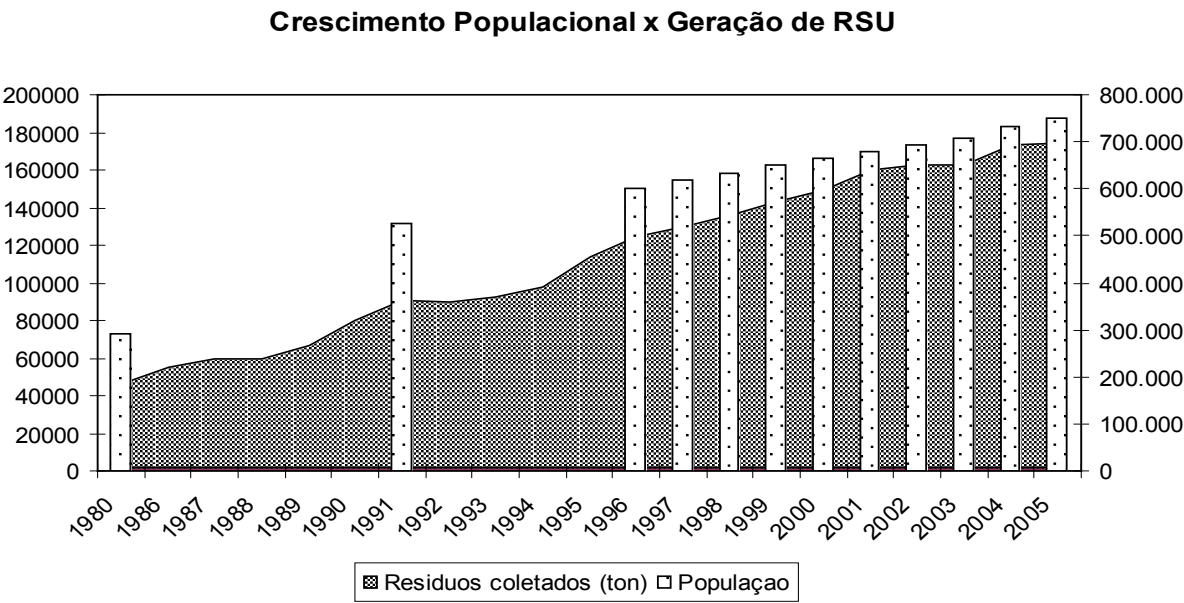


Figura 2.25 – Crescimento populacional x geração de RSU

1.7.5.6 Caracterização qualitativa dos RSU

De acordo com Philippi Júnior (1999 apud D’ALMEIDA & VILHENA, 2000), cerca de 52,5% dos resíduos sólidos no Brasil é constituído de matéria orgânica e cerca de 31,3% é constituído de materiais recicláveis (plástico, metal, vidro, papel e papelão). Os dados da composição gravimétrica realizada em Campo Grande não fogem muito da realidade brasileira, visto que, cerca de 63% dos resíduos sólidos urbanos é constituído de matéria orgânica e 32% é constituído de materiais recicláveis (plástico, metal, vidro, papel e papelão) (Figura 2.26).

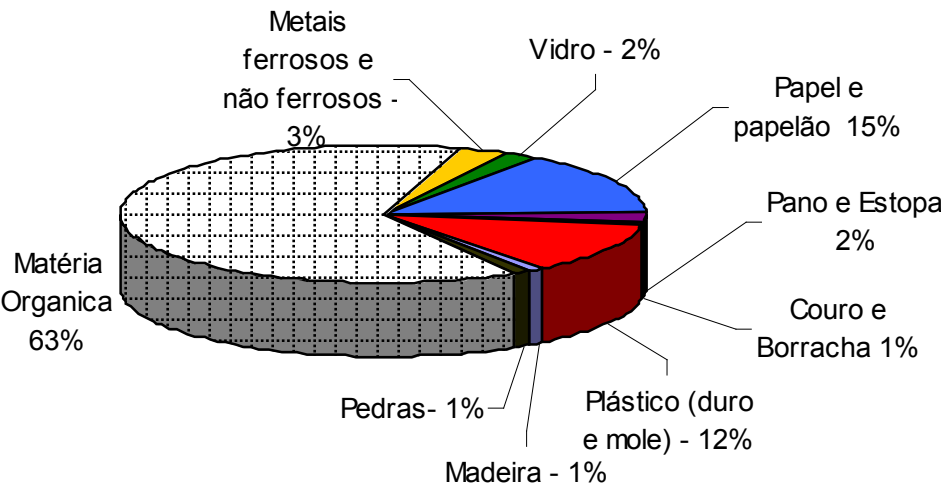


Figura 2.26 – Composição gravimétrica dos RSU de Campo Grande (Campo Grande, 2000)

1.7.5.7 Mercado de recicláveis

Antes de iniciar o processo de reciclagem é necessário que os órgãos gestores iniciem um estudo de mercado para tais materiais. Para a sustentabilidade desse mercado devem ser tomadas algumas medidas, tais como: o conhecimento das reais oportunidades do mercado de consumo regional, para cada um dos diversos produtos gerados; o dimensionamento do volume atualmente comercializado, as condições qualitativas e preços de ofertas regionais; levantamento e proposição de soluções para os entraves de comercialização dos materiais de difícil reciclagem ou destinados para outras aplicações; além de estimativas de ofertas e receitas totais, geradas pelos materiais potencialmente recicláveis.

Há algumas medidas que podem ser adotadas pelo órgão gestor, a fim de incentivar a população e garantir a viabilidade do processo de reciclagem. Essas medidas são: incentivo a coleta seletiva; cobrança domiciliar proporcional à geração do lixo; compra de materiais reciclados; responsabilização dos produtores e não dos consumidores, após o consumo do produto; fixação, pela indústria, de preços mínimos das sucatas a serem pagos às cooperativas; instituição de uma política nacional de gestão de resíduos sólidos; instituição da taxa de lixo a ser cobrada pelo custo efetivo do serviço de limpeza; instituição de bolsas de reciclagem de produtos industriais; penalizações e multas; além de incentivos econômicos.

Outra questão de grande relevância é o trabalho dos carrinheiros, pois estes devem ser entendidos como colaboradores, pois são quem realizam a coleta dos materiais recicláveis antes de chegar ao aterro. Os materiais coletados no “lixão” não são bem aceitos entre os compradores de materiais recicláveis. Materiais sujos são comprados com preço de 20 a 30% abaixo do material limpo e grande parte das empresas não compra este tipo de material.

Segundo Campo Grande (2000), especificamente no item do relatório referente a projeções, no que tange ao crescimento da taxa de geração per capita do lixo até 2020, a taxa de geração per capita em 2006 seria de 0,815 kg/hab.dia.

De acordo com IBGE (2006), a população de Campo Grande estimada em 2006 é em torno de 765.247 habitantes. Assim utilizando a taxa de geração per capita e a população estimada da capital em 2006, a geração total de resíduos sólidos no município pode ser estimada em 624 t/dia. Considerando a geração diária de 624 t, calculada para o ano de 2006, pode-se estimar a quantidade dos diversos tipos de resíduos sólidos apresentados na composição gravimétrica (Tabela 2.21).

Tabela 2.21 – Quantidade estimada gerada diariamente por tipo de resíduo em Campo Grande

Resíduo Sólido	Quantidade (t/dia)	Resíduo Sólido	Quantidade (t/dia)
Matéria orgânica	393,12	Madeira	6,24
Papel e papelão	93,6	Vidro	12,48
Plástico duro e mole	74,88	Couro e borracha	6,24
Metais ferrosos e não ferrosos	18,72	Pedras	6,24
Pano e estopa	12,48		

A Tabela 2.22 apresenta o valor médio de compra dos materiais recicláveis (limpos) obtidos nas empresas que comercializam tais materiais em Campo Grande.

Tabela 2.22 – Valor de compra (2006)

Material	Valor Médio/tonelada*	Material	Valor Médio/tonelada*
Papelão	136,00	PET	380,00
Papel Misto	50,00	PET óleo	160,00
Papel Misto Branco	185,00	Lata de Alumínio	2.740,00
Papel Branco	185,00	Panela	2.890,00
Garrafinha colorida	365,00	Metal	4.225,00
Plástico Mole Misto	265,00	Inox	2.020,00
Plástico Duro	285,00	Cobre	8.250,00

*Preço da tonelada em Reais (material limpo)
Fonte: Peixoto Filho *et al* (2007)

1.7.6 Energia elétrica

Criada em 1979, a Empresa de Energia Elétrica do Mato Grosso do Sul, tornou-se responsável pelo fornecimento de energia elétrica ao município de Campo Grande até 1997, quando passou a ser administrada pela Escelsa – Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. o sistema Elétrico que atende a cidade de Campo Grande e região encontra-se hoje incorporado ao “Sistema Interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste” do país.

Em dezembro de 2006 o município contava com 5.889,61 km de rede de energia elétrica, com 123.403 postes e 680.812 KVA de potência instalada total, atendendo 242.913 ligações domiciliares urbanas e 3.059 na área rural do município.

O suprimento de energia elétrica à Campo Grande é realizado através dos seguintes meios:

- 1 – Uma linha de transmissão de 230 kV, com capacidade de 669 MVA, proveniente de Porto Primavera/SP;
- 2 – Duas linhas de transmissão em circuito duplo, de 138 kV, cada linha com capacidade de transporte de 186 MVA, provenientes da Usina de Jupia. Na Usina de Mimoso recebem um reforço de 29,5 MW;
- 3 – Uma linha de transmissão em 138 kV, com capacidade de 97 MVA provenientes de Dourados;
- 4 – Uma linha de transmissão em circuito duplo 138 kV, com capacidade de 194 MVA, proveniente de Aquidauana;
- 5 – Uma usina térmica e gás, composta de cinco unidades geradores de 40 MW.

A capital conta com um anel de tensão de 138 kV, que interliga as subestações hoje em operação para o atendimento local.

Gasoduto

A companhia de Gás do Estado de Mato Grosso do Sul – MSGÁS, criada em 1998, é uma sociedade mista, tendo como sócio majoritário o Estado de Mato Grosso do Sul, com 51%, e a Petrobrás Gás S/A. É a concessionária do serviço de distribuição de gás natural em todo o estado, podendo atuar na área de serviço

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

de transmissão de dados, imagens e informações, por meio de uma rede de telecomunicações paralela a rede de distribuição de gás natural.

Campo Grande conta com 76,5 km de rede implantadas, sendo 41,8 km em AC (aço carbono) e 34,7 km de PEAD Polietileno de Alta Densidade. Estes ramais estão implantados em diversas ruas da área central de Campo Grande no Núcleo Industrial – Indubrasil.

Os segmentos atendidos atualmente pela MSGÁS são: comercial, industrial automotivo, termelétrico e residencial.

1.8 REFERÊNCIAS

- LUIZ, E. A. , AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C. E HAHN, N. S. **Ecologia trófica de peixes em dois riachos da bacia do rio Paraná**. Revista Brasileira de Biologia. vol. 58. Número 2. p. 273 – 285. 1998.
- BRITSKI, H. A., SATO, Y. E ROSA, A. B. S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias**. Ministério da Irrigação / Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF. Brasília: DF, abril de 1998. 115 p.
- MEIRA, M. M. A. **Avaliação dos Impactos ambientais ocorridos na microbacia do córrego Imbirussu, Campo Grande – MS e propostas para mitigação**. Corumbá: MS, fevereiro de 1999. Monografia (Especialização em Estudos Ambientais em Microbacias Hidrográficas) - Centro Universitário de Corumbá – CEUC/ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- RESENDE, E. K. e PALMERA, S. DA S. **Estrutura e dinâmica das comunidades de peixes da planície inundável do rio Miranda, Pantanal de Mato Grosso do Sul**. Corumbá: MS, 1999. 64 p. (no prelo).
- (BRITSKI et.al, no prelo) **Manual de identificação dos peixes do Pantanal**. EMBRAPA/CPAP. Corumbá: MS, 1998.
- FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ / NÚCLEO DE PESQUISAS EM LIMNOLOGIA, ICTIOLOGIA E AQUICULTURA – NUPÉLIA. **Estudos limnológicos e ictiológicos na planície de inundação do rio Paraná nas imediações do município de Porto Rico – Paraná**. FUEM/NUPELIA/FINEP. Maringá:
- GODOY, M. P. de **Peixes e pesca do rio Paraná; área do futuro reservatório da UHE de Ilha Grande**. Florianópolis: ELETROSUL, 1986. 148 p.
- GONÇALVES, Roberto Ricardo Machado. Meio Biológico. In: Programa Habitar BID BRASIL: **Projeto Buriti: Diagnóstico Ambiental da Área de Intervenção com suas características em relação ao entorno**. Campo Grande: PLANURB, 2001. Cap. 1.3, p. [5 – 6].
- ENGTOP, Engenharia e Topografia. Diagnóstico do Meio Biológico. In: Kepler Weber Industrial: **Estudo Ambiental Preliminar do complexo industrial da unidade de Campo Grande, MS (parte I)**. Campo Grande: ENGETOP, 2003. Cap. 6.2, p.141 – 152.
- ENGTOP, Engenharia e Topografia. Diagnóstico do Meio Biológico. In: Kepler Weber Industrial: **Estudo Ambiental Preliminar do complexo industrial da unidade de Campo Grande, MS (parte II)**. Campo Grande: ENGETOP, 2003. Cap. 7.3.32, p.25 – 26.
- MRS ESTUDOS AMBIENTAIS. Meio biótico. In: **Estudos Ambientais das obras e serviços de engenharia de implantação da Variante Ferroviária da Malha Oeste da Rede Ferroviária Federal de Mato Grosso do Sul – Campo Grande**. Campo Grande: MRS Estudos Ambientais, 1999. Cap. 7.3, p. 62 – 76.
- LUCKMAN, Rosemeire; DAMBROS, Sandra Regina. Meio Biológico. In: **Estudo Ambiental Preliminar: Anel Viário de Campo Grande / Ramo Oeste e du-**

- plicação da BR 262.** Campo Grande: Prefeitura Municipal, 1997. Cap. 6.3, p. 50 – 52.
- HIDROSUL SERVIÇOS GEOLÓGICOS. Meio biológico. In: **Estudo Ambiental Preliminar: Parque Residencial Damha II. Campo Grande, MS:** HIDROSUL, 2004. cap. 5.3, p. 38 -70.
- MRS ESTUDOS AMBIENTAIS. Meio biótico. In: **Estudos Ambientais das obras e serviços de engenharia de implantação do Macro Anel Rodoviário da Região Metropolitana de Campo Grande – MS,** Trecho BR 262/MS (Aquidauana) – Entroncamento BR 163/MS (Cuiabá). Campo Grande: Prefeitura Municipal, 1999. cap. 7.3, p. 79 – 91.
- CAMPO GRANDE. Prefeitura Municipal. Meio biológico. In: Programa Habitar Brasil – BID: UAS – BURITI: **Urbanização de Assentamentos Subnormais do Córrego Buriti: Região Urbana do Lagoa.** Campo Grande: Prefeitura Municipal, 2001. cap. 1.3, p. [26].
- HIDROSUL SERVIÇOS GEOLÓGICOS. Meio Biológico. In: **Estudo Ambiental Preliminar: Parque Residencial Damha III.** Campo Grande, MS: HIDROSUL, 2004. cap. 5.3, p. 40 -71.
- HIDROSUL AMBIENTAL SERVIÇOS GEOLÓGICOS. Meio Biótico. In: **Relatório de Impacto Ambiental: Sistema de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos.** Campo Grande, MS: HIDROSUL, 2005. v. 2, cap. 7.3, p. 265 - 283.
- AB'SABER, A. N. **A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. Geomorfologia,** USP, Instituto de Geografia, São Paulo, n . 41, 1973.
- _____. Províncias geológicas e domínios morfo-climáticos no Brasil. **Geomorfologia,** São Paulo, n. 20, 1970.
- AGUIAR, L. M. S. **Comunidades de morcegos do Cerrado no Brasil Central.** Brasília: Departamento de Ecologia/Universidade de Brasília, 2000. p. 162.
- ALHO, C. J. R.; STRUSSMANN, C.; VASCONCELLOS, L. A. S. **Indicadores da magnitude da diversidade e abundância de vertebrados silvestres do Pantanal num mosaico de habitats sazonais.** In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 3. 2000, Corumbá. **Anais...** Corumbá, 2000. 54 p.
- ALLEM, A. C.; VALLS, J. F. M. **Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense.** Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Recursos Genéticos, 1987. 339 p.
- ANDRADE, M. A. **A vida das aves.** Belo Horizonte: Littera Maciel, 1993.
- BATISTA, C. G . **Estrutura genética populacional de *Physalaemus cuvieri* Fitzinger, 1826 (Lissamphibia: Leptodactylidae) em fragmentos antrópicos e naturais de cerrado.** 2001. 31 p. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2001.
- BECKER, M.; DALPONTE, J. C. **Rastros de mamíferos silvestres brasileiros: um guia de campo.** Brasília: UnB, 1991.

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL: levantamento de recursos naturais: Folha SF.21 – Campo Grande. Rio de Janeiro, 1982. v. 28. Escala 1:1.000.000.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, inciso I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/siucweb/>>.
- BRASILEIRO, C. A.; SAWAYA, R. J.; KIEFER, M. C.; MARTINS, M. **Amphibians of an open Cerrado fragment in southeastern Brazil.** *Biota Neotropica*, v. 5, n 2, 2005.
- BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. S.; LOPES, B. S. **Peixes do Pantanal.** Brasília: Embrapa, 1999. 184 p.
- CAMILOTTI, D. C. **Análise da vegetação arbórea em um remanescente de cerradão em Bandeirantes, MS.** 2006. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2006.
- CAMPOS, J. O. **Primeiro relato Comitê de Estudos Geotécnicos de Rochas Sedimentares.** São Paulo: ABGE, 1988. 160 p. (Artigo técnico, 15).
- CASATTI, L. Ichthyofauna of two streams (silted and reference) in the upper Paraná River basin, southeastern Brazil. **Braz. J. Biol.**, n. 64, p. 757-765, 2004.
- CASTRO, R. M. C. **Evolução da ictiofauna de riachos Sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais.** In: CARAMASCHI, E. P. *et al.* (Ed.). **Ecologia de peixes de riachos.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1999. Oecologia Brasiliensis, 6).
- _____.; MENEZES, N. A. **Estudo diagnóstico da diversidade de peixes do Estado de São Paulo.** In: CASTRO, R. M. C. (Ed.). Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX: vertebrados. São Paulo: WinnerGraph; FAPESP, 1998. v. 6, p. 1-13.
- CBRO - Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Listas de aves do Brasil.** 2006. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/cbro>>. Acesso em: 27 nov. 2006.
- CITES - CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA. Disponível em: <<http://www.cites.org/eng/resources/species.html>>, Acesso em: 04 fev. 2006.
- COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in enviromental management: a new introduction.** 2 ed. Oxford: Oxford University Press, 1990. 415 p.
- CORREIA, J. R.; HARIDASAN, M.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; WALTER, B. M. T. **Influência de fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em mata de galeria na região do cerrado: uma revisão.** In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria.** Brasília: Embrapa; MMA; MAPA, 2001. p. 51-76.
- DIAS, F. A. **Reflexão sobre o uso da terra da Área de Proteção Ambiental dos mananciais do Córrego Guariroba – uma proposta de reordenamento.** 1999. 121 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filo-

sofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

_____. **Plano de ação para recuperação e manutenção da qualidade e quantidade das águas dos mananciais superficiais dos córregos Guariroba e Lageado.** Campo Grande: Águas Guariroba S.A., 2001. 171 p.

EITEN, G. Delimitação do conceito de cerrado. **Arquivos do Jardim Botânico**, Rio de Janeiro, n. 21, p. 125-134, 1977.

_____. Formas fisionômicas do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 2, p. 139-148, 1979.

EMMONS, L. H.; FEER, F. **Neotropical rainforest mammals: a field guide.** 2th. Chicago: The University of Chicago Press, 1997.

FARIAS, R.; ALVES, E. R.; MARTINS, R. C.; BARBOZA, M. A.; ZANENGA-GODOY, R.; SILVA, J. B.; SILVA, R. S. Caminhando pelo Cerrado: plantas herbáceo-arbustivas: caracteres vegetativos e organolépticos. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2002. 384 p.

FERREIRA, J. N.; RIBEIRO, J. F. **Ecologia da inundação em matas de galeria.** In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria.** Brasília: Embrapa; MMA; MAPA, 2001. p. 300.

FROELICH, O.; VILELA, M. J. A.; CAVALLARO M. R.; CORDEIRO, L. M. **Inventário da ictiofauna no Complexo Aporé-Sucuriú.** In: PAGOTTO, T. C. S.; SOUZA, P. R. **Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú: subsídios à conservação e manejo do bioma Cerrado.** Campo Grande: Editora UFMS, 2006. 48 p.

GORDO, M.; CAMPOS, Z. M. S. **Anuros das serras de entorno do Pantanal Sul.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. 20 p. (Documentos, 78).

HADDAD, C. F. B.; ABE, A. S. **Anfíbios e répteis.** In: WORKSHOP FLORESTA ATLÂNTICA E CAMPOS SULINOS. 1999. Disponível em: <http://www.bdt.org.br/workshop/mata.atlantica/BR/rp_anfib>.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Disponível em: <<http://www.ibama.org.br>>. Acesso em: 27 nov. 2006.

_____. **Parque Nacional de Brasília.** Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 2 jan, 2007.

_____. **Lista nacional das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção.** 2003. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/cemave/download.php?id_download=55>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro, 1992a. 92 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 1).

IUCN - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. **Red List.** 2004. Disponível em: <<http://www.redlist.org>>. Acesso em: 10 nov. 2006.

- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A conservação do cerrado brasileiro. Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. **Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento**. São Paulo: Editora Contexto, 2002.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil 1**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 352p.
- _____. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil 2**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368p.
- _____.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512p.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. **Fish communities in tropical freshwaters**. New York: Longman, 1975. 377 p.
- MABBUTT, J. A. **Review of concepts of land classification**. In: STEWARTT, G. A.(Ed.). **Land evolution**. Melbourne: Macmillan, 1968. p. 11-28.
- MACEDO, R. H. F. The avifauna: ecology, biogeography, and behavior. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 242-265.
- MARINHO-FILHO, J.; RODRIGUES, F. G. H.; JUAREZ, K. M. **The cerrado mammals: diversity, ecology, and natural history**. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 266-284.
- MARINI, M. A. Effects of forest fragmentation on birds of the cerrado region, Brazil. **Bird Conservation International**, n.11, p. 13-25, 2001.
- _____.; GARCIA, F. I. Conservação de aves no Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n.1, 2005.
- MARQUES, O. A. V.; ABE, A. S.; MARTINS, M. Estudo diagnóstico da diversidade de répteis do Estado de São Paulo. In: CASTRO, R. M. C. (Ed.). **Biodiversidade do estado de São Paulo: vertebrados**. São Paulo: FAPESP, 1998. v. 6, p. 27-38.
- _____. **Atlas Multirreferencial**. Campo Grande: IBGE, 1990. 27 p.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA-JUNIOR, M. C.; RESENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEILDA, S. P. (Ed.). **Cerrado ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa, 1998. p. 289 - 539.
- MMA – MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza-SNUC**: lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000; decreto n. 4.340, de 22 de Agosto de 2003. 5. ed. Brasília: MMA/SBF, 2004. 56 p.
- MOTTA JÚNIOR, J. C. **Estrutura trófica e composição das avifaunas de três habitats terrestres na região central do Estado de São Paulo**. Ararajuba, n. 1, p. 65-71, 1990.

- MURIÉ, O. J. **A field guide to animal tracks**. 2th. Boston: Houghton Mifflin, 1974. 375 p. (Peterson Field Guides).
- NUNES, A. P.; TOMAS, W. M. **Aves migratórias ocorrentes no Pantanal: caracterização e conservação**. EMBRAPA-CPAP, 2004. p.1-29. (Documentos, 62).
- OLIVEIRA, A. K.; REZENDE, U. M.; DIAS, F. A. Fitossociologia de uma várzea na Área de Proteção Ambiental do Guariroba, Campo Grande, MS. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6. 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2002. v. 1, p. 364.
- PAGOTTO, T. C. S.; SOUZA, P. R. **Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú**: subsídios à conservação e ao manejo do Cerrado: área prioritária 316-Jauru. Campo Grande: Ed. UFMS, 2006.
- POTT, A.; POTT, V. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, 1994. 320 p.
- PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Plano de conservação da bacia do Alto Paraguai – PCBAP**: diagnóstico dos meios físicos e bióticos. Brasília, 1997. v. 2, tomo 3, p. 200-241.
- RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; SILVA, J. A. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., 1981, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1981. p. 124-133.
- _____.; WALTER, B. M. T. As matas de galeria no contexto do bioma Cerrado. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Brasília: Embrapa; MMA; Min. Agr. Pec. Abast., 2001. p. 29 - 45.
- RIDGELY, R. S.; TUDOR, G. **The birds of South America**: the Oscines Passerines. Austin: University of Texas Press, 1989.
- _____. **The birds of South America**: the Suboscines Passerines. Austin: University of Texas Press, 1994.
- RODRIGUES, M. T. Herpetofauna da caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Org.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. v. 4, p. 181-236.
- RODRIGUES, M.; CARRARA, L. A.; FARIA, L.; GOMES, H. B. Aves do Parque Nacional da Serra do Cipó: o Vale do Rio Cipó, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, n. 22, v. 2, p. 326-338, 2005.
- SABINO, J.; PRADO, P. I. Perfil do conhecimento da diversidade de vertebrados do Brasil. In: MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação do estado de conhecimento da diversidade biológica do Brasil**: relatório final. Brasília, 2000. 91 p.
- SBH - SOCIEDADE BRASILEIRA DE HERPETOLOGIA. **Lista de espécies de Anfíbios do Brasil**. 2006a. Disponível em: <[http://www.sbherpetologia.org.br/checklist /anfibios.htm](http://www.sbherpetologia.org.br/checklist/anfibios.htm)>. Acesso em: 06 dez. 2006.

- _____. **Lista de espécies de répteis do Brasil**. 2006b. Disponível em: <<http://www2.sbherpetologia.org.br/checklist/repteis.htm>>. Acesso em: 06 dez. 2006.
- SEBBEN, A.; NEO, F. A.; NASCIMENTO, C. L. A.; BRANDÃO, R. A.; DUAR, B. A. **Cartilha de ofidismo: cobras do Distrito Federal: identificação, prevenção de acidentes e primeiros socorros**. Brasília: Editora da UnB, 1996.
- SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.
- SIGRIST, T. **Aves do Brasil: uma visão artística de Tomas Sigrist**. São Paulo: Leitura Dinâmica, 2006.
- SILVA JÚNIOR, M. C. **100 árvores do cerrado: guia de campo**. Brasília: Sementes do Cerrado, 2005. 278 p.
- _____.; Endemic birds species and conservation in the Cerrado region, South America. **Biodiversity and Conservation**, n. 6, p. 435-450, 1997.
- SILVA, J. M.; BATES, J. M. **Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a Tropical savanna hotspot**. **BioScience**, n. 52, p. 225-233, 2002.
- STRUSSMANN, C.; PRADO, C. P. A.; UETANABARO, M.; FERREIRA, V. L. **Levantamento de anfíbios e répteis de localidades selecionadas na porção Sul da planície alagada do Pantanal e Cerrado do entorno, Mato Grosso do Sul, Brasil**. In: WILLINK, P. W.; CHERNOFF, B.; ALONSO, L. E.; MONTAMBAULT, J. R.; LOURIVAL, R. (Ed.). **Uma avaliação ecológica dos ecossistemas aquáticos do Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Washington, DC.: **Conservation International**, 2000. p. 219-223.
- TOLEDO, L. F.; ZINA, J.; HADDAD, C. F. B. **Distribuição espacial e temporal de uma comunidade de anfíbios anuros do Município de Rio Claro, São Paulo, Brasil**. **Holos Envir.**, v. 3, n. 2, p. 136-149, 2003.
- VASCONCELOS, T. S.; ROSSA-FERES, D. C. **Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil**. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 5, n. 2, 2005.
- VELOSO, H.P., FILHO, A.L.R.R. & LIMA, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro, 124p.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002.
- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 369, de 28 de março de 2006.
- CBERS – 2 Satélite Sino Brasileiro de Recursos Terrestre sensor CCD Bandas 1, 2, 3 e 4. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagens de Satélite. Órbita 155 e Ponto 126. Disponível em: www.dgi.inpe.br/catalogo.
- DIAS, H.S, **Funções e importância das matas ciliares**. O agrônomo, Campinas: 2000.

2 MEDIDAS DE CONTROLE NÃO-ESTRUTURAIS

2.1 Gestão Integrada de Águas Urbanas

2.1.1 Desenvolvimento dos recursos hídricos urbanos

A população ao ocupar o espaço necessita de água para sobrevivência e dar fim aos seus resíduos: esgoto e sólidos, evitar as inundações e doenças, conservando as funções ambientais para as futuras gerações. Estes objetivos básicos devem estar sempre presentes quando a sociedade urbaniza.

Inicialmente a sociedade agrícola era formada de pequenos grupos ou núcleos que convergiram para as cidades atuais. A história mostra que até o século vinte, o desafio das cidades era evitar a proliferação de doenças, devido principalmente às condições sanitárias dos efluentes da própria população que contaminava suas fontes de abastecimento, criando condições ideais de proliferação de doenças infecciosas.

O abastecimento de água de fontes seguras e a coleta de esgoto, com despejo a jusante (sem tratamento) do manancial da cidade, teve como finalidade evitar doenças e seus efeitos, mas acabou transferindo os impactos para outras comunidades a jusante dos despejos. Esta é a denominada fase *higienista*, do início do século vinte. O crescimento urbano no referido século se acelerou e, principalmente depois da segunda guerra mundial, ocorreu um *boom* de crescimento populacional, chamado de *baby boomer*. Este processo foi seguido da urbanização acelerada (capítulo anterior), levando uma alta parcela da população para as cidades nestes países, resultando novamente em colapso do ambiente urbano devido agora aos efluentes sem tratamento e poluição aérea, já que sempre haverá uma cidade a montante e outra a jusante para contaminar a água.

Para controle deste impacto, no início da década de 70 houve um marco importante com a aprovação do “Clean Water Act” (lei de água limpa) nos Estados Unidos. Esta legislação definiu que todos os efluentes deveriam ser tratados com a melhor tecnologia disponível para recuperação e conservação dos rios. Foram realizados investimentos maciços em tratamento de esgoto doméstico e industrial, recuperando em parte a qualidade da água dos sistemas hídricos (rios, lagos, reservatórios e costeiro). Isto permitiu melhorar as condições ambientais, evitar a proliferação de doenças e a deteriorização de fontes de abastecimento. Nesta mesma época verificou-se que era insustentável continuar a construção de obras de drenagem que aumentassem o escoamento devido à urbanização, como a canalização de rios naturais. Procurou-se revisar os procedimentos e utilizar sistemas de amortecimento em detrimento de canalização. Esta tem sido denominada fase *corretiva* das águas urbanas.

Apesar destas ações, verificou-se que persistia uma parte da poluição devido às inundações urbanas e rurais, chamadas de poluição de fontes difusas. Desde os anos 90 estes países têm investido no desenvolvimento de uma política de desenvolvimento sustentável urbano baseado no tratamento das águas pluviais urbanas e rurais, conservação do escoamento pluvial e tratamento dos efluentes a nível terciário para retirada de Nitrogênio e Fósforo que eutrofizam os lagos. A base deste desenvolvimento no uso do solo é a implementação da urbanização

preservando os caminhos naturais do escoamento e priorizando a infiltração. Esta fase tem sido denominada de *desenvolvimento sustentável* (Tabela 3.1).

Nos países em desenvolvimento as cidades variam de estágio. Inicialmente, quando a população é pequena o abastecimento é realizado de poços ou de um corpo d’água próximo e o esgoto é despejado na drenagem (quando existe) ou evolui para poços negros ou fossas sépticas. Existe o risco de a água de abastecimento ser contaminada pelo próprio esgoto. Este cenário é dramático quando o solo tem baixa capacidade de infiltração, as fossas não funcionam e o esgoto escoa pelas ruas ou drenagem. Este estágio é anterior ao higienismo, o que provoca a proliferação de doenças transmitidas pela água. Neste estágio pré-higienista doenças como diarreia são a principal causa de mortalidade infantil.

Tabela 3.1 – Fases do desenvolvimento das águas urbanas.

Fase	Características	Consequências
Pré-higienista: até início do século vinte	Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações
Higienista antes de 70	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento	Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações
Corretiva: entre 70 e 90	Tratamento de esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando a poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental.
Desenvolvimento sustentável: depois de 90	Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

Nos países em desenvolvimento ocorreram dois cenários quando da saída do pré-higienismo para o higienismo:

- Algumas cidades construíram rede de esgoto, mas evitaram a rede de drenagem (parte de algumas cidades da América do Sul como Santiago, Barranquilla, entre outras). Como resultado deste cenário a poluição doméstica foi reduzida, mas as inundações passaram a ser um problema frequente.
- Em grande parte do Brasil o cenário tem sido de construção de drenagem sem a rede de esgoto doméstico, fazendo com que a poluição doméstica e industrial contamine as fontes de água. Apesar de existir rede de pluviais, os problemas foram agravados em virtude do aumento do escoamento devido à urbanização. Isto tem levado a uma redução de qualidade de vida e comprometimento da saúde e aumento de risco para a população.

A fase pré-higienista é encontrada em pequenas comunidades e nas áreas de favelas ou de ocupação irregular ou cidades onde o investimento em saneamento é muito deficiente.

2.1.2 Gestão integrada de recursos hídricos urbanos

É importante caracterizar que o desenvolvimento sustentável urbano envolve a minimização do impacto da alteração natural do meio ambiente formado pelo clima, solo, ar, água, biota, entre outros. Para atingir este objetivo maior é necessário compreender primeiro os impactos que produzem cada uma das intervenções e buscar soluções em que este impacto fique restrito a um universo mínimo local através de um projeto de intervenção sustentável ao longo do tempo.

A ocupação tradicional não procura compreender como solo, água e plantas estão integradas na natureza para buscar mitigar os efeitos adversos da introdução de superfícies impermeáveis de telhados, passeios, ruas, entre outros. Na natureza a precipitação que não se infiltra tende a formar ravinamentos naturais de acordo com intensidade e frequência da precipitação, cobertura e resistência do solo. A água que infiltra, escoar pelo sub-solo e no aquífero até chegar aos rios. Com a destruição da drenagem natural, o novo sistema é formado por ruas, bueiros, condutos e canais que aceleram o escoamento. Resulta no aumento das vazões máximas em várias vezes, piora da qualidade da água pela lavagem das superfícies que armazenam o poluente gerado pelas emissões de carros, caminhões, ônibus, indústrias e hospitais.

No início procurou-se recuperar a capacidade de amortecimento através de detenções, mas ainda assim o volume superficial é aumentado devido às áreas impermeáveis e a área utilizada para a retenção é retirada da população, a poluição gerada e os conflitos para uso deste espaço. Portanto, buscou-se retornar a infiltração através de ações locais nas residências, edifícios, usos de trincheiras de infiltração, mas ainda dentro de uma visão localizada e do tipo “end of pipe”, ou seja, tratando de remediar um projeto específico ou um impacto.

Para desenvolver a gestão integrada é necessário conhecer as interfaces entre os sistemas. Nas figuras 3.1 e 3.2 são caracterizadas as principais relações entre os sistemas de infra-estrutura no ambiente urbano relacionado com a água. O desenvolvimento urbano representado pela ocupação do uso do solo é a fonte dos problemas como destacado anteriormente. A seguir são discutidas as interações geradas entre os sistemas hídricos nas áreas urbanas em função de uma gestão deficiente e desintegrada:

Abastecimento urbano: As principais interfaces com os outros sistemas são: (a) os esgotos sanitário e pluvial contaminam os mananciais superficiais e subterrâneos; (b) depósito de resíduos sólidos como aterros que podem contaminar as áreas de mananciais; (c) inundações podem deixar sem funcionamento o sistema de abastecimento e destruir a infra-estrutura das redes pluvial e sanitária, além da Estação de Tratamento de Esgoto;

Esgoto sanitário e drenagem urbana: as principais inter-relações são: (a) quando o sistema é misto o sistema de transporte é o mesmo, com comportamento diverso nos períodos sem e com chuva. A gestão deve ser integrada; (b) quando o sistema é separador existem interferências de gestão e construtivas devido à ligação de esgoto sanitário na rede de drenagem e águas pluviais no sistema de esgoto produzindo ineficiências de funcionamento;

Drenagem urbana, resíduo sólido e esgotamento sanitário: (a) na medida que o sistema de coleta e limpeza dos resíduos é ineficiente ocorre um grande prejuízo para o sistema de escoamento pluvial devido a obstrução dos condutos, canais

e riachos urbano; (b) erosão urbana modifica o sistema de drenagem e pode destruir o sistema de esgotamento sanitário.

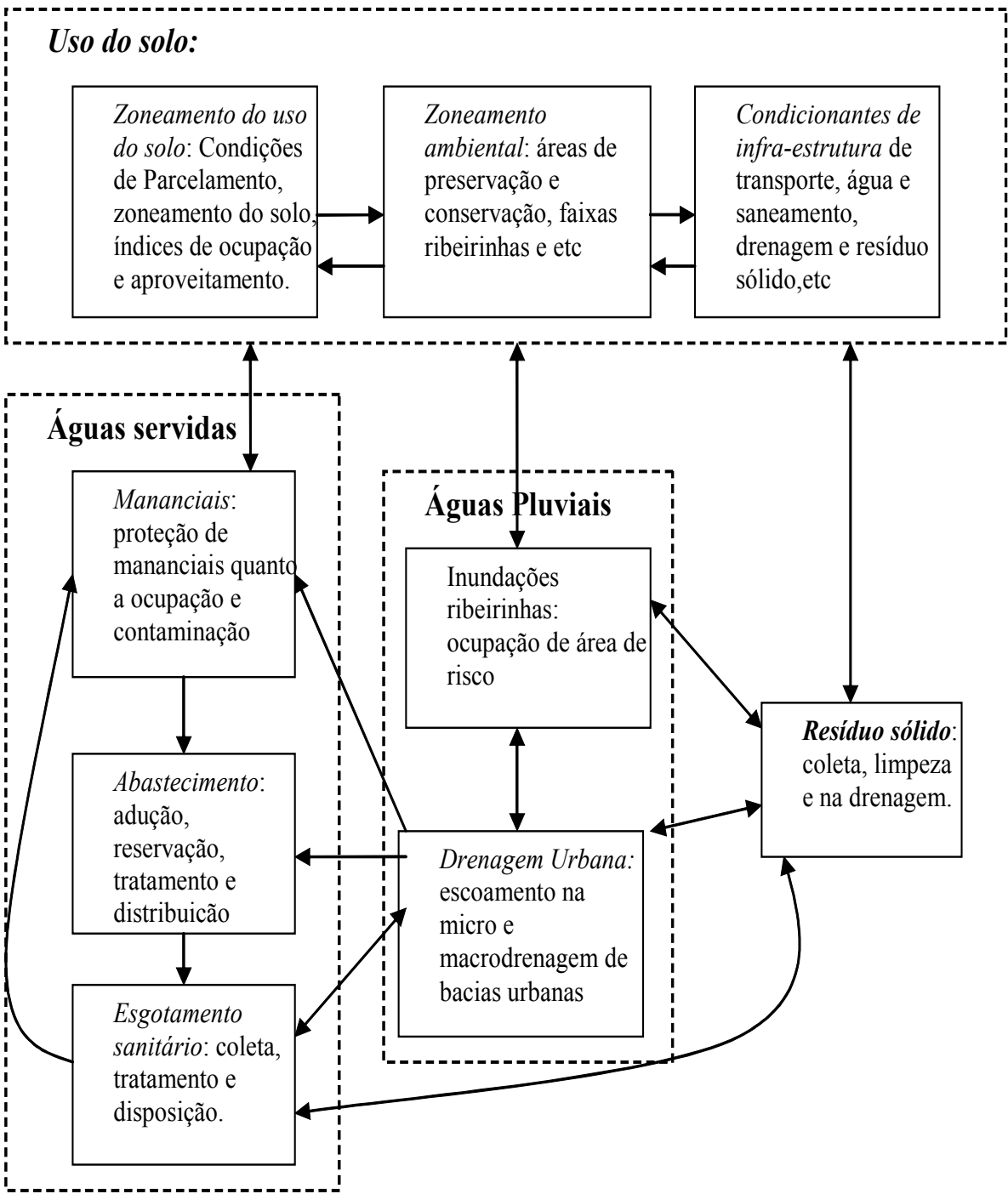


Figura 3.1 – Relações entre os sistemas das águas urbanas.

A visão integrada inicia no planejamento do desmembramento e ocupação do espaço na fase do loteamento, quando o projeto deve procurar preservar o ravina-mento natural existente. Ao contrário do que se projeta atualmente, baseando-se apenas na maximização da exploração do espaço independente da rede de dre-nagem natural, o projeto sustentável preserva o sistema natural e distribui a ocu-pação em lotes menores, conserva maior área verde comum, retira o meio fio das ruas de menor movimento, integrando o asfalto a gramados ou outros sistemas naturais vegetais, para que toda a água infiltre.

Um projeto desta natureza retira a divisa das propriedades (como nas proprieda-des rurais no projeto de pequenas bacias e conservação do solo). Desta forma, é reduzido o escoamento às condições pré-existentes para as chuvas frequentes, a água se infiltra, não transferindo quantidade e qualidade para jusante. Esta é a característica de um projeto residencial, enquanto que áreas industriais e comer-ciais exigem projetos específicos de controle, mas ainda dentro de uma integra-ção conceitual dos projetistas.



Figura 3.2 – Visão integrada (Tucci, 2003).

No âmbito de esgotamento sanitário, deve-se desenvolver a ligação da rede de esgoto com padrão adequado e executado através da gestão da empresa de serviços de água e saneamento. Desta forma evita-se ligações inadequadas, tratamento de esgoto com padrões adequados e avaliação deste tratamento e dos sistemas hídricos que recebem este efluente. Nos resíduos sólidos devem-se buscar aprimorar a coleta domiciliar e limpeza das ruas, disposição automática de retenção de lixo e educação da população com sistemas de reciclagem economicamente eficiente.

No escoamento pluvial, o custo de uma infra-estrutura sustentável tende a ser menor que o custo de sistema corretivo e este ainda menor que a infra-estrutura tradicional devido à retirada de vários sistemas como a eliminação de redes de condutos de drenagem, sarjetas, entre outros, que são substituídos por gramados que infiltram, valos gramados, e sistemas naturais protegidos.

O empreendedor é sensível ao custo e a qualidade do meio ambiente é atraente a população. Estes são dois fatores importantes na tomada de decisão. Dificilmente os países em desenvolvimento poderão pular etapas devido ao grande passivo existente nas cidades quanto ao escoamento pluvial (sem falar nos demais). Portanto, é necessário desenvolver estratégias dentro de duas plataformas principais:

- Controlar os impactos existentes através do cenário de ações corretivas estruturais que tratam da gestão por sub-bacias urbanas;
- Medidas não-estruturais que levem aos novos desenvolvimentos a utilizarem um desenvolvimento com menor impacto e sustentável.

Estas duas medidas podem ser implementadas através do Plano Diretor de Águas Pluviais (ou como alguns denominam de Drenagem urbana) ou por um Plano Diretor Urbano que inclua estes elementos junto com Esgotamento sanitário, resíduo sólido, transportes e uso do solo. Na Figura 3.2 pode-se observar como os diferentes sistemas das águas urbanas da cidade se integram e buscam identi-

ficar os componentes de integração visando a solução destes aspectos de forma integrada.

Estes Planos podem ser realizados de forma integrada como estabelece a proposta de lei de Saneamento, onde destaca o Plano Saneamento Ambiental ou Plano individualizados por setor de infra-estrutura de água (Tabela 3.2), como tem sido a prática. No entanto, devido à dificuldade institucional no país onde 80% dos serviços de água e saneamento são estaduais e os demais municipais é complexo um plano único. Quando os planos forem desenvolvidos de forma independente é necessário estabelecer uma integração nas suas interfaces destacadas no item anterior (Figura 3.3).



Figura 3.3 – Interface entre os planos da cidade e o Plano Diretor de Águas Pluviais ou de Drenagem Urbana.

A atuação preventiva no desenvolvimento urbano reduz o custo da solução dos problemas relacionados com a água. Planejando a cidade com áreas de ocupação e controle da fonte da drenagem, a distribuição do espaço de risco e o desenvolvimento dos sistemas de abastecimento e esgotamento, os custos serão muito menores do que quando ocorrem as crises, onde o remédio passa a ter custos inviáveis para o município.

Quanto à gestão das águas urbanas aquele conjunto pode ser visto no seguinte conjunto:

- Planejamento do desenvolvimento urbano;
- Transporte;
- Abastecimento de água e saneamento;
- Drenagem urbana, controle de inundações e da erosão urbana;
- Resíduo sólido;
- Controle ambiental.

Tabela 3.2 – Características dos Planos na cidade.

Sistema	Ação	Finalidade	Entidade
Desenvolvimento Urbano	Plano Diretor de Uso do Solo	Regular a ocupação da cidade	Município
Abastecimento de Água	Plano de Abastecimento de Água	Ampliar o atendimento de água até a sua cobertura total	Município ou Estado
Esgoto Sanitário	Plano de Esgoto Sanitário	Construir redes de coleta de esgoto e estações de tratamento para melhoria da qualidade da água e redução das doenças	Município ou Estado
Drenagem Urbana e erosão	Plano Diretor de Drenagem Urbana ou de Águas Pluviais	Regular o aumento da vazão das propriedades e erosão gerada; controlar o impacto das áreas degradadas e com inundação.	Município
Resíduo Sólido	Plano de Resíduo Sólido	Sistema de coleta domiciliar, limpeza de ruas e disposição final dos resíduos.	Município
Meio Ambiental	Plano Ambiental	Recuperação de áreas degradadas, conservação e planejamento dos espaços	Município

(*) Os Planos de Esgoto, Drenagem e Resíduo Sólido devem ser integrados, sempre que possível a nível espacial e de conteúdo.

2.1.3 Plano diretor de drenagem urbana e as medidas de controle

Na formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações, foi apresentada a estrutura do desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana. As medidas utilizadas dentro do Plano com relação ao escoamento pluvial podem ser:

- Estruturais: são medidas que alteram a bacia hidrográfica ou os sistemas de rios para evitar inundações, tais como barragens, diques, alterações nos leitos dos rios e desvios; e
- Não-estruturais são medidas que estabelecem a convivência e a prevenção das inundações sem alterar o sistema natural, como por exemplo, o zoneamento das áreas de inundações, seguros, legislação para controle do aumento da vazão, melhoria da gestão e capacitação.

As medidas estruturais são implementadas no Plano de Drenagem por meio de intervenções no sistema de macrodrenagem de cada sub-bacia urbana (definidas na formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações). Este

conjunto de intervenções de cada sub-bacia corresponde a um Plano de ações nas mesmas. As medidas estruturais da bacia do córrego do Prosa e suas alternativas são apresentadas no estudo de alternativas e medidas de controle estruturais.

As medidas não-estruturais são estratégias preventivas estabelecidas para evitar que as inundações se ampliem em face dos novos desenvolvimentos urbanos, da mesma forma que preparam a gestão do município para melhor implementar este Plano e suas ações na drenagem da cidade.

2.1.3.1 Medidas estruturais

As medidas estruturais são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes. Essas medidas podem:

- As medidas extensivas: são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão (alteração da cobertura vegetal, controle da erosão do solo);
- As medidas intensivas são aquelas que agem no curso d'água, e podem ser de três tipos (Simons et al., 1977):
 - (a) aceleram o escoamento (construção de diques e polders, aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros);
 - (b) retardam o escoamento (reservatórios e bacias de amortecimento);
 - (c) desvio do escoamento (obras como canais de desvios).

É importante ressaltar que as medidas estruturais não são projetadas para dar uma proteção completa ao sistema. Isto exigiria a proteção contra a maior enchente possível, o que é física e economicamente inviável na maioria das situações. A medida estrutural pode criar uma falsa sensação de segurança, permitindo a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, que futuramente podem resultar em danos significativos.

2.1.3.2 Medida não-estruturais

As medidas não-estruturais procuram reduzir impactos sem modificar o risco das enchentes naturais, e em alguns casos, estipular princípios que revertam os riscos artificialmente majorados por ações antrópicas às condições naturais. O custo de proteção de uma área inundável por medidas estruturais, em geral, é superior ao de medidas não estruturais.

As ações não-estruturais em drenagem urbana abrangem os mecanismos que são inseridos na legislação, normas e gestão para cumprimento dos objetivos, princípios e estratégias definidas neste plano (ver formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações), acompanhados da participação pública.

Os mecanismos fundamentais são:

- Legislação: principalmente leis municipais alusivas ao uso e ocupação do solo (Plano Diretor Municipal) e códigos associados;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Normas e procedimentos técnicos: destinados aos agentes técnicos, públicos ou privados (por exemplo, um Manual de Drenagem), para que a concepção da drenagem siga os princípios básicos;
- Gestão das entidades municipais: ação coordenada dos órgãos municipais visando a implementação do Plano, avaliação, aprovação e fiscalização dos projetos, atendendo o previsto nos instrumentos legais.
- Participação pública: desenvolvimento de mecanismos de participação pública que acompanhe e contribua para o aperfeiçoamento do Plano e sua implementação.

As leis, códigos municipais e manuais técnicos explicitam os controles e restrições nos quais os novos desenvolvimentos devem estar restritos para atender os princípios esperados do plano como evitar a transferência de impacto dentro do sistema de drenagem. É importante ressaltar que a confecção de leis, normas e procedimentos são ações não estruturais, mas seus conteúdos podem estar baseados em efeitos de obras estruturais (medidas de controle) ou de outras ações não estruturais.

As normas são as ações não estruturais que se caracteriza por descrever e estabelecer critérios de projeto e de operação e manutenção para obras estruturais que podem ser utilizadas na implantação de um sistema de drenagem urbana que atenda aos princípios básicos delineados para planejar esta drenagem. Estas informações resultam de estudos técnicos que constituem ações não-estruturais. A consolidação destas informações está no Manual de Drenagem.

O componente de gestão estabelece como a entidade municipal poderá ser organizada para fazer cumprir a legislação e implementar o Plano no seu conjunto. Da mesma a gestão deve prever o processo de avaliação de projetos, fiscalização e manutenção do sistema de drenagem.

Nenhum projeto de drenagem urbana terá sucesso sem o apoio da sociedade e isto só ocorrerá se houver ações de apoio no sentido contrário, ou seja, do plano em relação à sociedade. É preciso atingir um nível de comprometimento suficiente, atual e futuro, da sociedade com respeito aos problemas e soluções da drenagem urbana. Entendendo a sociedade constituída pela população e o poder público, as principais ações não-estruturais de participação pública envolvem:

- Workshops: Participação pública ao longo do desenvolvimento projeto com apresentação dos resultados e coleta de sugestões a implementação do Plano;
- Educação Ambiental: visa conscientizar o cidadão de que é possível harmonizar os espaços urbanos com o meio ambiente e que o sistema de drenagem pode ser concebido para valorizar os córregos naturais e áreas verdes, evitando inundações; os córregos urbanos devem deixar de ser vistos como depósitos de lixo e dejetos e passar a integrar espaços abertos de convivência civil; para isso as ações estruturais não devem como regra erradicá-los (substituídos por galerias subterrâneas) da paisagem urbana;

Capacitação em drenagem urbana: visa capacitar o meio técnico atuante no poder público e no setor privado, de modo à melhor planejar, projetar, executar e fiscalizar planos e obras de drenagem urbana; o público é interdisciplinar, e outros profissionais além de engenheiros, arquitetos e administradores poderão estar envolvidos; a interdisciplinaridade deve ser a tônica e uma situação típica a evitar

é o divórcio entre os projetos arquitetônicos e urbanísticos com as questões da drenagem.

2.2 Gestão das Águas Pluviais

2.2.1 Espaços de gestão

O impacto dos efluentes de esgotamento sanitário e da drenagem urbana pode ser analisado dentro de dois contextos espaciais diferentes, discutidos a seguir:

Impactos que extrapolam o município: ampliando as enchentes e contaminando a jusante os corpos hídricos como rios, lagos e reservatórios. Esta contaminação é denominada *poluição pontual e difusa urbana*. Este tipo de impacto é a resultante das ações dentro da cidade, que são transferidas para o restante da bacia. Para o seu controle podem ser estabelecidos padrões a serem atingidos e geralmente são regulados por legislação ambiental e de recursos hídricos federal ou estadual;

Impacto dentro das cidades: estes impactos são disseminados dentro da cidade, que atingem a sua própria população. A gestão deste controle é estabelecida através de medidas desenvolvidas dentro do município através de legislação municipal e ações estruturais específicas. Desta forma, cabe ao município a gestão dentro deste espaço.

2.2.2 Tendência de gestão do Brasil

A gestão das ações dentro do ambiente urbano pode ser definida de acordo com a relação de dependência da água através da bacia hidrográfica ou da jurisdição administrativa do município, Estado ou nação. A tendência da gestão dos recursos hídricos tem sido realizada através da bacia hidrográfica, no entanto a gestão do uso do solo é realizada pelo município ou grupo de municípios numa região Metropolitana. A gestão pode ser realizada de acordo com a definição do espaço geográfico externo e interno a cidade.

O Plano das bacias hidrográficas tem sido desenvolvidos para bacias grandes (> 1.000 km²). Neste cenário existem várias cidades que interferem umas nas outras transferindo impactos. O Plano da bacia dificilmente poderá envolver todas as medidas em cada cidade, mas devem estabelecer os condicionantes *externos* as cidades como a qualidade de seus efluentes, as alterações de sua quantidade, que visem a transferência de impactos. O mecanismo já previsto na legislação, para gestão dos impactos da qualidade da água externa às cidades é o enquadramento do rio dentro dos padrões do CONAMA. No entanto estes padrões não estabelecem padrões para controle do aumento da vazão devido à urbanização.

A gestão do ambiente interno da cidade trata de ações dentro do município para atender os condicionantes *externos* previstos no Plano de Bacia para evitar os impactos. Estes condicionantes geralmente buscam minimizar os impactos da quantidade e melhorar a qualidade da água no conjunto da bacia, além dos condicionantes internos que tratam de evitar os impactos à população da própria cidade. Para estes dois espaços existem gestores, os instrumentos utilizados e as

metas da gestão, como descrito na Tabela 3.3. A construção global desta estrutura de gestão esbarra em algumas dificuldades:

- Limitada capacidade dos municípios para desenvolverem a gestão, considerando a maioria destes;
- O sistema de gestão das bacias ainda não é uma realidade consolidada na maioria dos países da América do Sul;
- Reduzida capacidade de financiamento das ações pelos municípios e o alto nível de endividamento.

Tabela 3.3 – Espaço de Gestão das águas urbanas.

Espaço	Domínio	Gestores	Instrumento	Característica
Bacia Hidrográfica ¹	Estado ou Governo Federal	Comitê e Agências	Plano de bacia	Gestão da quantidade e qualidade da água nos rios da bacia hidrográfica, sem transferirem impactos.
Município ²	Município ou Região Metropolitana	Município	Plano Diretor urbano e Plano integrado de Esgotamento, Drenagem Urbana e Resíduo Sólido	Minimizar os impactos dentro da cidade, nas pequenas bacias urbanas e não transferir para o sistema de rios.

¹ – Bacias de grande porte (> 1000 km²); ² – área de abrangência do município e suas pequenas sub-bacias de macrodrenagem (< 50 km²). Os valores de áreas são indicativos e podem se alterar para cidades de grande porte.

No primeiro caso, a solução passa pelo apoio estadual e federal através de escritórios técnicos que apóiem as cidades de menor porte no desenvolvimento de suas ações de planejamento e implementação. O segundo dependerá da transição e evolução do desenvolvimento da gestão no país. O terceiro dependerá fundamentalmente do desenvolvimento de um programa a nível federal e mesmo estadual com um fundo de financiamento para viabilizar as ações.

Gerenciamento de bacias urbanas compartilhadas

Grande parte das cidades possui bacia hidrográfica comum com outros municípios. Geralmente existem os seguintes cenários: (a) um município está a montante de outro; (b) o rio divide os municípios (Figura 3.4).

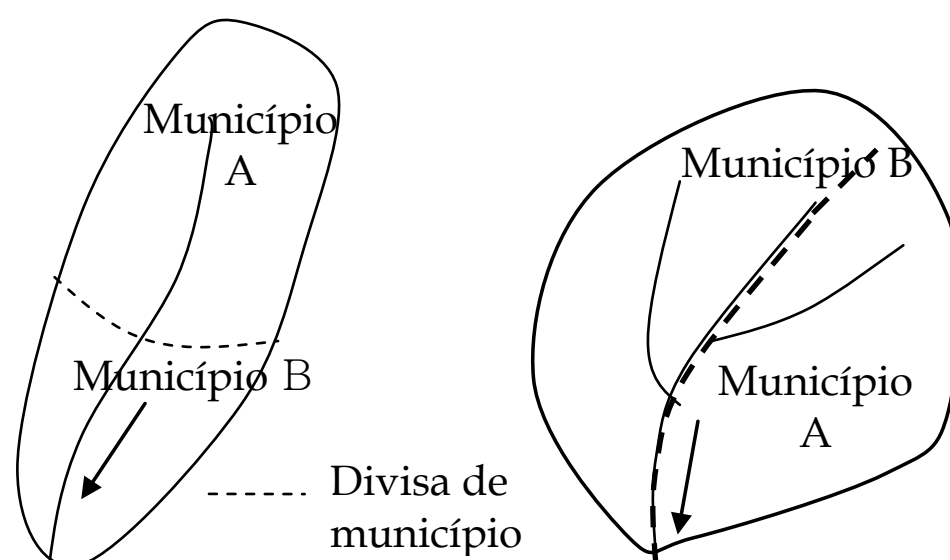
O controle institucional das águas urbanas, que envolve pelo menos dois municípios, pode ser realizado pelo seguinte:

- Pelas legislações municipais, adequadas para cada município;
- Na legislação estadual, onde são estabelecidos os padrões a serem mantidos nos municípios de tal forma a não serem transferidos os impactos;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Estabelecimento de distritos de Drenagem onde cada Distrito engloba um ou mais municípios e dentro dos mesmos são estabelecidos normas comuns quanto à gestão territorial relacionada com os elementos das águas urbanas.

Estes entendimentos podem ser realizados dentro do comitê da bacia e os Planos Estaduais desenvolvem a regulamentação setorial. Quando forem desenvolvidos os Planos das Bacias que envolvam mais de um município, deve-se buscar acordar ações conjuntas com estes municípios para se obter o planejamento de toda a bacia hidrográfica.



a – relação de montante para jusante

b – relação de fronteira

Figura 3.4 – Relações básicas entre municípios.

Os problemas atualmente existentes podem ser resumidos nos seguintes cenários:

- Nas regiões metropolitanas é comum a existência de bacias hidrográficas com grande predominância de urbanização, que atravessam mais de uma cidade, transferindo os impactos entre elas. Por exemplo, uma cidade a montante que canaliza seu escoamento para jusante seguramente irá aumentar as inundações na cidade a jusante, da mesma forma que a poluição ou esgoto não-tratado. Para isto, não existem mecanismos legais para que isto seja evitado, apesar de que qualquer projeto deveria ser aprovado ambientalmente e estes são impactos que deveriam fazer parte do licenciamento ambiental, mas isto geralmente não ocorre e as cidades estão sujeitas a serem processadas pelas pessoas prejudicadas;
- No caso de municípios que se encontram em margens opostas, mesmo que um deles adote medidas legais para gestão de sua parte da bacia, a outra margem continuará impactando a jusante, o que inviabiliza uma solução sustentável. Neste caso, também somente é possível o desenvolvimento de medidas sustentáveis de longo prazo através de estabelecimento de mecanismos legais a serem exigidos dos projetos quando da sua aprovação nas duas cidades.

2.2.3 Políticas de controle de águas pluviais

As políticas de controle dos impactos das águas pluviais no Brasil quanto às inundações ribeirinhas e drenagem urbana são destacadas nos dois itens que seguem.

2.2.3.1 Inundações ribeirinhas

A Constituição Federal de 1988, no Título III, Capítulo II, Artigo 21º, estabelece que *"compete à União"* e, no inciso XVIII, *"planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e inundações"*.

Até 1990, o extinto DNOS - Departamento Nacional de Obras de Saneamento, em nível federal, atendia parte desses problemas com obras de barragens, canalização e diques de proteção contra inundações como pode ser observado em diferentes cidades brasileiras (Porto Alegre, Teresina, bacia do rio Itajaí-Açu, etc). Com o fechamento desta instituição, a Secretaria de Desenvolvimento Regional ficou com o pouco que resta para apoiar as cidades. As atribuições relativas a enchentes e secas da Secretaria de Desenvolvimento Regional, após várias reformas administrativas nos anos 1990, passaram à responsabilidade do Ministério da Integração Nacional, que coordena o Sistema Nacional de Defesa Civil.

Em 2000, pela Lei n.º 9.984, que cria a Agência Nacional de Águas -ANA, é a ela atribuída, no Art. 4º, Item X, a função de "planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil , em apoio aos Estados e Municípios".

Foi a Lei n.º 9.433, de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, acima referido, e que regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. Entre os vários fundamentos contidos nesta lei, pode-se destacar para as enchentes que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades. Entre os objetivos está a preservação e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem *natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais*. Dentre as diretrizes que podem ter maior efeito no combate às enchentes destacam-se a integração e articulação da gestão de recursos hídricos com: a gestão ambiental, os planejamentos regional, estadual e nacional e de uso do solo. Como instrumentos básicos, destacam-se os Planos de Recursos Hídricos.

De acordo com este quadro institucional, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, no que se refere à prevenção e controle de cheias, sobre-põe-se, mas não se opõe à estrutura administrativa existente. A lei mantém as competências dos organismos existentes e potencializa sua atuação, envolvendo basicamente a Agência Nacional de Águas e o Ministério da Integração Nacional e dois importantes apoios, a saber, a Secretaria de Obras e o Sistema Nacional de Defesa Civil, principalmente a sua articulação e aproximação com Estados e

Municípios. O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, ao promover uma descentralização da gestão para a esfera local da bacia hidrográfica, procura efetivar uma parceria do poder público com a sociedade civil organizada. O poder decisório passa a ser compartilhado nos Comitês de Bacia Hidrográfica e nos Conselhos de Recursos Hídricos (Nacional ou Estaduais). Está prevista também a viabilidade financeira, ao destinar parte dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água ao custeio dos organismos que integram o sistema e para o financiamento das intervenções identificadas pelo processo de planejamento.

Apesar da melhora institucional, talvez por ser muito recente, verifica-se que, atualmente as administrações estaduais, em geral, não estão preparadas técnica e financeiramente para planejar e controlar os impactos das enchentes, já que os recursos hídricos ainda são normalmente tratados de forma setORIZADA (energia elétrica, abastecimento urbano e tratamento de esgoto, irrigação e navegação), sem que haja maior interação na administração e seu controle. A regulamentação do impacto ambiental envolve o controle da ação do homem sobre o meio ambiente mas não têm sido eficientes nas ações de prevenção e controle de enchentes.

Na esfera municipal, as prefeituras foram pressionadas a estabelecerem Planos Diretores Urbanos (A Constituição de 1988 estabelece prazo aos municípios para elaboração destes Planos), que, na sua quase totalidade, não contemplam os aspectos de prevenção contra a ocupação dos espaços de risco de enchentes. Observa-se que os Planos Diretores já tratam de aspectos de preservação ambiental do espaço, disseminados pela divulgação da proteção ambiental, mas, por falta de conhecimento e orientação, *não se observa nenhum dispositivo de prevenção da ocupação das áreas de risco de enchentes*.

2.2.3.2 Drenagem urbana

A gestão atual da drenagem urbana é de atribuição municipal e tem sido exercida isoladamente sem compatibilidade com os municípios vizinhos na mesma bacia. A responsabilidade fica geralmente com a secretaria de obras do município. O controle de enchentes urbanas é estabelecido através de medidas desenvolvidas dentro do município através de legislação municipal e ações estruturais específicas.

Os principais problemas relacionados com esta gestão foram apontados no capítulo anterior, ou seja: impermeabilização e canalização do escoamento que aumenta o pico do hidrograma, volume do escoamento superficial, piora da qualidade da água e aumento dos resíduos sólidos. Este processo ocorre devido a alguns aspectos fundamentais que são:

Limitações profissionais

A drenagem urbana sempre foi vista como uma ação marginal dentro do saneamento. Geralmente o profissional que atua em saneamento trata da microdrenagem dentro da filosofia de drenar a água pluvial o mais rápido possível até encontrar a macrodrenagem urbana que pode ser um riacho, conduto ou canal. Enquanto as cidades eram pequenas, isto não era um problema, pois o excesso gerado inundava superfícies rurais a jusante. Com o desenvolvimento urbano acelerado depois dos anos 70 os problemas de inundação na drenagem urbana começaram

a aparecer e os municípios não possuíam capacidade técnica para resolver (ainda não possuem) e a prática da microdrenagem passou a ser aplicada também para a macrodrenagem com efeito destrutivo e economicamente insustentável já que a vazão para transportar o mais rapidamente possível aumentou de forma significativa e a distância também. Infelizmente os engenheiros não se atualizaram e não compreenderam o problema no seu conjunto. A própria Universidade preparou toda uma geração de profissionais com conceitos errados sobre drenagem. Somente recentemente este panorama está sendo modificado, mas ainda existe uma geração de profissionais desatualizada que continua praticando e ensinando os conceitos inadequados de drenagem urbana, com isso agravando ainda mais os problemas nas cidades. Todo este problema se reflete na gestão despreparada do município.

Inadequada legislação do uso do solo

A legislação sobre o uso do solo, que pode ter efeito sobre enchentes urbanas, é municipal. Porém, os Estados e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento do uso do solo visando a proteção ambiental, controle da poluição, saúde pública e da segurança. Desta forma, observa-se que no caso da drenagem urbana que envolve o meio ambiente e o controle da poluição a matéria é de competência concorrente entre Município, Estado e Federação. A tendência é de os municípios introduzirem diretrizes de macrozoneamento urbano nos Planos Diretores urbanos, incentivados pelos Estados. Observa-se que no zoneamento relativo ao uso do solo não são contemplados pelos municípios os aspectos de drenagem e inundações. Além disso, as legislações são restritivas como a de proteção de mananciais e ocupação de áreas ambientais, sem permitir alternativas ao proprietário da terra, gerando em realidade um confisco. Este tipo de legislação somente produz reações negativas e desobediência, incentivando o loteamento irregular.

Gestão municipal da macrodrenagem

A tendência da urbanização é de ocorrer no sentido de jusante para montante, na macrodrenagem urbana, devido às características de relevo. Quando um loteamento é projetado, os municípios exigem apenas que o projeto de esgotos pluviais seja eficiente no sentido de drenar a água do loteamento. Quando o poder público não controla essa urbanização ou não amplia a capacidade da macrodrenagem, a ocorrência das enchentes aumenta, com perdas sociais e econômicas. Normalmente, o impacto do aumento da vazão máxima sobre o restante da bacia não é avaliado pelo projetista ou exigido pelo município. A combinação do impacto dos diferentes loteamentos produz aumento da ocorrência de enchentes a jusante. Esse processo ocorre através da sobrecarga da drenagem secundária (condutos) sobre a macrodrenagem (riachos e canais) que atravessa as cidades. As áreas mais afetadas, devido à construção das novas habitações a montante, são as mais antigas, localizadas a jusante (Figura 3.5).

2.2.3.3 Cenário combinado

Algumas cidades brasileiras apresentam impactos combinados de inundações ribeirinhas e drenagem urbana que tem levado a um cenário extremamente insustentável devido à gestão equivocada. O exemplo típico ocorre da seguinte forma: No primeiro estágio a cidade se localiza junto a um rio onde ocorrem inundações

ribeirinhas, a população não ocupa a várzea já que escolheu a parte mais alta da cidade (população ainda pequena), mas com a valorização dos imóveis, com o crescimento urbano são exercidas pressões para ocupação da várzea de inundação e o poder público constrói um canal na área urbana para conter a inundação atual. Com isto a população se move para a várzea de inundação e ocupa o espaço até as margens do rio. Com o crescimento urbano para montante ocorre o aumento das vazões de escoamento superficial e o canal construído não possui mais capacidade para transportar o volume gerado para bacia nos mesmos riscos de inundações. Nesta fase, não existem mais espaços para ampliar a capacidade do canal, apenas escavando, o que envolve custos extremamente altos, pois é necessário canalizar o rio por trechos longos. Este cenário ocorreu em São Paulo, tendia a ocorrer em Curitiba e na maioria das cidades próximas a um rio de grande porte que se expande na sub-bacia.

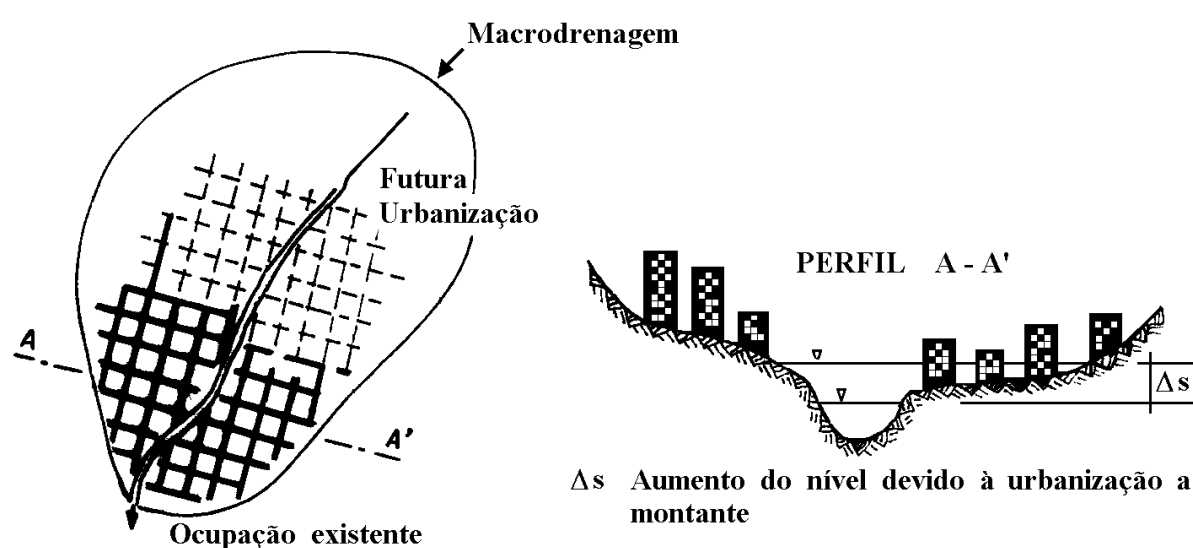


Figura 3.5 – Tendência da ocupação e impacto.

2.2.4 Experiências

As políticas de controle das inundações a nível mundial têm sido desenvolvidas para áreas ribeirinhas, onde o problema se resume nos impactos quantitativos e para drenagem urbana onde o controle se dá sobre os impactos quantitativos e de qualidade da água. A seguir é realizada esta distinção.

2.2.4.1 Áreas ribeirinhas

EUA

Em 1936, nos Estados Unidos, foi aprovada uma lei em nível federal, sobre controle de enchentes, que identificava a natureza pública dos programas de redução de enchentes e caracterizava a implantação de medidas físicas ou estruturais como um meio de reduzir estes danos. Desta forma, não era necessário verificar as relações de custo/benefício para justificar a proteção das áreas sujeitas a inundações. Com isso, acelerou-se o desenvolvimento e ocupação das várzeas, o que resultou em aumento dos danos ocasionados pelas enchentes. As perdas médias anuais, devido às enchentes, aumentaram e a disponibilidade dos fundos públicos foi insuficiente para atender esta tendência. Em 1966, o governo reconheceu que as medi-

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

das anteriores não eram adequadas e deu ênfase a medidas não-estruturais, que permitiriam à população conviver com a cheia.

Em 1973, foi aprovada uma lei sobre proteção contra desastres de enchentes, dando ênfase a medidas não-estruturais, encorajando e exigindo o seguro para enchentes e regulamentação do uso da terra e proteção das novas construções para enchentes de 100 anos tempo de retorno. Em 1974 foram aprovados, dentro da Legislação de Desenvolvimento de Recursos Hídricos, artigos específicos sobre enchentes que previam medidas não-estruturais e a distribuição de custos, como no artigo 73 da Lei de 1974: "Em pesquisa, planejamento ou projeto de qualquer Agência Federal, ou de qualquer projeto envolvendo a proteção contra inundações, deve ser dada prioridade às alternativas não-estruturais para redução de prejuízos de inundação, incluindo, mas não limitando às construções à prova de enchentes, regulamentação das áreas de inundação; utilização das áreas de inundação para usos recreacionais pesca, vida animal e outras finalidades públicas e realocação com vistas à formulação da solução economicamente, socialmente e de meio ambiente mais aceitável para redução dos danos de enchentes".

Atualmente predomina para controle de inundação o sistema de seguro federal. A cidade entra no programa de seguros, mas os seguros são realizados de forma individual. O prêmio do seguro de uma habitação com valor de US\$ 100 mil dólares é de US\$ 300 dólares por ano (0,3% do valor da propriedade). Este sistema até o momento é autosustentável e parte dos recursos tem sido utilizados para a compra de áreas de alto risco para proteção ambiental.

Japão

O Japão é um país onde apenas 30% da sua área pode ser ocupada devido ao relevo, sendo que um terço desta área estão sujeitas a inundação. A política de controle de inundações tem sido de construir obras como diques, barragens, alteração do leito do rio e realocação de população com posterior verticalização das áreas de risco. Os custos envolvidos são extremamente altos, mas as obras não passam por uma análise benefício x custo, apenas por minimização dos custos de construção. Em parte, isto também se deve a tradição de séculos do país na luta contra os impactos das inundações e os altos riscos de vida devido à intensidade da precipitação, relevo e ocupação.

Brasil

Atualmente no Brasil, não existe nenhum programa sistemático de controle de enchentes que envolvam seus diferentes aspectos. O que se observa são ações isoladas por parte de algumas cidades. Estrela, no Rio Grande do Sul, implementou, dentro de seu Plano Diretor, a legislação de zonas de uso especial, definidas pela restrição de ocupação e de construções abaixo de determinadas cotas, estabelecidas no zoneamento de inundação previamente elaborado (Rezende e Tucci, 1979). O município prevê, na legislação, a troca de área de inundação por índice de ocupação em zonas valorizadas, como uma forma de adquirir áreas de risco para uso público.

Em geral, o atendimento a enchente somente é realizado depois de sua ocorrência. A tendência é que o problema fique no esquecimento após cada enchente, retornando na seguinte. Isso se deve a vários fatores, entre os quais estão os seguintes:

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Falta de conhecimento sobre controle de enchentes por parte dos planejadores urbanos;
- A ação federal e estadual se limita a declaração da calamidade e fornecimento de fundos para mitigar os efeitos ocorridos;
- Pouca informação técnica sobre o assunto em nível de graduação na Engenharia e outras profissões;
- O desgaste político para os administradores públicos, resultantes do controle não-estrutural (zoneamento), já que a população está sempre esperando uma obra hidráulica;
- Falta de educação da população sobre controle de enchentes.

2.2.4.2 Drenagem urbana

Neste caso o controle do escoamento possui dois processos: em nível da bacia, impulsionado pelo Estado ou Federação e a nível local impulsionado pelo município. O primeiro trata de controlar os impactos externos a cidade e o segundo o impacto interno dentro da cidade. Nas experiências internacionais pode-se observar este processo.

USA

A experiência americana no controle externo a cidade se baseou num programa nacional desenvolvido pela EPA (Environmental Protection Agency) que obriga a todas as cidades com mais de 100 mil habitantes a preparar as BMP (Best Management Practices), que são uma espécie de Plano de Drenagem Urbano que reduza os impactos ambientais para jusante, incluídas as inundações e qualidade da água.

A segunda fase do programa para cidades com população inferior à mencionada foi iniciada na década de 90. (Roesner e Traina, 1994). As BMPs envolvem o controle da qualidade e quantidade por parte do município através de medidas estruturais e não-estruturais. O município deve demonstrar que está avançando e buscar atingir estes objetivos através de um Plano. Este processo contribui para reduzir a poluição difusa dos rios da vizinhança das cidades. A penalidade que pode ser imposta é a ação judicial da EPA contra o município.

O controle interno nas cidades tem sido realizado por medidas legais para as áreas de expansão ou novas construções através da manutenção da vazão pré-existente, definida na legislação de cada cidade e o Plano de controle de cada sub-bacia urbana com medidas de controle estruturais e preventivas.

França

A experiência francesa quanto ao controle externo à cidade é realizado através do comitê de bacia, através da definição de padrões. As metas no qual os municípios e poluidores devem ser atingir são decididos no comitê da bacia. Os controles internos as cidades variam, mas são estabelecidas regras que busquem minimizar os impactos para jusante através de um planejamento sustentável quanto à qualidade e quantidade. Muitos países europeus desenvolveram regulamentação específica para a drenagem quanto a: (a) não permitir a drenagem direta de áreas impermeáveis para o pluvial público, sem passar por um plano ou área de infiltração; (b) controlar a quantidade e a qualidade do excedente.

Brasil

No Brasil existem experiências variadas recentes a seguir descritas:

Belo Horizonte: No Plano Diretor Urbano de Belo Horizonte de 1996 foram previstas áreas permeáveis de acordo com a zona da cidade (como na maioria das cidades). Foi previsto um artigo que permite ao proprietário substituir a área permeável por um reservatório na relação de 30l para cada 1 m² impermeabilizado. Foi prevista uma exceção, em que a viabilidade da construção do reservatório dependia de um parecer de um engenheiro. Na prática observou-se que o proprietário construía a área impermeável e depois obtinha um parecer do engenheiro inviabilizando o reservatório. Desta forma, nenhum reservatório foi construído. Mesmo que o reservatório fosse construído não resolveria o problema, pois o restante da superfície continuaria impermeável e o aumento da vazão ocorreria.

Guarulhos: A legislação de Guarulhos se baseia na construção de reservatório para controle da drenagem urbana para área maiores ou iguais a 1 hectare. A regulamentação estabelece critérios de construção de retenção detenção, mas não estabelece os critérios quanto à manutenção de vazão pré-existente.

São Paulo: A legislação de São Paulo estabelece a construção de reservatório para lotes acima de 500 m², mas também não estabelece uma vazão limite para entrada na rede pública.

Porto Alegre: O PDDUA prevê, na legislação, alguns instrumentos importantes para a drenagem urbana de acordo com o enquadramento das áreas: (a) Área de ocupação rarefeita (art. 65) onde estão previstas medidas que controlem a contaminação das águas, não altere a absorção do solo e não tenham risco de inundação; (b) Áreas de contenção de crescimento urbano (art. 80) são áreas que podem ser definidas em função da densificação atual e seu futuro agravamento de restrições pelo aumento das inundações ou dos condicionantes de drenagem. A cidade de Porto Alegre possui uma extensa área ribeirinha onde os custos de drenagem são muitos altos. Com a impermeabilização excessiva destas áreas pode resultar em problemas significativos na drenagem, com frequentes alagamentos; (c) Áreas de Revitalização (art. 81): representam áreas de patrimônio ambiental ou relevante para a cidade que necessitam tratamento especial;

O art. 97 estabelece uma das principais bases para a regulamentação da drenagem urbana, onde estabelece que nas zonas identificadas como problemáticas deverão ser construídos reservatórios de detenção pluvial. No seu parágrafo único define que será de atribuição do executivo a definição dos critérios através de decreto.

No parcelamento do solo, art. 135, no parágrafo 3º, estabelece os condicionantes do espaço para a drenagem urbana como faixa “não-edificável”, e, no parágrafo 6º, define que os novos empreendimentos devem manter as condições hidrológicas originais da bacia, através de amortecimento da vazão pluvial.

O artigo 136 restringe o parcelamento do solo (I) em terrenos alagadiços e sujeitos a inundação, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas e proteção contra as cheias e inundações e (IV) em terrenos onde as condições geológicas e hidrológicas não aconselham edificações. No parágrafo 1º são definidas as áreas alagadiças nas margens do Guaíba e no parágrafo 5º é transferido para o DEP, Departamento de Esgotos Pluviais a sua definição. O art. 137 reserva área para os equipamentos urbanos, entre os quais a drenagem ur-

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

bana. O artigo 163 **X**, das disposições transitórias destaca a necessidade de decreto do legislativo para a definição e dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais.

Foi proposto um decreto de controle da drenagem urbana baseado no princípio de controle na vazão de saída e não no uso obrigatório de reservatório. O uso do controle da vazão de saída permite ao usuário maior grau de liberdade para a escolha do controle.

2.3 Legislação

Neste capítulo é apresentada uma síntese das legislações federal e estadual, nos aspectos das suas interfaces com a drenagem. Estes aspectos devem ser observados na legislação municipal, para que o conjunto de medidas de controle proposto pelo Plano Diretor de Drenagem seja eficaz.

As legislações que envolvem a drenagem urbana estão relacionadas com recursos hídricos, uso do solo e licenciamento ambiental. Inicialmente são destacados os instrumentos legais federais e estaduais quanto a cada um destes componentes e suas interfaces. Na sequência é apresentado um item sobre os aspectos municipais dos três componentes.

2.3.1 Recursos hídricos

2.3.1.1 Histórico

O século vinte passou por várias transições que marcaram o desenvolvimento dos recursos hídricos e o meio ambiente no Brasil e a nível internacional (Tabela 3.4). Este processo caracteriza a relação entre o crescimento econômico e populacional e a busca da sustentabilidade ambiental.

Logo após a 2^o guerra mundial, houve a necessidade de grande investimento em infra-estrutura, principalmente para recuperar os países que sofreram com o conflito, seguido por uma fase de crescimento econômico e de população em muitos países desenvolvidos. Neste período ocorreu uma forte industrialização e aumento dos adensamentos populacionais que resultou numa crise ambiental devido à degradação das condições de vida da população e dos sistemas naturais.

No início da década de 70 iniciou a pressão ambiental para reduzir estes impactos, com ênfase no controle dos efluentes das indústrias e das cidades. O Brasil investia fortemente em hidrelétricas, anos em que as grandes barragens do rio Paraná foram construídas. O movimento ambiental no Brasil era quase inexistente. Nos anos 80 o mundo enfatizou os efeitos do clima global, onde os principais focos foram: o acidente de Chernobyl, impacto do desmatamento de florestas e o uso de barragens. No Brasil observou-se a aprovação da lei ambiental em 1981; grande pressão sobre os investimentos internacionais em hidrelétricas, pelo seu impacto ambiental local e por vezes, global em regiões como a Amazônia. Foram reduzidos os empréstimos internacionais para construção de hidrelétricas, com grande impacto na capacidade de expansão deste sistema no Brasil. A maioria das empresas consultoras voltadas para projetos hidrelétricos tiveram redução de pessoal da ordem de 90%. No final dos anos 80 (em 1987) começa a discussão da lei de recursos hídricos onde três grupos setoriais disputam espaços: energia, meio ambiente e agricultura.

Os anos 90 foram marcados pelo seguinte: concepção do desenvolvimento sustentável que busca o equilíbrio entre o investimento no crescimento dos países e a conservação ambiental; o desenvolvimento dos recursos hídricos de forma integrada, com múltiplos usos; e o início do controle da poluição difusa nos países desenvolvidos.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 3.4 – Comparação dos Períodos de desenvolvimento (adaptado de Tucci, et al, 2000).

Período	Países desenvolvidos	Brasil
1945-60 <i>Crescimento industrial e populacional</i>	• Uso dos recursos hídricos: abastecimento, navegação, energia, etc • Qualidade da água dos rios • Controle das enchentes com obras	• Inventário dos recursos hídricos; • Início dos empreendimentos hidrelétricos e planos de grandes sistemas.
1960-70 <i>Início da pressão ambiental</i>	• Controle de efluentes; • Medidas não estruturais para enchentes • Legislação para qualidade da água dos rios	• Início da construção de grandes empreendimentos hidrelétricos; • Deterioração da qualidade da água de rios e lagos próximos a centros urbanos.
1970-1980 <i>Início do Controle ambiental</i>	• Legislação ambiental • Contaminação de aquíferos; • Deterioração ambiental de grandes áreas metropolitanas; • Controle na fonte da drenagem urbana, da poluição doméstica e industrial;	• Ênfase em hidrelétricas e abastecimento de água; • Início da pressão ambiental; • Deterioração da qualidade da água dos rios devido ao aumento da produção industrial e concentração urbana.
1980-90 <i>Interações do Ambiente Global</i>	• Impactos Climáticos Globais; • Preocupação com conservação das florestas; • Prevenção de desastres; • Fontes pontuais e não pontuais; • Poluição rural; • Controle dos impactos da urbanização sobre o ambiente • Contaminação de aquíferos	• Redução do investimento em hidrelétricas; • Piora das condições urbanas: enchentes, qualidade da água; • Fortes impactos das secas do Nordeste; • Aumento de investimentos em irrigação; • Legislação ambiental
1990-2000 <i>Desenvolvimento Sustentável</i>	• Desenvolvimento Sustentável; • Aumento do conhecimento sobre o comportamento ambiental causado pelas atividades humanas; • Controle ambiental das grandes metrópoles; • Pressão para controle da emissão de gases, preservação da camada de ozônio; • Controle da contaminação dos aquíferos das fontes não-pontuais;	• Legislação de recursos hídricos • Investimento no controle sanitário das grandes cidades; • Aumento do impacto das enchentes urbanas; • Programas de conservação dos biomas nacionais: Amazônia, Pantanal, Cerrado e Costeiro; • Início da privatização dos serviços de energia e saneamento;
2000- ? <i>Ênfase na água: metas do Milênio das Nações Unidas</i>	• Desenvolvimento da Visão Mundial da Água; • Uso integrado dos Recursos Hídricos; • Melhora da qualidade da água das fontes difusas: rural e urbana; • Busca de solução para os conflitos transfronteiriços; • Desenvolvimento do gerenciamento dos recursos hídricos dentro de bases sustentáveis	• Avanço do desenvolvimento dos aspectos institucionais da água; • Privatização do setor energético e de saneamento; • Diversificação da matriz energética; • Aumento da disponibilidade de água no Nordeste; • Planos de Drenagem urbana para as cidades.

Os investimentos internacionais no Brasil, que atuavam principalmente no setor energético, se voltaram para investimentos na recuperação ambiental, de efluentes domésticos e industriais das cidades (estágio observado nos países desenvol-

vidos nos anos 70), iniciando com as grandes metrópoles brasileiras e na conservação dos grandes biomas brasileiros. No ambiente institucional, na metade da década, foi criada a Secretaria de Recursos Hídricos, que apoiou a discussão e finalmente a aprovação da lei de recursos hídricos em janeiro de 1997. Algumas legislações estaduais já tinham sido aprovadas e outras foram induzidas pela legislação federal. Assim, se completa o primeiro estágio do desenvolvimento institucional do país. Também neste período, entre o final da década de 80 e os anos 90 houve reformas no Estado brasileiro que permitiram apoiar a aprovação da legislação e a formação do setor de recursos hídricos dentro do governo. Anteriormente, este setor era comandado pelo Ministério de Energia, por entidades ambientais e pelo período que existiu o Ministério de Irrigação.

O início do novo século (e milênio) está marcado internacionalmente pelo movimento pela busca de uma maior eficiência no uso dos recursos hídricos dentro de princípios básicos de Dublin e consolidados na Rio 92. As Nações Unidas definiram as chamadas Metas do *milênio* para redução pobreza, e tem na água e saneamento o foco principal. Estas metas foram consolidadas em Johannesburgo e discutidas em diferentes Fóruns como a 3ª Conferência Mundial da Água em Kyoto em 2003. Em síntese, estas metas, no âmbito da água, estabelecem que se deve procurar reduzir pela metade o número de pessoas sem água potável e saneamento até 2015. O relatório contratado pela Global Water Partnership, GWP e World Water Council (WWC) denominado de Camdessus (coordenado pelo ex-presidente do FMI), introduziu propostas para os elementos econômicos financeiros para busca da viabilidade das metas propostas. O Brasil tem uma boa cobertura serviços de abastecimento de água, se comparados com a maioria dos países em desenvolvimento, mas necessita de fortes investimentos para atingir a meta do saneamento.

De outro lado para buscar atender esta e outras metas existe um movimento enfatizado pelo GWP, WWC, IWRA International Water Resource Association, entre outras ONGs internacionais, que buscam impulsionar o denominado IWRM Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos, como meio de busca da sustentabilidade hídrica. A legislação brasileira contempla os princípios básicos do Gerenciamento Integrado, portanto a primeira etapa deste processo foi vencida. O desenvolvimento institucional pós 1997 (depois da aprovação da lei de recursos hídricos) tem sido a regulamentação e implementação da legislação de recursos hídricos. Este processo de institucionalização foi marcado no Brasil pela criação da Secretaria de Recursos Hídricos (citado acima) e posteriormente a criação da ANA Agência Nacional da Água (em 2000) e a regulamentação da legislação que pressupõe a cobrança pelo uso da água e a penalização dos poluidores através do comitê e agências de bacia hidrográfica. Este cenário se mostra promissor à medida que existem regras e procedimentos que permitem a participação de todos os atores na definição do uso dos recursos hídricos e da sua preservação dentro do desenvolvimento econômico e social.

Este artigo trata justamente desta fase recente do desenvolvimento institucional dos recursos hídricos no Brasil como um exemplo a ser avaliado pela comunidade internacional na busca de utilizar suas vantagens e evitar seus problemas. No item seguinte é apresentado um diagnóstico dos recursos hídricos no Brasil dentro de uma visão global.

2.3.1.2 Legislação de recursos hídricos

Os principais instrumentos legais em Recursos Hídricos são destacados na Tabela 3.5. Além destes existem várias resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Tabela 3.5 – Instrumentos legais de Recursos Hídricos.

Lei	Conteúdo	Nível
Decreto n. 24.643 de 1934	Código de água: classificação, usos e gerenciamento dos recursos hídricos.	Federal
Constituição Federal de 1988	• Domínio público da água; • gestão de inundações e secas pelo governo federal; Institui o domínio das águas entre Estados e Federação; • estabelece que os serviços de água e saneamento é de atribuição do município; • domínio estadual para as águas subterrâneas	Federal
Lei n. 9.433 de 1997	• Política Nacional de recursos hídricos; • Objetivos; • Sistemas de gestão • Instrumentos de planejamento	Federal
Lei n. 9984 de 2000	Cria a ANA Agência Nacional de Recursos Hídricos, que implementa a Política Nacional de Recursos Hídricos	Federal
Lei Estadual n.2406 de 2002 e n. 2995 de 2005.	Institui a Política Estadual dos Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos	Estadual

O texto legal básico que criou a Política Nacional de Recursos Hídricos é a Lei n. 9433 de 8 de janeiro de 1997. Esta política se baseia nos princípios de Dublin, ou seja: (a) a água é um bem de domínio público; (b) a água é um recurso limitado, dotado de valor econômico; (c) estabelece a prioridade para o consumo humano; (d) prioriza o uso múltiplo dos recursos hídricos; (e) a bacia hidrográfica como a unidade de planejamento; (f) gestão descentralizada.

Os principais instrumentos da Política são os Planos, enquadramento dos rios em classes, outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, sistema de informações e a cobrança pelo uso da água. Os Planos devem englobar os Planos Estaduais e os Planos de Recursos Hídricos de bacias. Estes planos devem buscar uma visão de longo prazo, compatibilizando aspectos quantitativos e de qualitativos da água. O enquadramento trata de definição da compatibilidade da qualidade da água e os usos da mesma, buscando a minimização dos impactos de qualidade da água. O processo de outorga trata de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água. A cobrança pelo uso da água visa incentivar o uso racional da água e reconhecer a água como um recurso natural dotado de valor econômico.

A lei também estabelece que o mecanismo de gestão descentralizada ocorrerá através do comitê de bacia com o apoio de agência executiva. Apesar de enfatizar

a descentralização, a própria legislação se contradiz ao estabelecer que o Conselho Nacional de Recursos Hídricos deverá ter até 51% de representantes de entidades federais, o que o governo tem exercido neste limite. Os Estados que no Brasil são 26, possuem apenas cinco representações regionais.

A lei federal n. 9984 de 17 de julho de 2000 dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas ANA, entidade de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Algumas das principais atribuições da ANA são: outorgar o direito de uso dos recursos hídricos em rios de domínio da União; prevenção contra secas e estiagens; fiscalizar os usos de recursos hídricos em rios de domínio da União; estimular a criação de comitês de bacias. No que se refere à energia hidráulica a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica deverá promover junto à ANA, a prévia obtenção de declaração de reserva de disponibilidade hídrica.

A ANA, assim como o IBAMA, é vinculada ao Ministério de Meio Ambiente. Este ministério por meio da Secretaria de Recursos Hídricos- SRH estabelece as políticas de recursos hídricos e ações como o Plano Nacional de Recursos Hídricos. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos é o órgão deliberativo do setor a nível federal. Este Conselho é constituído por membros federais (em sua maioria), representantes dos Estados, ONGs, setores usuários da água e entidades de pesquisa.

A Constituição Federal de 1988 define como um rio de domínio da União todo rio que escoa através de mais de um Estado ou por trechos internacionais. De outro lado a lei 9.433 define a bacia como a unidade de abrangência de planejamento. Esta combinação de legislações tem gerado diferentes interpretações para bacias em que o rio na sua cabeceira é estadual e a jusante federal.

Os cenários são: (a) Um rio que escoa todo ele por um mesmo Estado (até a seção de interesse) e tem bacia hidrográfica em mais de um Estado; (b) um rio que escoa e tem sua bacia totalmente num mesmo Estado, mas é afluente de rio federal. Este é um vazio legal que pode gerar contestações judiciais. Combinando a constituição e a lei das águas, apenas os rios que nascem num Estado e escoam para o mar seriam de domínio estadual, os demais de domínio da União. Na prática a ANA tem estabelecido convênios com os Estados para o fortalecimento. De outro, lado existem contestações sobre a abrangência da licença ambiental dentro do mesmo contexto, principalmente no caso (a) acima. A licença ambiental está relacionada com a área de influência do empreendimento e seu respectivo impacto, que muitas vezes pode levar a diferentes interpretações. Se a área de influência envolve áreas de mais de um Estado o ambiente de licença passa a ser federal.

A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos foi estabelecida na lei 9.433, art 14, onde especifica que a mesma será efetivada por ato da autoridade competente do Poder executivo Federal, dos Estados ou do Distrito federal. No art 12, a referida lei dispõe que estão sujeitas às outorgas: (I) a derivação ou captação de água superficial ou subterrânea para consumo final, ou para insumo de processo produtivo; (II) o lançamento de esgotos resíduos líquidos e gasosos, tratados ou não, para fins de diluição, transporte ou disposição final; (III) o aproveitamento hidrelétrico das águas e qualquer outro uso das mesmas que altere o regime, quantidade ou qualidade das águas de um rio.

No caso da geração de energia elétrica a mesma estará subordinada ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, obedecida à disciplina da legislação setorial es-

pecífica. A outorga poderá ser suspensa, parcial ou totalmente, em definitivo ou prazo determinado, quando não forem cumpridos, pelo outorgado, os termos da outorga. Estas condições são: ausência de uso por três anos consecutivos; necessidade premente de água para atendimento de condições adversas; manter a navegabilidade do rio. Esta outorga não poderá concedida por prazo que exceda 35 anos, mas é passível renovação. A outorga não implica na alienação das águas, mas o direito de uso.

A cobrança pelos usos outorgados da água foi prevista na Lei 9.433, art 20. Os recursos resultantes da cobrança devem ser aplicados prioritariamente nas bacias hidrográficas em que foram gerados.

2.3.1.3 Legislação estadual de recursos hídricos

A lei estadual de 2002 (tabela 3.2) destaca os princípios da lei nacional de recursos hídricos, destacando-se nos seus objetivos e diretrizes o controle da inundação e da drenagem urbana.

No artigo 5 indica a necessidade de articulação do Estado, Federação para a gestão sobre:

.....

*II - o controle de cheias, a prevenção de inundações, a **drenagem** e a correta utilização das várzeas;*

III - a proteção da flora e fauna aquáticas e do meio ambiente.

A legislação estabelece que esteja sujeito a outorga (art. 11):

...

III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

...

V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Portanto, estariam sujeitos as outorgas os efluentes das cidades. Este artigo de lei ainda não está regulamentado pelo Estado.

Os outros dispositivos seguem princípios da lei Federal de criação de conselho, comitês de bacia, agência e fundo econômico.

2.3.1.4 Tendências

Na Tabela 3.6 é apresentado um resumo das diferentes fases do desenvolvimento dos recursos hídricos que de alguma forma é reprodução de cenários em que se encontram diferentes países a nível mundial.

O Brasil até a década de 80 era um país em que a gestão dos recursos hídricos era realizada de forma setorial sem nenhuma integração. Os setores atuantes eram de: energia (o setor mais bem organizado com planejamento setorial); irrigação, pois neste período o país chegou a possuir um ministério da Irrigação, priorizando o seu uso, principalmente no Nordeste; meio Ambiente, com a implementação da legislação ambiental e a criação das agências ambientais estaduais; o abastecimento de água e saneamento representado pelas companhias de água e saneamento; e na navegação dentro do Ministério dos Transportes um setor mais marginal. Aspectos como inundação e saúde por doenças veiculadas pela água estavam dispersos dentro da estrutura do Estado sem grande significância.

Dentro do contexto institucional existia apenas o Código de Águas aprovado em 1934 e a aprovação de projetos passava pelos órgãos setoriais. A base de dados hidrológica estava no Ministério de Minas Energia e os projetos eram desenvolvidos com um único objetivo e sem visão de bacia por entidades setoriais e com limitada observância ambiental. O único planejamento era realizado pelo setor hidrelétrico que adotava as etapas de: Potencial hidrelétrico e Inventário (bacia toda); Viabilidade, Projeto Básico e Executivo para cada empreendimento.

Tabela 3.6 – Desenvolvimento Institucional dos Recursos Hídricos.

Fase	Período	Características
I - <i>Setorial</i>	Até 1997	Desenvolvimento setorial dos recursos hídricos, sem um marco legal integrador
II - Instituição do Marco legal integrador nacional	1997 a 2000	Lei Nacional de Recursos Hídricos em 1997, Instituição do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e da Agência Nacional de Recursos Hídricos.
III - Descentralização e regulamentação setorial	2000 - ?	Desenvolvimento institucional dos Estados, Criação do comitê de bacias, federais e estaduais, e regulamentação de setores relacionados com recursos hídricos: Energia Saneamento; início pela cobrança pelo uso da água
IV	?	Sustentabilidade econômica e desenvolvimento de medidas sustentáveis em recursos hídricos

No setor de água e saneamento as companhias estaduais ampliaram de forma significativa o abastecimento de água, mas desprezaram a cobertura de coleta e tratamento do esgotamento sanitário, sendo que drenagens urbanas e resíduos sólidos não estavam na agenda, apesar das frequentes inundações urbanas.

Neste período da segunda metade da década de 80, principalmente após as restrições impostas ao financiamento de hidrelétricas por parte das entidades de fomento internacionais e o início de financiamento do controle ambiental das cidades e dos biomas, aumentou a discussão sobre a necessidade de uma gestão integrada dos recursos hídricos no país. Este processo foi discutido principalmente dentro no âmbito da ABRH Associação Brasileira de Recursos Hídricos de forma técnica e sem componentes políticos partidários que pudessem gerar impedimentos a sua evolução e consolidação. A ABRH criou vários Fóruns para discussão em vários eventos, inclusive aprovando os elementos de consenso nas suas cartas de Salvador em 1987, (Usos Múltiplos, descentralização, Sistema Nacional de

Gestão de recursos Hídricos, aperfeiçoamento de legislação, desenvolvimento tecnológico e recursos humanos, sistemas de informações e política nacional de recursos hídricos) e Foz de Iguaçu, em 1989, (Política Nacional de Recursos Hídricos, Sistema Nacional de Gerenciamento, Legislação, Tecnologia e Recursos Humanos e sistemas de Informações, ABRH, 1995). Todos os princípios aprovados em Dublin, no qual se baseia a Agenda 21 de recursos hídricos, estavam presentes nestes documentos.

Em 1990 o setor conseguiu aprovar a legislação de compensação pela inundação das áreas de barragens, que passou ser à base de financiamento setorial, apesar de atender prioritariamente a mais interesses de Estados e Municípios. A lei de Compensação financeira pelo alagamento de terras produtivas retira 6% do valor da energia na Usina para compensar o Estado e Município, mas uma parcela do recurso é destinada a coleta de dados hidrológicos, ciência e tecnologia e estudos hidrológicos. No entanto, o destino dos recursos ia para o setor de energia, que garante a base de dados hidrológicos de forma permanente. Esta é primeira grande lição de sucesso desenvolvida, pois independentemente do orçamento, foram garantidos em lei os recursos para a coleta de dados e estudo básico.

Neste período existiam algumas forças preponderantes na negociação da legislação: o setor de energia que pela sua organização e recursos sempre dominou o desenvolvimento dos recursos hídricos, o meio ambiente que contrapunha os potenciais impactos e desejava participar da gestão do processo, a irrigação por circunstâncias da época e pelo grande consumo de água. O setor de água e saneamento se manteve distante deste processo principalmente devido a sua ação mais estadual enquanto que a discussão era muito mais a nível federal.

Com a reforma do Estado na década de 90, foi criada a Secretaria de Recursos Hídricos em 1995. Com um trabalho político junto ao congresso foi possível preparar uma minuta de lei que contivesse os principais elementos técnicos discutidos, restando alguns artigos para discussão. Em 1997, finalmente é aprovada a lei de recursos hídricos após forte negociação dos setores envolvidos. Com a legislação aprovada era necessário passar a etapa seguinte de implementação das suas ações. Dentro do governo, neste momento estava sendo realizada uma segunda reforma com a criação de Agências que permitissem o controle do desenvolvimento setorial, ficando para os Ministérios a definição das políticas. A Agência das Águas – ANA foi criada neste momento político-institucional de governança (em 2000). Com a criação da Agência também foi alterada a lei de compensação para dar financiamento ao setor, ficando a ANA com 11,1% dos recursos que passaram a ser de 6,75% do valor da energia gerada. A pesquisa (Ciência e Tecnologia) em recursos hídricos ficou com 3,67 % dos fundos da compensação. São valores expressivos para uma realidade que antes desta legislação vinha sendo sustentado por pequeno orçamento. A Agência recém criada também recebeu recursos orçamentários.

Pode-se dizer que foi concluída a construção das duas primeiras fases institucional dos Recursos Hídricos do Brasil, onde foram estabelecidos elementos legais a nível federal da gestão e criadas as instituições para a governança. A nível estadual praticamente todos os Estados criaram sua legislação com base na legislação estadual e alguns estabeleceram agências para seu desenvolvimento, mas ainda em número reduzido. Neste período foram também estabelecidos os comitês e as agências de bacias com diferentes experiências. A maioria delas somente com estrutura do comitê, sem a agência, o que limitou as ações. No setor de

Ciência e Tecnologia houve um aumento considerável no investimento de pesquisa no setor com foco nos problemas e com permanência de recursos.

2.3.2 Ambiental

As principais leis ambientais são destacadas na Tabela 3.7. No âmbito de meio ambiente, a licença ambiental tem sido definida pelo Estado quando a área de influência é estadual e de outro lado, quando o impacto envolve mais de um Estado a licença tem sido dada pelo IBAMA.

Tabela 3.7 – Alguns dos Instrumentos legais de Meio Ambiente.

Instrumento legal	Características
Decreto n. 88351 – 1983; Decreto n. 91305 de 1985	Política Nacional de Meio Ambiente – regularização do CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONAMA n. 1 1986 E e n.11 de 1985	Definições sobre o EIA-RIMA.
CONAMA n. 6 de 1987	Definição sobre as licenças ambientais
CONAMA n. 20 1986 e recentemente alterado CONAMA n. 356 de 2005	Define o enquadramento dos corpos de água; definindo metas ambientais para os rios.

A complexidade é que o processo de implementação dos usos da água passa por vários órgãos federais com diferentes entradas. No processo de outorga a avaliação dos usuários e a quantidade de água outorgada passa pela definição das condições de escoamento para conservação ambiental. Não existem critérios bem definidos ou unificados sobre o assunto. Na tabela 3.5 abaixo são apresentados os critérios adotados em alguns estados Brasileiros

Para um trecho de rio onde o impacto fundamental é a carga efluente de esgotos domésticos e industriais a avaliação das suas condições sanitárias e a vazão remanescente associada deve priorizar as condições sanitárias e estabelecidas segundo uma vazão mínima. Na Tabela 3.8 observa-se que o critério de definição de uma vazão remanescente está relacionado a um valor máximo outorgado. Isto indica que, por exemplo, ao definir a Q₉₀ como vazão de referência, a vazão remanescente será 20% deste valor para garantir uma quantidade mínima de vazão no rio que permita a vida aquática e o atendimento da qualidade da água. No entanto, esta metodologia não garante que o rio manterá a sua biota, se por exemplo, toda a vazão for desviada, mantendo-se este valor mínimo durante todo o tempo.

Tabela 3.8 – Legislações adotadas nos Estados Brasileiros (Pereira, 2000).

Estado	Decreto	Critério de vazão de referência	Vazão mínima Garantida
Bahia	6.296/1997	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a 80% da vazão de referência do manancial; 95% nos casos de abastecimento urbano.	20% da vazão de referência.
Ceará	23.067/1994	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório dos volumes a serem outorgados não poderá exceder a 90% da vazão de referência.	10% da vazão de referência.
Distrito Federal	22.359/2001	A vazão de referência no processo de outorga pode ser a Q7, 10 ou Q, 90. O somatório das vazões a serem outorgadas não poderá exceder 80% das vazões de referência, e 80% das vazões regularizadas. No caso de abastecimento humano, o limite máximo poderá chegar a 90% da Q7,10.	20% da vazão de referência.
Rio Grande do Norte	13.283/1997	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório dos volumes a serem outorgados não poderá exceder a 90% da vazão de referência.	10% da vazão de referência.
Rio Grande do Sul	37.033/1996	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a 80% da vazão de referência do manancial.	20% da vazão de referência.
Minas Gerais	Portaria nº 010 de 1996	O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a uma percentagem fixa de 30% da Q7,10	70% da vazão de referência

Para um trecho de rio onde o impacto fundamental é um aproveitamento hidrelétrico deve-se procurar garantir através da vazão remanescente a variabilidade natural das vazões para que não produzam impactos sobre a biota do sistema aquático ao longo do tempo. Onde vários usos e seus impactos estiverem presentes num rio, deve-se procurar garantir os diferentes cenários ambientais e de disponibilidade hídrica para definição das vazões remanescentes no rio.

O critério de enquadramento dos rios em classes tem sido disciplinado pelo CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente (Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005). O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes, visa principalmente assegurar às águas, qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas.

2.3.3 Uso de solo e política urbana

Na Constituição Federal é definido que o uso do solo é de competência municipal. Porém os Estados e a União podem estabelecer normas para o seu disciplinamento, visando o meio ambiente, controle da poluição, saúde pública e da segurança. Desta forma, observa-se que no caso da drenagem urbana que envolve o meio ambiente e o controle da poluição a matéria é de competência concorrente entre Município, Estado e União. A tendência é dos municípios introduzirem diretrizes de macrozoneamento urbano nos Planos Diretores urbanos, incentivados pelos Estados.

Observa-se que no zoneamento relativo ao uso do solo não têm sido contemplados pelos municípios os aspectos de drenagem e inundações. O que tem sido observado são legislações fortemente restritivas quanto à proteção de mananciais e ocupação de áreas ambientais, sem que o município adquira a propriedade e ainda cobre impostos da mesma. A legislação muito restritiva somente produz reações negativas e desobediência. Portanto, não atingem os objetivos de controle da drenagem urbana. Isto ocorre na forma de invasão das áreas, loteamentos clandestinos, entre outros.

Ao introduzir restrições do uso do solo é necessário que a legislação dê alternativa econômica ao proprietário da terra, ou o governo deve comprar a propriedade. Numa sociedade democrática o impedimento do uso do espaço privado para o bem público deve ser pago pelo público beneficiado, caso contrário torna-se um confisco. Atualmente as legislações do uso do solo se apropriam da propriedade privada e ainda exigem o pagamento de impostos pelo proprietário que não possui alternativa econômica. A consequência imediata na maioria das situações é a desobediência legal.

Este licenciamento estabelece os limites para a construção e operação de canais de drenagem, regulado pela Lei 6938/81 e Resolução Conama 237/97. Da mesma forma, a resolução CONAMA 01/86 estabelece a necessidade de licença ambiental para obras hidráulicas para drenagem.

2.3.3.1 Parcelamento do solo

No tocante ao parcelamento do solo, vale lembrar que as leis municipais devem respeitar os parâmetros gerais da legislação federal, tal quais aqueles consignados na Lei federal 6766/79 e suas alterações constantes na Lei Federal 9785/99:

- Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, e expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal (Art. 3);
- Não será permitido o parcelamento do solo (parágrafo único do Art. 3):
- Em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
- Em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
- Em terrenos com declividade igual ou superior a 30% salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
- Em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.
- As áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação, prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem (inciso I do Art. 4);
- Os lotes terão área mínima de 125 m² (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5 m (cinco metros), salvo quando a legislação estadual ou municipal determinar maiores exigências, ou quando o loteamento se destinar a urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovado pelos órgãos públicos competentes (inciso II do Art. 4);
- Ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias, ferrovias e dutos, será obrigatória a reserva de uma faixa "non edificandi" de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica (inciso III do Art. 4);
- As vias de loteamento deverão articular-se com as vias adjacentes oficiais existentes ou projetadas, e harmonizar-se com a topografia local (inciso IV do Art. 4);
- A legislação municipal definirá, para cada zona em que se divida o território do Município, os usos permitidos e os índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo, que incluirão obrigatoriamente, as áreas mínimas e máximas de lotes e os coeficientes máximos de aproveitamento (parágrafo 1 do Art.4).
- A mesma Lei 6766 estabelece ainda:
- No seu Art. 13, que aos Estados caberá disciplinar a aprovação pelos Municípios de loteamentos e desmembramentos (conforme já comentado no item 3.1 Considerações);
- Em seu Art. 15, que os Estados estabelecerão, por decreto, as normas a que deverão submeter-se os projetos de loteamento e desmembramento nas áreas previstas no Art. 13, e que na regulamentação de tais normas o Estado procurará atender às exigências urbanísticas do planejamento municipal;
- No parágrafo 5 do Art. 40, que a regularização de um parcelamento pela Prefeitura Municipal não poderá contrariar o disposto nos Arts. 3 e 4 desta Lei, ressalvado o disposto no parágrafo primeiro do Art.4.

A lei n. 10257 de 10/7/2001 regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece as diretrizes gerais da política urbana. Este documento legal é denominado de Estatuto da Cidade.

No art 2º o Estatuto, nas suas diretrizes define a cidade sustentável, englobando os conceitos sociais de saneamento ambiental e das demais infra-estruturas urbanas que permitem desenvolver uma cidade sustentável.

Também no mesmo artigo define a ordenação e controle do uso do solo para evitar a poluição e a degradação ambiental.

No art 4º como um dos instrumentos os Planos, Programas e projetos setoriais.

2.3.3.2 Código florestal

A Lei Federal 4771/65 que institui o Código Florestal, atualizada pela Lei Federal 6938/81 (sobre a Política Nacional do Meio Ambiente) e pelo Decreto Federal 89.336/84 (sobre Reservas Ecológicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico), considera de preservação permanente "as florestas e demais formas de vegetação natural situada ao longo dos rios ou de qualquer curso de água desde que o seu nível mais alto em faixa marginal".

O Art. 2 da Lei 4771/65 considera de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- Ao longo dos rios ou de qualquer curso de água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:
 - De 30 (trinta) metros para os cursos de água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - De 50 (cinquenta) metros para os cursos de água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - De 100 (cem) metros para os cursos de água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 - De 200 (duzentos) metros para os cursos de água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 - De 500 (quinhentos) metros para os cursos de água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.
- Ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais;
- Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- No topo de morros, montes, montanhas e serras;
- Nas encostas ou parte destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- Nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- Nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- Em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

O parágrafo único deste Art., estabelece que "no caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo".

A Resolução CONAMA 004/85 em seu Art. 3, complementa as especificações anteriormente descritas, e estabelece que são reservas ecológicas as florestas e demais formas de vegetação natural situadas "ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais, desde o seu nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal cuja largura mínima será:

- De 30 (trinta) metros para os que estejam situados em áreas urbanas;
- De 100 (cem) metros para os que estejam em áreas rurais, exceto os corpos de água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

- De 100 (cem) metros para as represas hidrelétricas."

2.3.4 Saneamento ambiental

A Política Nacional de Saneamento foi instituída pela lei n. 11445 de 5 de janeiro de 2007.

O art 3º da lei define na lei que saneamento básico que

“ I saneamento básico: conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:

- a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até i seu lançamento final no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- d) drenagem urbana e manejo das águas pluviais: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operação de drenagem urbana das águas pluviais de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheia, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas. “

O artigo 4º destaca que os recursos hídricos não fazem parte do saneamento básico, mas este está sujeito a outorga de acordo com a lei n. 9433 de janeiro de 1997 para outorga dos recursos hídricos.

No capítulo IV é definido o planejamento, prevendo que os serviços devem ter um planejamento, podendo ser específico para cada serviço (art 19º), abrangendo no mínimo:

“ I – diagnóstico e situação de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores de saúde epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;

II – objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e programas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais.

III – programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com os planos governamentais, identificando possíveis fontes de financiamento.

IV – ações para emergências e contingências;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

V – mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência das ações programadas. “

Ainda dentro do mesmo artigo de lei, destacam-se

“ *parágrafo 1º* - Os planos de saneamento serão editados pelos titulares, podendo ser elaborados com base em estudo de prestadores de serviço.

Parágrafo 2º - A consolidação e compatibilização dos planos específicos de cada serviço serão efetuados pelos respectivos titulares.

Parágrafo 3º Os planos de Saneamento básico deverão compatíveis com os planos das bacias hidrográficas em que estiverem inseridos.

Parágrafo 4º Os planos de saneamento básico serão revistos periodicamente, em prazo não superior a 4 anos, anteriormente à elaboração do Plano Plurianual

Parágrafo 5º será assegurada ampla divulgação das propostas dos planos de saneamento básico e dos estudos que fundamentem, inclusive com a realização de audiências ou consultas públicas. “

O artigo 29º estabelece a cobrança pelos serviços e no caso de drenagem urbana caracteriza o uso de taxa ou tributos associados, visando a sustentabilidade dos serviços ao longo do tempo.

O artigo 36º é explícito em definir que a cobrança de serviço público de drenagem urbana “deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento de retenção de água de chuva..”

No artigo 48º X a diretriz é de “adoção da bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento de suas ações”.

2.3.5 Legislações municipais

A lei orgânica do município de Campo Grande é de 1990, com atualizações até dezembro de 2006. Esta lei é básica, pois estabelecem os princípios e instituições do município, organização e atribuições. Ou seja, estabelece as bases da organização municipal.

A lei complementar n. 74 de 6 de setembro de 2005 dispõe sobre o ordenamento do uso e da ocupação do solo no município. São estabelecidos e detalhados os critérios por bairro da cidade.

No art 37º foi previsto

“**IV** - a área permeável, indispensável ao atendimento da taxa de permeabilidade, será discriminada no projeto arquitetônico:

- a) nos empreendimentos unirresidenciais com área construída igual ou superior a 150m² (cento e cinquenta metros quadrados) deverão ser executadas caixas de captação de águas pluviais com volume mínimo de 1.000l (mil litros) de água, as quais podem ser usadas para complementar o atendimento da taxa de permeabilidade prevista nesta Lei Complementar;

(Redação dada pela Lei Complementar n. 96, de 14 de dezembro de 2006)

- b)** será admitida como alternativa para o atendimento deste inciso, a execução de caixa de captação de águas pluviais com volume mínimo de 30l (trinta litros) de água por metro quadrado de terreno que não atenda a taxa de permeabilidade prevista nesta Lei Complementar; (Redação dada pela Lei Complementar n. 96, de 14 de dezembro de 2006)
- c)** os empreendimentos unirresidenciais existentes e regularizados até novembro de 2005 e submetidos à aprovação ou regularização de acréscimo serão dispensados da execução de caixa de captação, desde que atendam a taxa de permeabilidade prevista para a respectiva zona ou corredor viário. (Incluído pela Lei Complementar n. 96, de 14 de dezembro de 2006) “

No art 43º foram especificados os requisitos mínimos do parcelamento, onde se destacam:

“II - reserva de uma faixa *non aedificandi*, de no mínimo 30m (trinta metros), ao longo das margens das águas correntes e dormentes;

III - a reserva de faixa *non aedificandi*, destinada a equipamentos urbanos e infraestrutura, assim como, faixas de servidão em parcelamentos com declividade superior a 10% (dez por cento), para o escoamento das águas pluviais, a critério da administração municipal;

IV - não se localizar em lote ou gleba:

- a)** alagadiço ou sujeito a inundações, antes e tomadas as providências para assegurar-lhe o escoamento das águas, evitando prejuízo ao meio ambiente e a terceiros;
- b)** aterrado com materiais nocivos à saúde, sem que seja previamente saneado;
- c)** com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas as exigências específicas desta Lei;
- d)** em condições geológicas e hidrológicas inadequadas ou com risco para as edificações;
- e)** de preservação ecológica ou naqueles onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção, e que resulte em preservação permanente”.

O Plano Diretor Urbano é definido pela lei complementar n. 94 e 6/10/2006. O Plano consolida as diretrizes no art 2º de acordo com os dispositivos legais federais, destacando-se o uso racional dos recursos hídricos, a preservação e conservação ambiental e a recuperação de custos dos serviços. O art 3º destaca os objetivos, onde é mencionado, entre outros a compatibilização do uso do solo com os condicionantes ambientais.

O capítulo III trata do meio ambiente e define os instrumentos da política de meio ambiente da cidade que são: Código Ambiental, zoneamento ambiental, legislação específica para disciplinar as atividades desenvolvidas do meio ambiente urbano, Plano Direto de Águas Superficiais e Subterrâneas e Agenda 21. Também institui o Sistema Municipal de Meio Ambiente.

O art 35º trata do zoneamento e, em específico da Zona Especiais de interesse Ambiental ZEIA que está prevista para garantir a permeabilidade e qualidade am-

biental e são reservas nas macrozonas do zoneamento da cidade. Nesta zona estão previstos lotes de no mínimo 5.000 m² e permeabilidade de 60%.

No art 49º I está prevista a revisão da lei complementar de acordo com a Carta de Drenagem do município.

A Carta de drenagem de Campo Grande foi publicada em 1997. O documento destaca 10 sub-bacias urbanas na cidade e a área impermeável da época. O documento desenvolveu um diagnóstico para subsidiar as ações dentro da cidade quanto à drenagem. Os produtos do estudo procuraram:

- identificar as áreas de riscos;
- tendências da expansão urbana;
- critérios de prevenção do uso do solo quanto as inundações;
- critérios de proteção dos recursos naturais;
- incentivos fiscais para manutenção de áreas permeáveis;
- otimizar recursos
- hierarquizar problemas.

O documento apresenta uma visão mais descritiva dos problemas e propostas e não no controle dos impactos na fonte por meio de legislação, mas aborda potenciais soluções estruturais com base em retenções e apresenta algumas diretrizes gerais.

A lei complementar n. 107 de 21 de dezembro de 2007 altera os dispositivos das leis n.74, n.76 e n.96 sobre uso do solo.

Quanto às leis ambientais, a Tabela 3.9 apresenta algumas destas leis e suas características.

Tabela 3.9 – Legislações.

Lei	Descrição
Lei. 2909 de 18/7/92	Código de polícia administrativa
Lei n. 3176 de 11/07/1995	Criação do Conselho Municipal de Meio Ambiente
Decreto n. 7315 de 14/10/96	Regimento interno do Conselho Municipal de Meio Ambiente
Decreto n. 8691 de 29/5/2003	Regulamenta a lei n. 3176 da criação do Conselho Municipal de Meio Ambiente
Lei n. 2648 de 12/10/1989	Sistema municipal de licenciamento ambiental – Fundo Municipal de Meio Ambiente
Lei complementar n.22 14 de dezembro de 1998	Institui a taxa de limpeza ambiental
Decreto n. 7884 de 30/7/99	Regulamenta o Fundo Municipal de Meio Ambiente

2.4 Gestão Municipal

2.4.1 Administração municipal

A prefeitura de Municipal de Campo Grande possui as seguintes secretarias que atuam na área de gestão das águas pluviais:

Secretaria de Obras Públicas (SESOP):

Esta secretaria planeja e executa as obras de drenagem pluviais e gerencia a coleta e limpeza de resíduos sólidos. Na Figura 3.6 é apresentado o organograma de funcionamento da SESOP. A Secretaria possui quatro divisões: Administração e Finanças, Serviços, Estudos e projetos e captação de recursos, Coordenadora de Obras. Dentro destas estas divisões, mas não existe nenhuma divisão de Drenagem urbana, apenas de Limpeza Pública. As divisões de estudos e obras englobam as diversas atividades inclusive de drenagem Urbana.

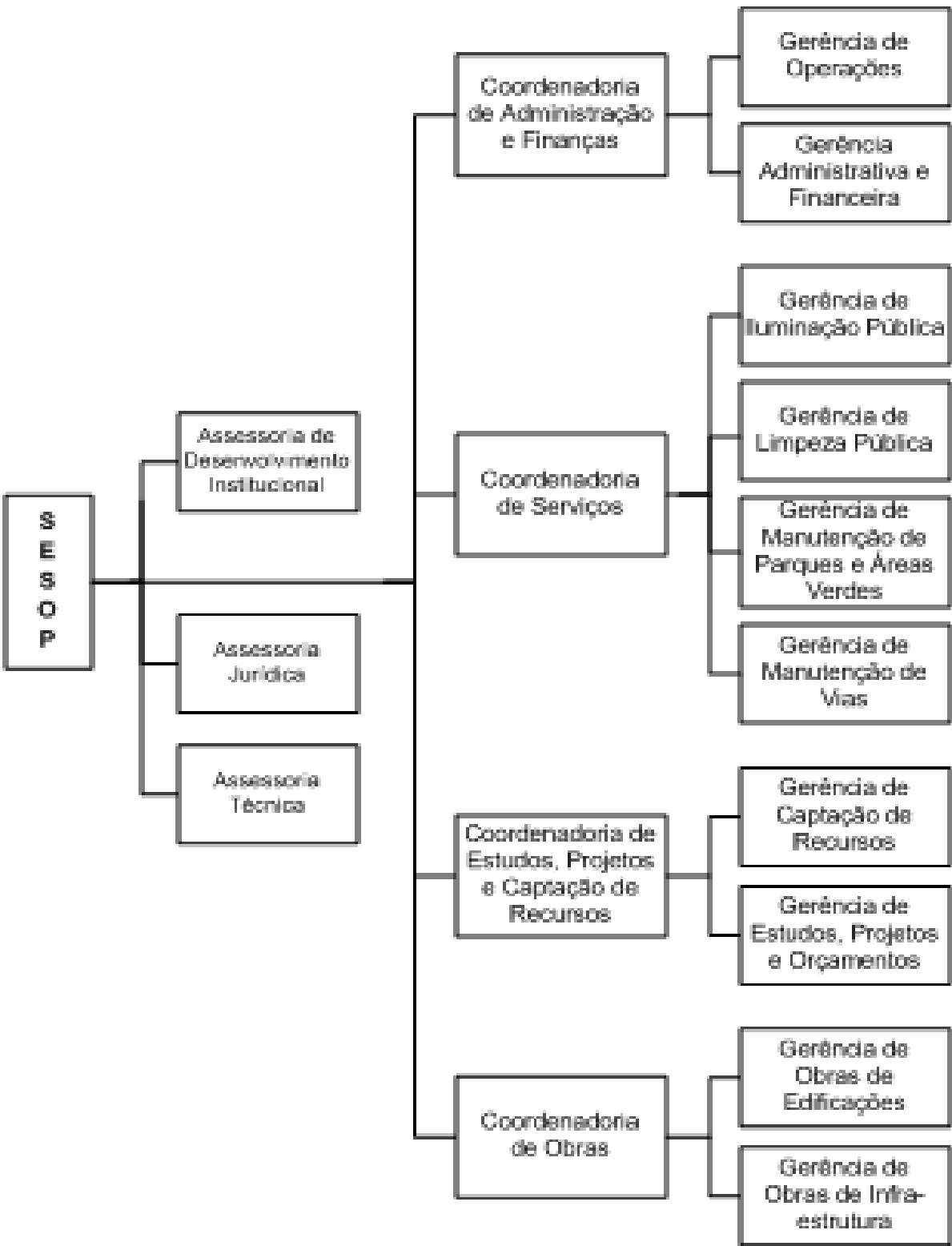


Figura 3.6 – Organograma de funcionamento da SESOP.

Secretaria de Meio Ambiente (SEMADES):

Analisa e aprova os projetos de meio ambiente submetidos ao município dentro dos seus limites de licenciamento ambiental. Na Figura 3.7 é apresentado o organograma de funcionamento da SEMADES. A Secretaria possui três departamentos principais: Políticas Ambientais, Controle de da Qualidade Ambiental e Par-

ques e Áreas Verdes. A divisão de Licenciamento e Fiscalização está subordinada ao Departamento de Controle da Qualidade Ambiental.

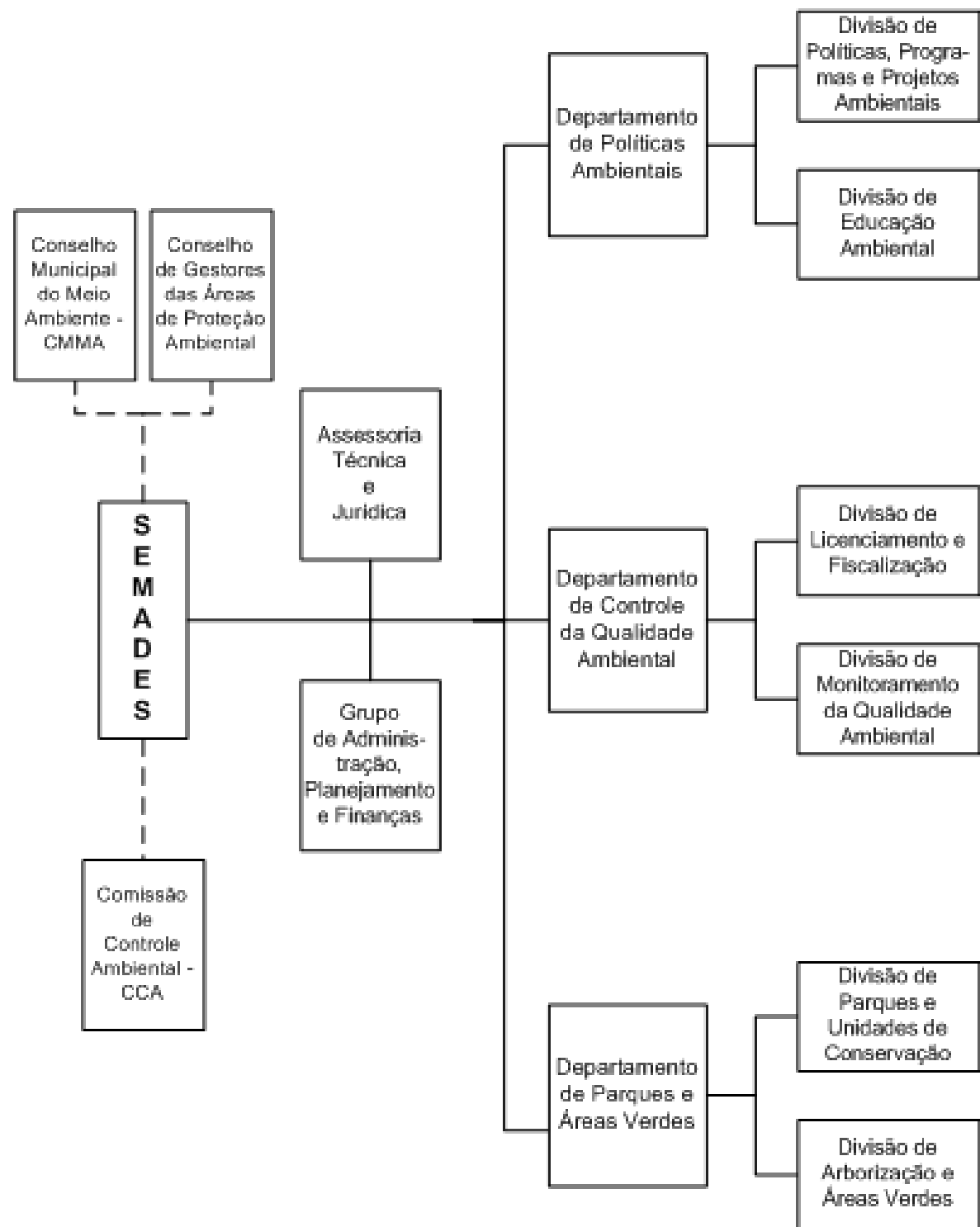


Figura 3.7 – Organograma da SEMADES.

Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados de Campo Grande - AGREG:

Regula os serviços públicos em Campo Grande. Na Figura 3.8 é apresentado o organograma de funcionamento da AGREG. A agência possui um presidente e um conselho e três gerências: Administração e Finanças, Gerências Técnicas Setoriais e Gerência de Estudos Econômicos e Financeiros.

A Agência de regulação é uma entidade de natureza autárquica com personalidade jurídica própria, autonomias administrativas e financeiras, vinculadas ao chefe do Executivo Municipal. Tem a finalidade de regular e fiscalizar os contratos de concessões, objetivando o seu rigoroso cumprimento, de forma que as concessionárias prestem os serviços com melhor qualidade. A agência foi definida com base na lei municipal nº 4.423/06 de 08 de dezembro de 2006 e regulamentada pelo decreto municipal nº 9.803 de 22 de dezembro de 2006.

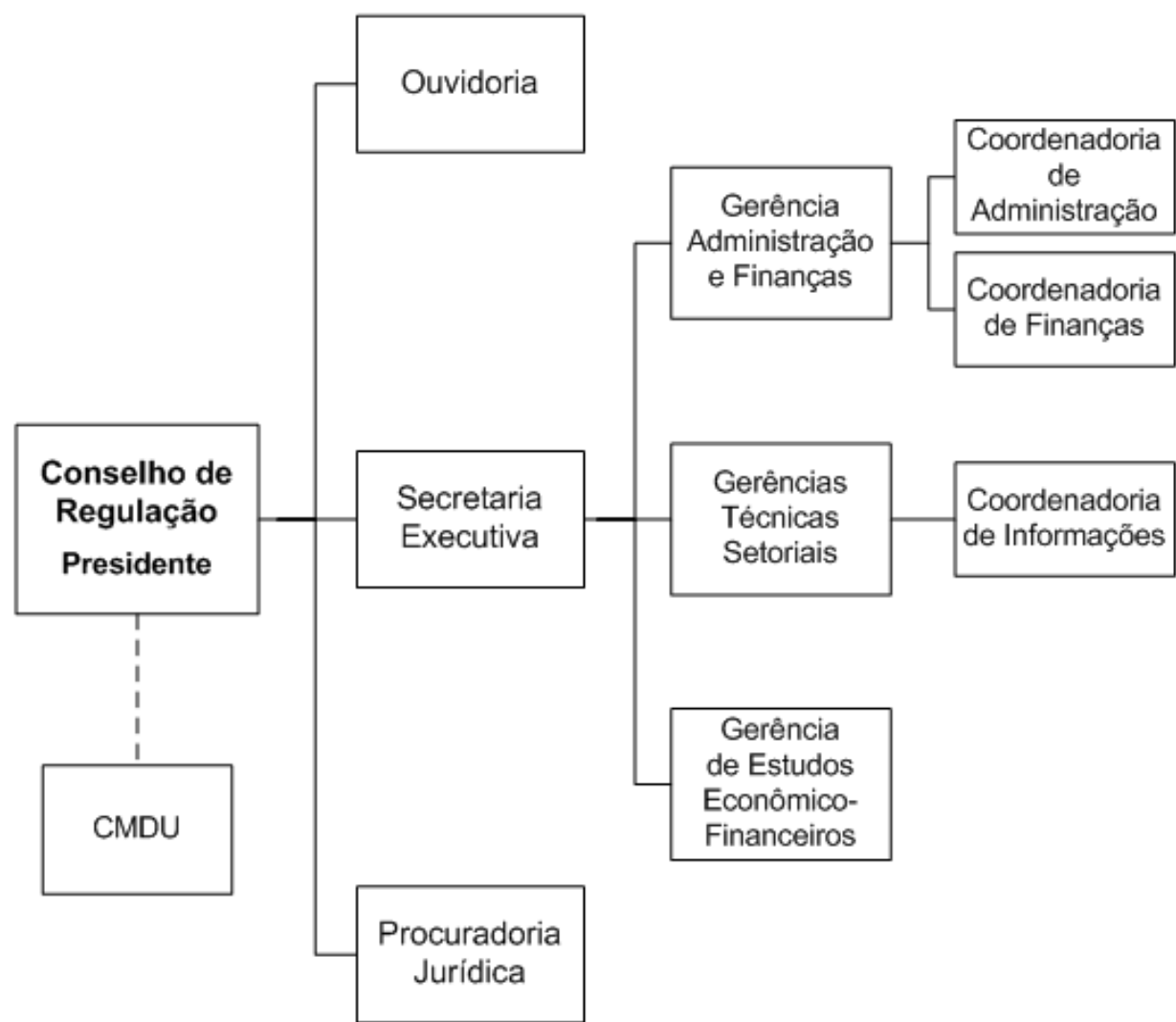


Figura 3.8 – Organograma da AGREG.

A atuação de autonomia é definida com os seguintes objetivos:

- “ I - a universalidade e a isonomia no acesso e na fruição dos serviços delegados;
- II - qualidade, regularidade e continuidade compatíveis com a sua natureza e com a exigência dos usuários;
- III - a razoabilidade e a modicidade tarifária;
- IV - a expansão das redes e sistemas e sua eficácia;
- V - a competição, a diversificação e a ampliação da oferta;
- VI - o justo retorno dos investimentos públicos e privados;
- VII - o incremento da produtividade;
- VIII - o equilíbrio econômico e financeiro dos contratos; e,
- IX - a estabilidade nas relações entre a poder concedente, entes regulados e usuários.”

Tem também como finalidade acessória, gestão com os demais entes da administração direta e indireta, dispensado de qualquer remuneração, para as seguintes competências:

- “ I - assessorar o Prefeito Municipal em assuntos técnicos e estratégicos pertinentes à Administração Municipal;
- II - resgatar e atualizar os registros de todos os investimentos públicos que tenham como meio processos de engenharia informando a data, nome

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- do demandante, endereço, bairro, região urbana e coordenada geográfica;
- III - participar da elaboração dos estudos iniciais e discutir os ante-projetos, solicitar a elaboração de orçamentos de obras de engenharia ao setor competente da PMCG;
 - IV - colaborar na confecção dos termos de referência para contratação de estudos e projetos finais de engenharia;
 - V - supervisionar e integrar as informações relativas às ações que envolvam investimentos diretos ou indiretos no município especialmente os realizados pela SESOP, AGETTRAN, EMHA, ADCG, Concessionárias Privadas de Serviços Públicos Delegados, harmonizando com as ações regulatórias da AGREG e normas ambientais visando a dinamização das ações;
 - VI - propor a construção de índices técnicos com a finalidade de avaliar o desempenho da obra quanto aos aspectos de canteiro de obra, manejo ambiental, materiais empregados, aspecto físico final e funcionalidade;
 - VII - elaborar metodologias para implementação de registros das obras de engenharia com identificação de todos os seus principais elementos e índices de desempenho alcançados com a finalidade de compor acervo técnico em meio digital;
 - VIII - normatizar e supervisionar projetos e obras voltadas ao saneamento ambiental visando a harmonia entre as diversas ações direcionadas a destinação dos resíduos sólidos e manejo sustentável de águas pluviais;
 - IX - coordenar, supervisionar, elaborar Termos de Referência para planos diretores de abastecimento de água, manejo de águas pluviais, resíduos sólidos de construção, resíduos sólidos domésticos, esgotamento sanitário, mobilidade e transportes urbanos;
 - X- coordenar, supervisionar, elaborar Termos de Referência para contratação de consultoria para estudos relativos à Parceria Público Privadas, Termos de Parceria e Convênios que tenham como meio ou fim a construção de obras de engenharia para Campo Grande;
 - XI - analisar solicitações feitas por organismos externos a Administração Municipal sobre qualquer intervenção provocada por obras ou serviços de engenharia que tenham impacto na infra-estrutura urbana do município e emitir parecer técnico indicando ações mitigadoras de impacto quando for o caso.”

A competência da Agência envolve:

1. elaborar e aprovar editais de licitação, os termos de permissão e autorização para a delegação dos serviços sob sua regulação, bem como analisar e propor novas delegações, mediante parecer do Conselho de Regulação.
2. Cumprir a legislação, os contratos de gestão, de concessão e os termos de permissão dos serviços públicos por ela regulados.
3. Determinar critérios para o cálculo, ajuste e revisão das tarifas dos serviços sob sua regulação, bem como estabelecerá as estruturas tarifárias dos serviços, ouvido o Conselho de Regulação.
4. Atuar no sentido de solucionar os conflitos de interesse, no limite de suas atribuições, relativos aos serviços objetos de sua finalidade.
5. Fiscalizar, por meio de indicadores de desempenho dos serviços e procedimentos amostrais, os aspectos técnico, econômico, contábil, financeiro,

- operacional e jurídico dos contratos de concessão e termos de permissão dos serviços públicos objetos de sua regulação.
6. Aplicar diretamente, se for o caso, as sanções decorrentes da inobservância da legislação vigente ou do descumprimento dos contratos de concessão ou permissão ou de atos de autorização.
 7. Manter cadastro com os registros das entidades de representação de usuários, concessionários e permissionários dos serviços públicos delegados sob sua regulação.
 8. Poderá firmar contratos de gestão com outros organismos da Administração.
 9. Poderá contratar com entidades públicas ou privadas serviços técnicos, vistorias, estudos e auditorias necessários ao exercício das atividades de sua competência, respeitados a legislação pertinente.

Instituto Municipal do Planejamento Urbano do Meio Ambiente – PLANURB:

O Instituto Municipal de Planejamento Urbano - PLANURB foi criado em 1987 como uma unidade de planejamento urbano vinculada à Secretaria Municipal de Planejamento. O organograma do PLANURB é apresentado na Figura 3.9

O PLANURB tem como atribuições elaborar, acompanhar, avaliar e atualizar a política urbana de Campo Grande e de seu Plano Diretor, também é da competência do Instituto prestar assessoramento técnico às ações da Administração Municipal nas questões referentes ao planejamento físico-territorial do Município; a gestão colegiada do Sistema Municipal de Planejamento - SMP; a gestão do Sistema Municipal de Geoprocessamento, além da gestão democrática da cidade, nos termos da Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001.

Conta com três diretorias: Administração e Finanças, Assuntos estratégicos, Urbanismo. Nesta última se encontra se encontra a coordenadoria para diretrizes para o Ordenamento urbano. Diretoria de Assuntos Estratégicos encontra-se a Coordenadoria de Planejamento e Gestão integrada. Passa pelo PLANURB as definições sobre as alterações e verificações das diretrizes de ocupação urbanas.

2.4.2 Gestão das águas urbanas e meio ambiente

Neste item são apresentadas as entidades que atuam no âmbito de abastecimento de água, esgoto sanitário, resíduos sólidos e meio ambiente da cidade de Campo Grande.

2.4.2.1 Água e saneamento

Os sistemas de saneamento e de água são executados e administrados por empresas privados através de concessão, sendo estes serviços fiscalizados pela Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados de Campo Grande – AGREG.

A concessão de Água e Saneamento foi dada obtida pela empresa Águas de Guariroba, que preparou um Plano de Abastecimento de Água e outro Plano de Esgoto Sanitário que em fase de revisão.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

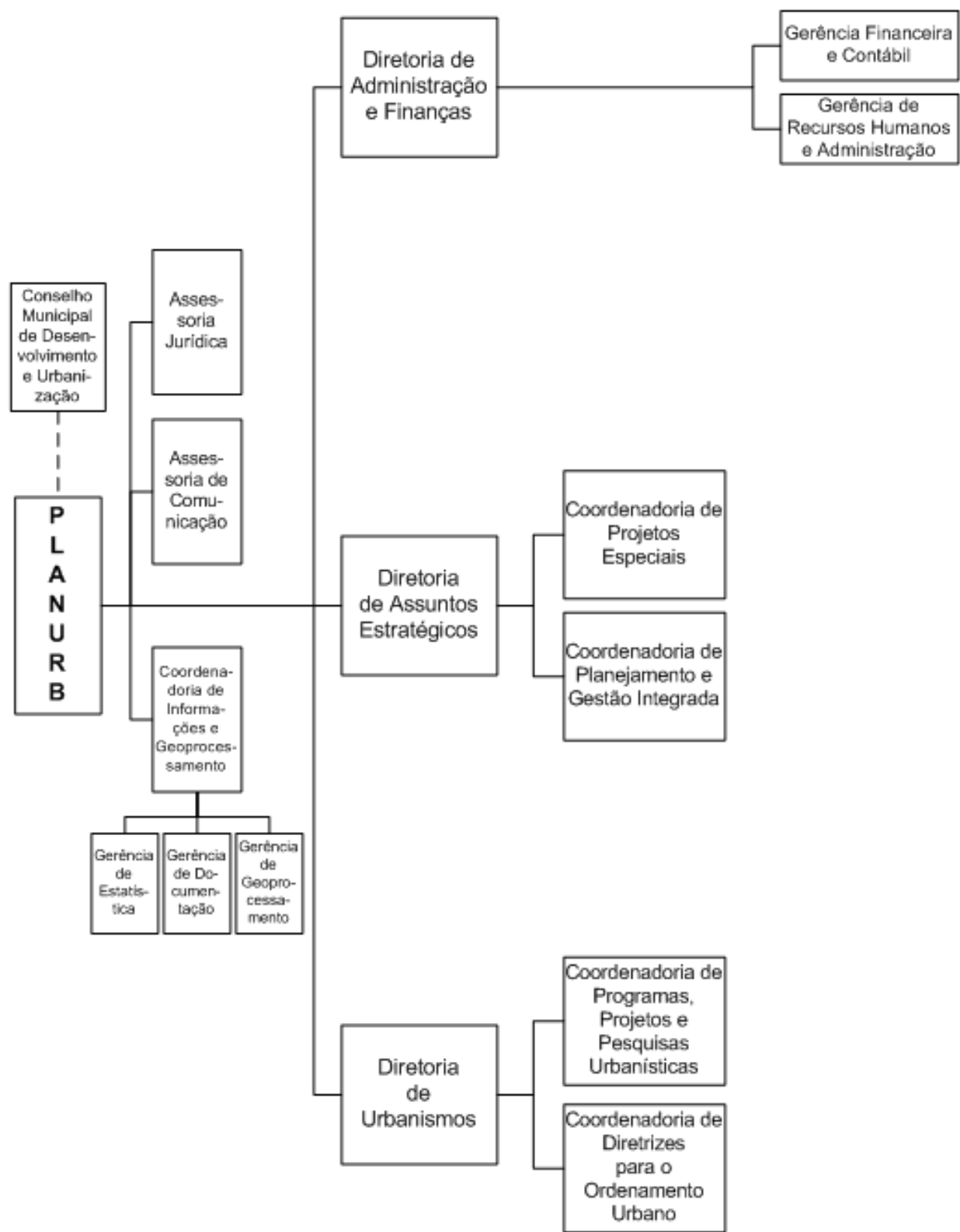


Figura 3.9 – Organograma do PLANURB.

2.4.2.2 Drenagem

Resíduos sólidos e drenagem são de responsabilidade da Secretaria Municipal de Serviços e Obras Públicas – SESOP, porém, estes serviços são executados por terceiros e sendo somente fiscalizados por esta Secretaria.

A elaboração dos projetos de drenagem, levantamento de campo, dimensionamento e execução são realizados por Prestadores de Serviços (terceirizado).

Nesta Secretaria estes projetos não são fiscalizados quanto ao dimensionamento, sendo somente a execução da obra.

Antes de ser aprovada para a execução, a SESOP encaminha o pré-projeto da drenagem para aprovação no Licenciamento Ambiental, a qual emite uma Licença Prévia. Quando da apresentação do projeto executivo, o Órgão Ambiental, após analisar o mesmo, emite a Licença de Instalação.

2.4.2.3 Licença ambiental

O município possui a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMADES. Em Campo Grande, as obras de drenagem necessitam de aprovação do órgão Ambiental municipal (Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMADES) através da Divisão de Licenciamento e Fiscalização – DILF/SEMADES.

Os pontos de análises destes projetos são:

- Local do ponto de lançamento da drenagem – córrego, lagos, sumidouros, entre outros. Anteriormente, existiam problemas sobre este assunto, pois a drenagem era lançada diretamente em terrenos comuns, ou em áreas particulares;
- Alteração no canal natural do corpo hídrica, devido à vazão drenada e lançada;
- Erosão e necessidade de dissipar energia; e
- Execução de obras em Área de Preservação Permanente – APP, além de outros fatores que possam intervir na alteração natural do meio.

Após a execução das obras, o órgão faz uma vistoria no local para aferir a adequação do mesmo, com o projeto executivo aprovado, sendo emitida a Licença de Operação.

Nos processos de licenciamento ambiental das demais atividades instaladas no município, observa-se, pelo órgão ambiental, a área total impermeabilizada. Para obras de impermeabilização acima de 500 m², é solicitada ao empreendedor a implantação de sistema de retenção para reuso das águas da precipitação ou sistemas de infiltração no solo.

2.5 Proposta das Medidas Não-Estruturais

2.5.1 Características das medidas não-estruturais

As medidas não – estruturais propostas neste Plano envolvem os seguintes componentes:

- Legislação municipal para controle dos impactos devido ao desenvolvimento sobre o sistema de rios urbanos;
- Gestão municipal para gerenciamento da drenagem urbana e controle dos impactos
- Capacitação para profissionais do município e da cidade que preparam projetos na cidade e população. Este componente é apresentado no Programa Municipal de Drenagem;
- Monitoramento de dados hidrológicos e da urbanização na cidade. Este componente é apresentado no Programa Municipal de Drenagem.

Nos dois itens seguintes são apresentados os elementos técnicos no qual se baseia a legislação de controle da drenagem urbana, seguido da justificativa para a legislação e a proposta de regulamentação da drenagem urbana para a cidade visando conter o impacto da impermeabilização do solo sobre os rios urbanos. No item que segue é apresentada a proposta da gestão municipal na drenagem urbana.

Os aspectos de capacitação e monitoramento são apresentados no Programa Municipal de Drenagem Urbana.

2.5.2 Elementos da legislação no plano de drenagem urbana

No controle dos impactos devido à drenagem urbana podem ser utilizados critérios mínimos de controle implementados por meio da legislação e caracterizado em manuais para um dimensionamento adequado. O primeiro tem força de lei e o segundo procura ajudar o projetista para obter um projeto sustentável.

A legislação tem como objetivo controlar de forma preventiva os impactos dos futuros desenvolvimentos na cidade. Os principais elementos de controle são sobre os seguintes:

1. Qualidade da água: aumento da carga de poluente devido a sólidos e lavagem das ruas;
2. Proteção dos leitos contra erosão: a erosão aumenta com a velocidade da água devido ao aumento das vazões provenientes das superfícies impermeáveis;
3. Inundação na Drenagem urbana: aumento das vazões devido à impermeabilização
4. Áreas ribeirinhas: e eventos extremos: inundação devido aos eventos extremos nas áreas ribeirinhas em combinação com a macro-drenagem das cidades.

No caso da cidade de Campo Grande inundações das áreas ribeirinhas não é um aspecto importante, já que a maioria das inundações é decorrência da drenagem urbana. Na regulamentação da cidade são apresentados elementos para os três primeiros itens acima.

Na Tabela 3.10 são apresentados estes elementos, os impactos relacionados com cada um, o objetivo do controle, a ação que deve ser realizada e os elementos de literatura geralmente encontrados.

Tabela 3.10 – Impactos e regulamentação sobre o escoamento pluvial.

Efeito	Impactos	Objetivo	Ação	Regulamentação ²
Qualidade da água	Aumento da carga Qualidade da água pela lavagem das superfícies urbanizadas	Reduzir a 80% carga da qualidade da água devido a eventos pluviais	Tratar o volume dos sólidos suspensos das superfícies urbanas ¹	O controle é realizado para o volume da chuva de 1 a 2 anos de 24 horas.
Erosão	Erosão do leito dos canais devido ao aumento da vazão e velocidade	Reduzir a energia do escoamento	Dissipar energia através de reservatórios ou dissipadores	O controle é realizado armazenando a chuva de 1 a 2 anos de 24 horas.
Drenagem urbana	Inundação na drenagem urbana devido ao aumento da vazão.	Manter a vazão de pico menor ou igual à de pré-desenvolvimento	Com infiltração ou amortecimento na área desenvolvida	Evento de cheia com tempo de retorno de 10 a 25 anos e 24 horas.
Áreas ribeirinhas e eventos extremos	Impactos devido a eventos extremos nas áreas ribeirinhas e segurança dos dispositivos hidráulicos	Mitigar os impactos extremos e dimensionamento de vertedores	Controles com detenções e/ou zoneamento.	Zoneamento de áreas de inundação para a cheia de 100 anos.

¹ - a redução de sólidos implica na redução das cargas de outros poluentes;
² - regulamentações encontradas em várias cidades.

Na realidade brasileira somente existem em poucas cidades a regulamentações que impede o aumento da vazão na drenagem urbana. Sobre os demais itens não existem regulamentações. Em Campo Grande não existe controle sobre nenhum destes itens e se faz necessário propor que os mesmos sejam incorporados a gestão da cidade. No item seguinte são apresentados os elementos técnicos que justificam as definições da regulamentação sobre a drenagem urbana na cidade de Campo Grande. Estes elementos fazem parte do Manual de Drenagem urbana que orienta os projetos da cidade e a ação dos técnicos municipal na análise, fiscalização e manutenção da rede de drenagem urbana.

No item 3.5.3 são apresentados os elementos de gestão para implementação destas normas dentro do município.

2.5.3 Definição dos elementos técnicos para a legislação de Campo Grande

2.5.3.1 Vazão de pré-desenvolvimento

A vazão de pré-desenvolvimento é definida pela vazão máxima que ocorreria na área nos riscos citados durante uma chuva de 24 horas. Usualmente seria utilizado um hidrograma resultante do hietograma com a distribuição temporal de 24 horas. Para pequenas áreas (< 200 ha) é possível utilizar o método Racional. A vazão por unidade de área ($\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$) fica

$$qn = 2,78.C.I \quad (5.1)$$

onde C é o coeficiente de escoamento e I a intensidade da precipitação em mm/h. A escolha do valor de I depende da duração de chuva escolhida, que varia com o tempo de concentração da área. No caso de utilizar-se 24 horas este valor seria muito baixo e irreal, pois não se procura a vazão máxima diária para o risco, mas a vazão máxima durante a parte intensa da chuva dentro do dia.

A definição da duração, sem que outros controles sejam estabelecidos, (qualidade da água e erosão) é importante, pois ao se escolher uma duração muito pequena, a vazão pré-existente pode ser alta para pequenas áreas, impactando a jusante. Caso fosse escolhida uma duração muito alta a restrição seria muito alta, fazendo com que os volumes de controle sejam muito altos com custos desnecessariamente altos. O uso de 1 hora procura identificar um tempo compatível com áreas de até 100 ha, onde o limite está no tempo de concentração da ordem da maior área. Este valor pode ser alterado e analisado para cada cidade.

Utilizando 1h de duração e coeficiente de escoamento obtido por

$$C = C_p + (C_i - C_p).A_i \quad (5.2)$$

onde C_p é o coeficiente de escoamento para áreas permeáveis e C_i é o coeficiente de escoamento para área impermeável, geralmente adotado em 0,95 e A_i a área impermeável.

Os valores de C_p podem ser estimados com base nos valores da Tabela 3.11. Este coeficiente também pode ser estimado com base nas tabelas do SCS de acordo com o descrito a seguir.

O valor de C_p representa o coeficiente de escoamento de uma superfície permeável pode ser estimada com base na equação do SCS (SCS, 1975):

$$C_p = \left[\frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \right] \cdot \frac{1}{P} \quad (5.3)$$

onde P é a precipitação total do evento em mm; S é o armazenamento, que está relacionado com o parâmetro que caracteriza a superfície (CN) por:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (5.4)$$

Tabela 3.11 – Valores de C_p.

Fonte	C _p
Gramma (solo arenoso) ASCE, 1969	0,05 a 0,20
Gramma (solo pesado) ASCE, 1969	0,13 a 0,35
Matas, parques e campos de esporte, Wilken, 1978	0,05 – 0,20
Equação Schueller (USA, 44 bacias)	0,05
Equação Urbonas et al (1990)(USA, 60 bacias)	0,04
Equação Tucci (Brasil, 11 bacias)	0,047
Usando Soil Conservation Service	0,025 a 0,31

O valor de CN depende do tipo de solo e características da superfície. A precipitação total do evento para o método racional é

$$P = I.t_c \tag{5.5}$$

onde I é a intensidade em mm/h e t_c o tempo de concentração em horas.

A estimativa da vazão de pré-desenvolvimento é obtida com base na definição do valor de C_p, duração da chuva e do risco associado.

Para a cidade de Campo Grande a precipitação de 1h e 10 anos é obtida da IDF desenvolvida para a cidade e apresentada na formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações.

A I-D-F é a seguinte:

$$I = \frac{1973,15.T^{0,178}}{(t + 22)^{0,8577}} \tag{5.6}$$

onde T é o tempo de retorno em anos, t é a duração em minutos e I é a intensidade em mm/h.

Neste caso, para 10 anos e duração de 1 h, resulta I = 67,9 mm/h e adotando um coeficiente de escoamento de 0,15 para áreas de pré-desenvolvimento a vazão específica de pré-desenvolvimento fica

$$qc = 2,78 \times 0,15 \times 67,8 = 28,3 l.s^{-1}.ha^{-1}$$

2.5.3.2 Volume para manter a vazão de pré-desenvolvimento

O volume de controle para pequenas áreas urbanas (< 2 km²) pode ser estimado com base na seguinte equação (Tucci, 2002):

$$V = (Q_u - Q_n).t.k \tag{5.7}$$

onde V é o volume em m³; Q_n é a vazão de pré-desenvolvimento em m³/s; Q_u é a vazão resultado do desenvolvimento urbano em m³/s ; t é duração em minutos e k = 60 para conversão de unidades.

A vazão devido ao desenvolvimento urbano é estimada pela equação 5.1. A vazão de pré-desenvolvimento foi estimada no item anterior através da sua vazão

específica. No entanto, transformando a equação 5.7 em volume específico, ou seja, volume por unidade de área (m^3/ha) resulta:

$$\frac{V}{A} = 0,06.(2,78.C.I - q_n).t \quad (5.8)$$

onde t é a duração em minutos, C é o coeficiente de escoamento e I a intensidade da chuva em mm/h .

O coeficiente de escoamento pode ser estimado de acordo com as áreas impermeáveis pela equação 5.2

A intensidade da precipitação pode ser representada pela equação:

$$I = \frac{a}{(t + b)^d} \quad (5.9)$$

Substituindo na equação do volume específico resulta

$$v = 0,06.\left(\frac{2,78.C.a}{(t + b)^d} - q_n\right).t \quad (5.10)$$

O volume máximo é obtido para duração obtida através da equação

$$t = \left(\frac{t + s}{w}\right)^r - b \quad (5.11)$$

onde

$$w = \frac{q_n}{2,78.a.C(1-d)}; s = \frac{b}{1-d}; r = \frac{1}{d+1}$$

O valor de t é obtido por iteração e substituído na equação 5.11 para obter o volume.

Utilizando os dados da IDF de Campo Grande e a equação do coeficiente de escoamento em função da área impermeável (equação 5.2) é possível obter os valores de Volume por unidade de área em função da área impermeável para o tempo de retorno de 10 anos. Estes valores são apresentados na Tabela 3.11.

Foi ajustada uma reta a estes valores obtendo-se

$$\frac{V}{A} = 585,8.AI \quad (5.12)$$

onde V/A é o volume dividido pela área de contribuição em m^3/ha ; AI é a proporção de área impermeável (entre 0 e 1). Esta equação foi obtida com $R^2=0,996$. O ajuste da equação aos valores é apresentado na Figura 3.12. No Manual de Drenagem Urbana deste estudo é apresentada a orientação técnica para fiscalização da implementação de novas áreas quanto a controle quantitativo.

Tabela 3.12 – Valores obtidos na relação entre volume pela área de drenagem com a área impermeável.

Área impermeável	Duração do volume máximo Minutos	V/A m³/ha
0,05	28,3	44,9
0,1	34,9	65,6
0,15	41,1	88,2
0,2	47,1	112,3
0,25	52,8	137,8
0,3	58,5	164,3
0,35	64,0	191,8
0,4	69,4	220,2
0,45	74,7	249,3
0,5	80,0	279,2
0,55	85,5	313,3
0,6	90,3	340,7
0,65	95,4	372,3
0,7	100,4	404,5
0,75	105,4	437,1

2.5.3.3 Qualidade da água

A contaminação da água pluvial ocorre pela lavagem das superfícies e o transporte de sólidos. Grande parte dos poluentes está agregada aos sedimentos. Reduzindo os sedimentos é possível reduzir os poluentes pluviais.

A regulação sobre qualidade da água visa o tratamento da qualidade da água pluvial para evitar a poluição e a vida dos sistemas aquáticos. O objetivo é o tratamento da qualidade considerando os diferentes tipos de poluentes observados na qualidade da água pluvial.

Grande parte da poluição que vem na água pluvial é recolhida na primeira parte da chuva. Esta parcela da chuva varia desde 12,5 mm a 40 mm dependendo das condições e frequência. Neste caso o importante é o número de eventos por ano e a quantidade de volume retido em cada evento (parte inicial da chuva) para retenção. Retendo este volume no reservatório, os sedimentos e poluentes existentes no volume se depositam e reduzem para jusante a carga existente na água. Portanto, existem dois fatores relacionados com este problema. O volume de água retido, relacionado com a chuva inicial e o tempo que este volume deverá ficar na retenção.

Algumas metas devem ser traçadas para caracterizar o objetivo de retirada do poluente das águas pluviais. A prática americana através da EPA identificou que tratando uma parcela dos sólidos suspensos do escoamento pluvial tem o objetivo de reduzir a carga em 80% do escoamento pluvial é atingida (U.S.EPA, 1993). Esta meta pode ser atingida retendo uma parcela da chuva inicial do maior número de eventos do ano. Isto pode ser obtido retendo um valor específico de chuva (representativo do maior número de eventos) ou um valor relacionado com um determinado risco.

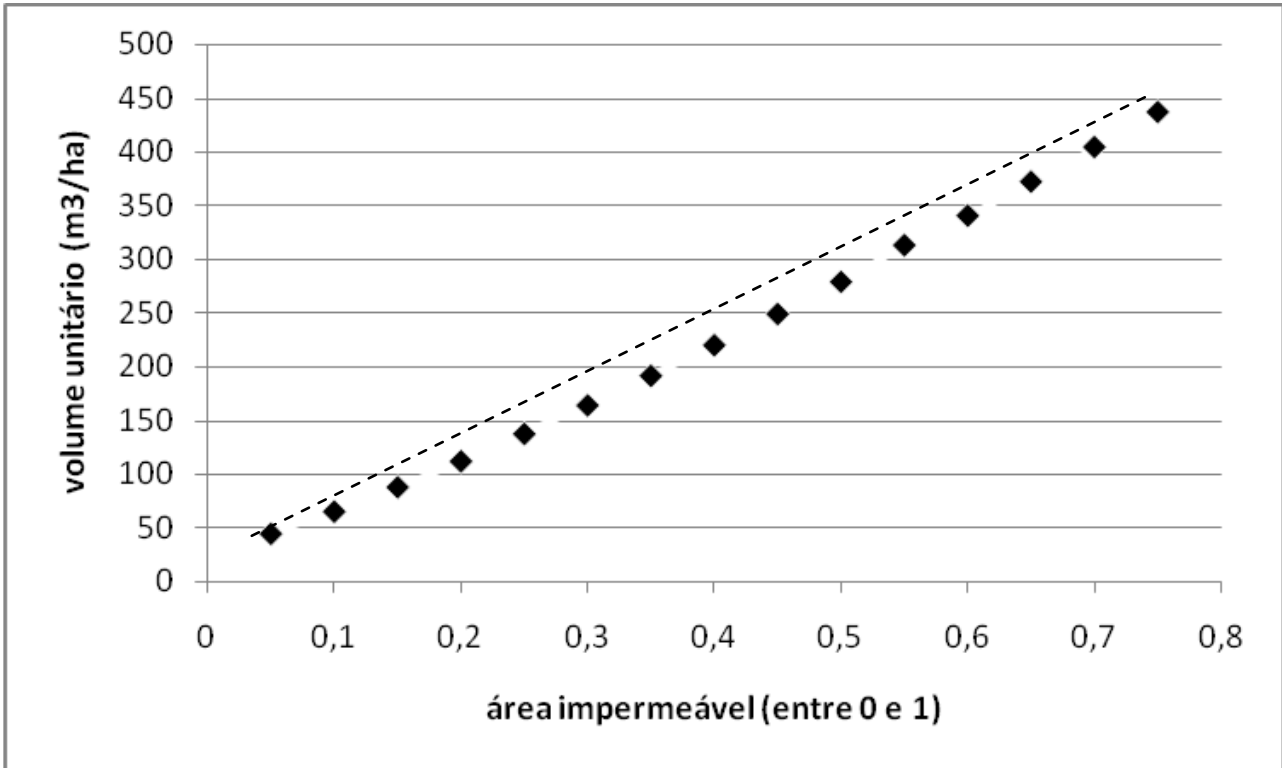


Figura 3.10 – Relação entre volume de retenção e área impermeável da área urbanizada.

A regulação adotada pela EPA estabelece que tratando o escoamento pluvial gerado pela precipitação correspondente a 2 anos de tempo de retorno e duração de 24 horas esta meta é atingida. Outros autores mostraram que tempos de retorno menor que este a meta pode ser atingida (Roesner, 1991e Pitt,1989).

Estas condições dependem da frequência e da intensidade da precipitação no local. WDNR (1997) encontrou que precipitações entre 31,8 e 36,8 mm por dia são adequadas para atingir a meta de reduzir a carga em 80%. Na regulação da Geórgia este valor fica em 30,8 mm, correspondendo a tratar 85% das cheias do ano. Nas localidades onde as precipitações são pouco intensas a tendência é dos valores diminuírem, aumentando para totais altos e poucos frequentes.

Estes valores foram estabelecidos porque se verificou que a carga poluente é resultado de eventos pequenos e frequentes ao longo do ano. Portanto, tratando a maioria dos eventos frequentes, a carga sobre o sistema fluvial diminui. Infiltrando o escoamento de áreas não poluentes, reduzem de forma significativa a quantidade de volume necessária e a poluição para jusante.

Este volume por unidade de área (m³/ha) para este tipo de controle é estimado com base no seguinte:

$$v_{qa} = 10.P.C$$

(5.13)

onde: P é a precipitação em mm/dia. Este é o valor adotado na regulação, segundo valores citados acima; e C é o coeficiente de escoamento que pode ser estimado $C = 0,15+0,80A_i$, sendo A_i a parcela da bacia de áreas impermeáveis (valor entre 0 e 1). Este é o cenário de pequenas áreas onde o método racional se aplica. Para áreas maiores pode-se utilizar o método do SCS, estimando o volume com base na equação 5.3 e 5.4. No volume 5.4 são apresentados os valores de CN para a cidade de Campo Grande.

No caso do método racional, a equação 5.13 pode ser transformada em:

$$v_{qa} = 10.P.(0,15 + 0,8.Ai)$$

(5.14)

Analisando as chuvas de Campo Grande com o posto 020250014, na Tabela 3.13 são apresentados os valores de probabilidade da precipitação dos dias chuvosos serem menores ou iguais aos valores apresentados.

Considerando as análises apresentadas acima se recomenda utilizar a precipitação de 26,2 mm, onde as precipitações da cidade são menores ou iguais a este valor em 85% dos dias chuvosos.

Tabela 3.13 – Relação de duração das precipitações com relação do número de dias chuvosos.

% da chuva menor ou igual	Precipitação mm
90	33,2
85	26,2
80	20,0

A equação 5.2 resulta em:

$$v_{qa} = 39,3 + 209,6.Ai$$

(5.15)

Sendo v_{qa} (m³/ha) e Ai a área impermeável entre 0 e 1. Esta equação mostra que mesmo com uma área impermeável nula é necessário um pequeno volume (39,3 m³/ha) para o escoamento superficial resultante do balanço da infiltração da área. Para uma área totalmente impermeável o volume sobe para 248,8 m³/ha.

Para esvaziar este volume em 24 horas a vazão de saída dos dispositivos para este volume é estimada em

$$Q = v_{qa} . A_d / 8,64$$

(5.16)

onde Q é obtido em m³/s; A_d é a área de drenagem em ha.

2.5.3.4 Sólidos

Os tipos de sólidos produzidos nas áreas urbanas são:

- Devido aos sedimentos gerados pela erosão do solo;
- Sólidos gerados pela população que não é coletado pelo sistema de limpeza urbana.

Erosão e sedimentos

Toda a bacia hidrográfica gera sedimentos devido ao efeito da energia a chuva sobre o solo que produz os sedimentos e transporta pelo sistema de drenagem. Outra parcela dos sedimentos pode ser gerada pela erosão das margens dos rios. Quando a velocidade do escoamento é inferior a capacidade de transporte os sedimentos se depositam nos condutos e canais obstruindo o escoamento.

Quando ocorre o desenvolvimento a erosão do solo aumenta quando:

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Os novos loteamentos são abertos e é retirada a cobertura do solo permitindo maior erosão;
- Canteiros de obras tendem a aumentar a erosão falta de proteção das superfícies e transporte de material usado na construção;
- Aumento da velocidade de novos desenvolvimentos criando condições de erosão para jusante.

Parte dos sólidos é controlada pelo reservatório que controla a qualidade da água, como o terceiro item acima, na medida em que é construída a jusante dos empreendimentos, reduzindo o impacto para jusante. No caso dos dois primeiros itens acima, é necessário desenvolver um manual para construção civil e normas de construção para minimizar este impacto. Este manual faz parte dos produtos a serem desenvolvidos nos programas no plano.

Resíduos sólidos

A gestão dos resíduos sólidos gerenciados pelo município possui três componentes fundamentais:

- Resíduos coletados junto às residências, comércio e indústria;
- Resíduos que são coletados na limpeza urbana;
- Resíduos que são transportados para a drenagem urbana no período chuvoso.

Este último tende a reduzir a capacidade do escoamento dos condutos e canais, principalmente onde existe baixa declividade e velocidade. A gestão municipal deve procurar minimizar este volume. Estima-se que cerca de 30% do volume que escoar para a drenagem é retido na drenagem, sendo a maior parcela deste volume (~ 80%) é composta de plásticos.

Para minimizar este tipo de problema é necessário aumentar a eficiência dos dois primeiros componentes, principalmente com o seguinte:

- Programação de limpeza antes dos dias chuvosos;
- Maior frequência de limpeza e áreas onde existe maior concentração urbana;

Desenvolver um programa de redução de plásticos (principalmente sacolas plásticas) na cidade. Isto pode ser realizada por meio de política municipal para eliminar as embalagens plásticas.

2.5.3.5 Critério de rateio dos custos de drenagem

Os custos envolvidos na drenagem urbana são devido ao seguinte:

- Operação de manutenção da drenagem urbana: este custo deve ser permanente e deverá permitir pagar os serviços da drenagem que poderão ser executados pela Prefeitura ou terceirizados;
- Obras de controle da drenagem urbana determinada nos projetos de macro-drenagem de cada sub-bacia: O projeto de cada sub-bacia urbana deverá ser implementado. A contribuição de cada proprietário deverá ser estimada para recuperação dos investimentos por parte da Prefeitura. Este custo onerará os contribuintes como uma melhoria. Poderá também ser fi-

nanciado por outros recursos da cidade, mas a cobrança distribuída tem um caráter educativo.

2.5.3.6 Justificativa

A implementação da drenagem urbana nos novos empreendimentos altera o escoamento pluvial produzindo os seguintes efeitos:

- Aumento do escoamento superficial e sua vazão máxima resultado de chuvas intensas;
- Aumento da erosão e transporte de resíduos e sedimentos para a drenagem;
- Alteração da qualidade da água, resultado destas novas superfícies.

Estas alterações no escoamento pluviais são transferidas para a rede pública. O somatório destes projetos produz impactos na rede pública, ruas e habitações com evidentes prejuízos materiais e humanos para parte da população.

Além das transferências de impactos devido à inundação, resíduos e qualidade da água, também são transferidas as responsabilidades dos impactos gerados pelos novos empreendimentos, seja em nível de lote, seja em nível de loteamento para o poder público, o município. Desta forma, se configura uma transferência de responsabilidade do privado para público com os ônus econômicos e sociais relacionados.

Na medida em que o município aprova os projetos que produzem estes impactos na rede pública, criando inundações, prejuízos e até mesmo mortes, isto pode ser imputado a Prefeitura as penas de responsabilidade pelas ocorrências.

Portanto, compete ao poder público prevenir o aumento das inundações devido à impermeabilização do solo e canalização dos córregos naturais. O impacto resultante da impermeabilização produz o aumento de frequência da inundação, piora da qualidade da água e transporte de material sólido, degradando o ambiente urbano. Deve ser responsabilidade de cada empreendedor urbano a manutenção das condições prévias de inundação nos córregos da cidade, evitando transferir para o restante da população o ônus da adequada compatibilização da drenagem urbana. A preservação da capacidade de infiltração das bacias urbanas é prioridade para a conservação ambiental dos córregos e rios que compõem a macrodrenagem, além dos rios receptores do escoamento da cidade.

2.5.4 Proposta de gestão municipal para a drenagem urbana

Atualmente a gestão municipal não avalia os projetos de drenagem urbana e não possui uma política de gestão da drenagem. No âmbito de licenciamento ambiental existe uma prática de avaliação ambiental e licenciamento dos projetos.

Nesta proposta é apresentada a seguir são apresentados os elementos da gestão da drenagem urbana da cidade, descritos em itens na sequência. Da mesma forma é apresentada a estrutura de funcionamento da gestão para atender as atividades previstas.

2.5.4.1 Os elementos do sistema de gestão

A estrutura do sistema de gestão se baseia nos seguintes elementos fundamentais:

- Atividades necessárias a gestão da drenagem urbana, o seja o que deve fazer parte das obrigações da gestão;
- Estrutura funcional da gestão envolve as instituições e a equipe proposta para desenvolvimento das atividades previstas para a drenagem urbana da cidade.
- Fluxograma de funcionamento para atendimento das demandas: trata no processo de funcionamento da estrutura para o atendimento das atividades previstas.

No item seguinte são apresentadas as atividades previstas para a drenagem urbana e na sequência a estrutura de funcionamento.

2.5.4.2 Atividades

As atividades previstas o âmbito de Drenagem urbana na cidade de Campo Grande são as seguintes:

- Análise dos projetos propostos e licença dos empreendimentos: trata de analisar os projetos propostos pela iniciativa privada e pelo governo municipal;
- Fiscalização dos projetos: fiscalização a implementação dos projetos propostos no item anterior;
- Revisão e atualização das normativas: atualizar as práticas de gestão do controle dos impactos na cidade. Desenvolver programas de verificação da ação da normatização na cidade.
- Desenvolvimento de projetos: implementação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, contratação e desenvolvimento de projetos de interesse público;
- Manutenção: desenvolvimento dos serviços de manutenção da drenagem urbana em conjunto com o sistema de limpeza urbana da cidade e controle da erosão do solo.

A. Análise dos projetos e licença de empreendimentos:

A análise dos projetos tem o objetivo de verificar se os mesmos estão obedecendo as normas de Prefeitura. Neste aspecto estão as normas técnicas de infraestrutura de drenagem e ambiental. Para esta análise deverá ser desenvolvido um manual de procedimentos. Esta análise é realizada para projetos propostos segundo o seguinte:

- (a) Projetos de empreendimentos propostos pela população:* em cada lote, loteamento e desmembramento em geral. Esta atividade é contínua no tempo e deve se orientar pela legislação e o manual de drenagem;
- (b) Projetos de empreendimentos propostos pelo poder público municipal:* Nesta classe estão os projetos propostos pelo poder público municipal, o que engloba a implementação do Plano Diretor de Drenagem e outros emergenciais que poderão ocorrer por decisão específica do governo.

Neste componente também estão as obras emergenciais que podem ter uma avaliação expedita quando provada o seu caráter emergencial.

B. Fiscalização das licenças e implementação

A fiscalização dos projetos trata da verificação da implantação dos projetos relacionados com o item anterior de avaliação e licença. Neste sentido a fiscalização envolve os mesmos itens acima:

C. Revisão e aprimoramento das normas municipais

Esta atividade envolve a revisão periódica das normas, propostas de alteração de legislação e aprimoramento dos manuais. Com base na prática de análise e fiscalização a prefeitura deverá sistemática estar preparada para o aprimoramento das normativas. Esta atividade deve prever a monitoramento amostral dos resultados das normativas existentes.

D. Implantação do Plano Diretor e outras obras públicas

Este grupo de atividades relacionado com Drenagem urbana envolve a proposta e desenvolvimento de projetos na cidade pelo poder municipal. São as seguintes:

- (a) *Implementação e revisão do Plano de Drenagem urbana:* O Plano Diretor de Drenagem de todas as bacias deve apresentar o ante-projeto de cada sub-bacia. A contratação e acompanhamento dos mesmos devem ser realizados dentro desta atividade no município. Da mesma forma, dentro deste componente deverão ser desenvolvidas as atividades necessárias para a atualização do Plano;
- (b) *Projetos específicos:* Projetos do governo municipal que não estão previstos no Plano de Drenagem Municipal, mas se tornem prioridades por decisão de governo;
- (c) *Projeto e implementação projetos emergenciais:* Numa cidade do porte de Campo Grande é comum a ocorrência de emergenciais e atendimento da população e demandas de problemas específicos. Neste componente são analisadas as causas e as soluções para os problemas emergenciais.

E. Manutenção da rede de drenagem

O serviço de manutenção da drenagem urbana envolve um novo desafio para a Prefeitura, já que envolve a limpeza de condutos e das futuras detenções de material sólido e lixo urbano. Este serviço deve estar integrado serviço de limpeza urbana da cidade, já que o volume de resíduos e lixo que chega à drenagem é resultado da limpeza urbana. Os serviços devem definidos e preferencialmente terceirizados com base nos recursos arrecadados com o previsto na legislação do item anterior.

Este serviço deve ser preferencialmente preventivo com:

- Limpeza antes da chuva, utilizando-se de previsão meteorológica;
- Identificação das fontes de material sólido e combatê-los;

Preparado para limpeza das detenções logo após as chuvas.

2.5.4.3 Gestão

A estrutura institucional proposta envolve as seguintes instituições já existentes, com suas respectivas atribuições relacionadas com as atividades apresentadas no item anterior:

AGREG – Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados de Campo Grande - AGREG: terá a função de:

- Propor e revisar normativas de drenagem urbana;
- Revisar a proposta de serviços de terceirização como o de manutenção da drenagem;
- Revisar e estabelecer metas para a drenagem urbana na cidade.

PLANURB - Instituto Municipal do Planejamento Urbano do Meio Ambiente: terá a função de:

- Avaliação dos projetos propostos;
- Fiscalização dos projetos;
- Revisão e aprimoramento das normas municipais.

Para as atividades propostas sugere-se a criação uma diretoria denominada de ANÁLISE E FISCALIZAÇÃO. Deve-se evitar distribuir a equipe pelas tarefas. O importante é que os técnicos envolvidos façam rodízios em todas as funções. Para atendimento destas funções propõe-se que a equipe seja de no mínimo cinco profissionais. Os custos adicionais da contratação e dos serviços desta nova divisão devem estar previstos no orçamento do município.

SESOP – Secretaria de Obras Públicas terá a função de:

- Manutenção da drenagem urbana e associação com os serviços de limpeza urbana;
- Implementação do Plano Diretor urbano;
- Projetos específicos;
- Projetos emergenciais.

Para as atividades acima se sugere que dentro da diretoria de serviços seja criada uma coordenação única de Resíduos sólidos e Drenagem Urbana. Dentro desta coordenação deve-se procurar utilizar profissionais que atuem por rodízio dentro de todas as atividades da área. Sugere-se que os serviços de manutenção de drenagem e limpeza urbana sejam terceirizados para uma única empresa, pois quanto melhor o serviço de limpeza menor será a quantidade de resíduos na drenagem. Esta divisão deve procurar atuar com profissionais que fiscalizem a manutenção, implementem o Plano de Ação da Drenagem Urbana através de serviços terceirizados. A ação na Prefeitura deve ser de gestão Estratégica dos serviços. A equipe de profissionais para esta coordenadoria deve ser de no mínimo cinco profissionais. Para execução destas atividades deverá ser prevista uma taxa de drenagem para manutenção e implementação das obras de drenagem urbana.

SEMADES – Secretaria de Meio Ambiente terá a função de licenciamento ambiental dos projetos de drenagem urbana. Neste sentido é proposto que existe um processo de entrada única na Prefeitura de todos os projetos.

O conjunto das instituições e suas atribuições proposto é apresentado na figura 3.11.

2.5.4.4 Fluxograma de atividades

O fluxograma de atividade envolve os seguintes serviços da Prefeitura de Campo de Grande:

Análise e Fiscalização de Projetos Públicos e Privados de Drenagem Urbana: Na Figura 3.11 é apresentada a sequência proposta. Inicialmente o proponente (pode ser um empreendedor privado ou a própria Prefeitura através do SESOP) deve entrar numa entrada única onde deve entregar os documentos no PLANURB em duas cópias. Uma será distribuída para a SEMADES e outra analisada dentro do PLANURB. Após a avaliação por um técnico em cada instituição deverá ser analisado em conjunto por um conselho de técnicos das duas entidades onde o projeto será relatado e sua licença emitida pelo conselho com base em normas a serem definidas. Depois de aprovado e durante a sua execução o projeto deverá ser acompanhado pela fiscalização. Este ritual não altera os dispositivos das licenças ambientais apenas busca integrar ao licenciamento de obra da Prefeitura.

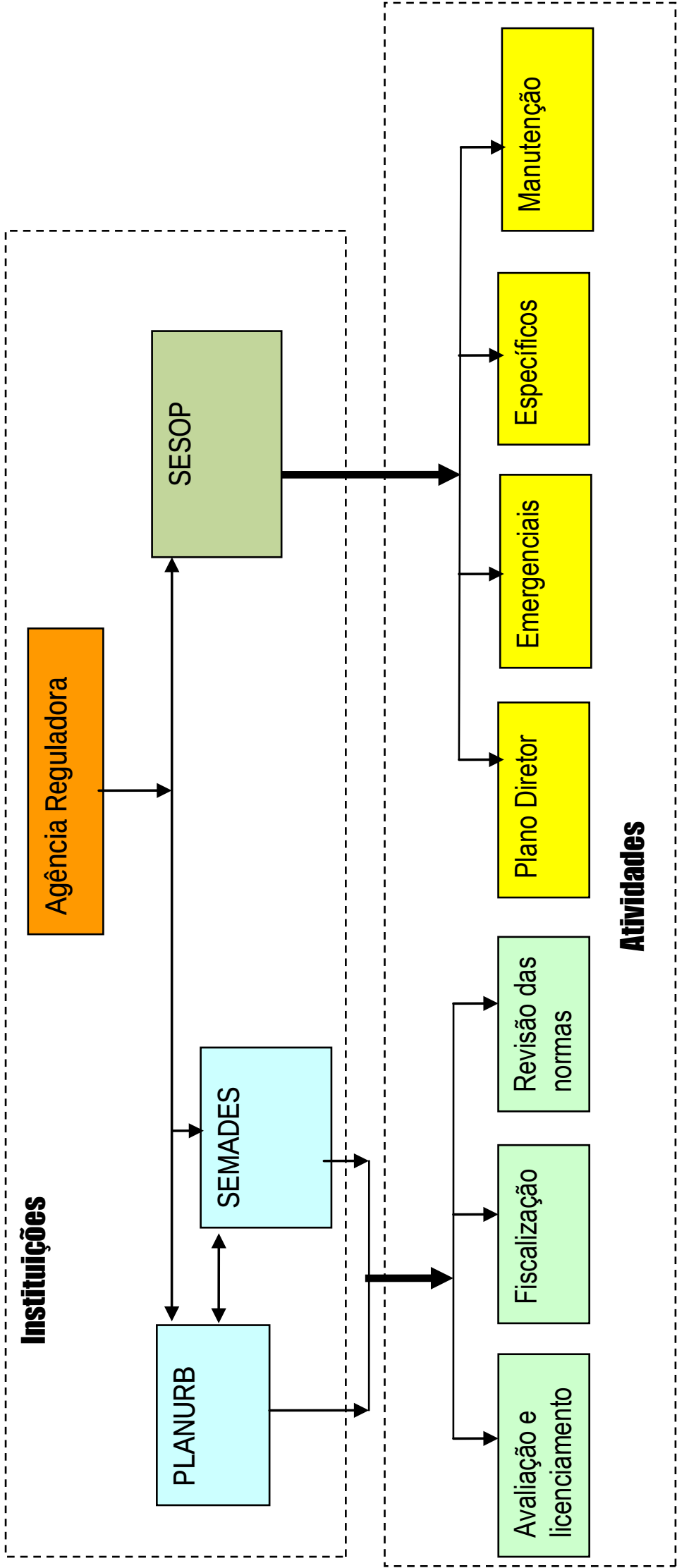


Figura 3.11 – Estrutura do sistema de gestão.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

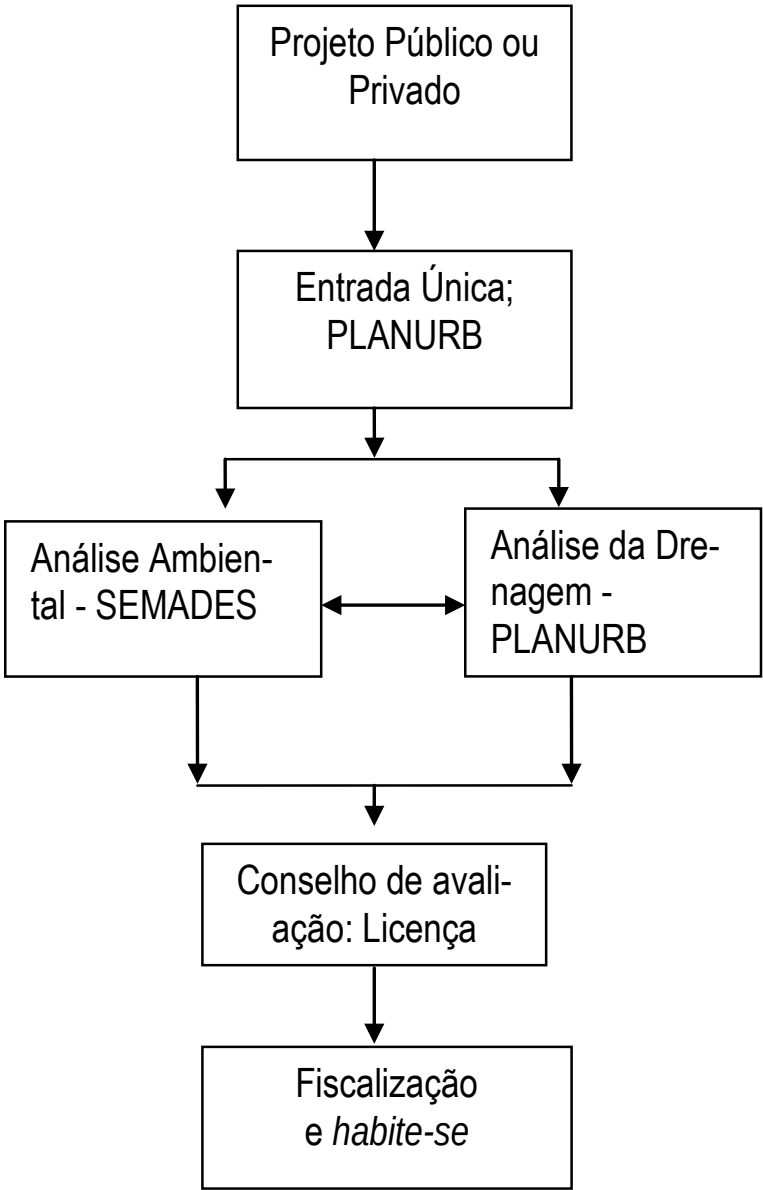


Figura 3.12 – Fluxo de aprovação de projetos.

Manutenção da Rede de Drenagem e Limpeza Urbana da Cidade: A limpeza urbana e a coleta de resíduos na cidade devem ser atividades integradas, já que quando os serviços de limpeza não eficiência resultam em maiores resíduos na drenagem. Os serviços envolvem:

- Limpeza sistemática das ruas;
- Limpeza de condutos e canais, incluído aqui a manutenção da poda de vegetação para manter a capacidade de escoamento;
- Limpeza das detenções urbanas.

Recomenda-se que estes serviços sejam terceirizados. Considerando as características e precipitação na cidade, recomenda-se que no início período chuvoso a ser definido no mês de setembro seja realizada uma limpeza detalhada do sistema de drenagem, além da programação semanal. Quanto à limpeza das detenções é fundamental que as detenções sejam limpas logo após um dia chuvoso. Isto evita transformar estas áreas em áreas degradadas e ter a revolta da população a este tipo de solução. A frequência da limpeza do sistema de drenagem deve ser avaliada com base na quantidade retirada da drenagem na periodicidade inicial a ser estabelecida. Deve-se iniciar com uma programação mensal no período chuvosos (outubro a abril) e trimestral no período seco (maio a setembro). Esta frequência deve ser reavaliada

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

de acordo com a coleta e poderá mudar também de acordo com a área da cidade e seu sistema de coleta domiciliar e limpeza.

Implementação do Plano Diretor de Drenagem Urbana: Os produtos deste Plano envolvem os:

- Ante-projetos da bacia do rio do Prosa: As atividades que segue será o projeto executivo das obras do Prosa e sua implementação de acordo com as recomendações apresentadas;
- O diagnóstico das outras bacias. Este diagnóstico mostrou a necessidade de desenvolver o Plano da bacia do Segredo e as demais de montante para jusante.
- Implementação das atividades prevista no programa de drenagem municipal.
- Revisão do Plano de Drenagem Urbana a cada cinco anos.

2.5.4.5 Proposta de equipes nas entidades

A proposta de funcionamento da drenagem urbana envolve:

- Análise, fiscalização e revisão dos estudos por parte do PLANURB;
- Terceirização dos serviços de manutenção de drenagem urbana.

Na Tabela 3.14 é apresentado o pessoal necessário e atribuição dentro de cada entidade para atuar os aspectos definidos no item anterior. Esta é uma estimativa que pode ser expandida ou reduzida em função do fluxo de projeto que realmente esteja ocorrendo dentro da Prefeitura. Esta estimativa se baseou no funcionamento de outras Prefeituras.

Tabela 3.14 – Características do pessoal.

Entidade	Atividade	Número de profissionais	Perfil	Custo anual ¹ R\$
PLANURB	Avaliação de projetos, fiscalização e revisão de estudos	3	Conhecimento hidrologia, hidráulica, qualidade da água e sedimentos.	333.450
SEMADES	Fiscalização da manutenção	2	Fiscalização dos serviços de manutenção	222.300
Total				555.750

¹ – custo anual de pessoal com leis sociais + custos de funcionamento do escritório (50%) do custo de pessoal

Foi recomendando no item anterior que a manutenção fosse realizada com base na terceirização do serviço, pois caso a Prefeitura tivesse que realizar este serviço, o custo de investimento inicial seria muito alto.

Neste Plano é apresentada a seguir uma estimativa do custo de todo o serviço de manutenção considerando a conclusão do Plano de Drenagem Urbana como um to-

do, onde incluem os custos relacionados com as futuras detenções e da rede de drenagem. O resultado é apresentado abaixo:

2.5.4.6 Estimativa dos custos

A população de Campo Grande é da ordem 750 mil habitantes (IBGE, 2008) e 65 habitantes por hectare (valor médio brasileiro), resulta numa área de ocupação urbana de 115,4 km².

No projeto da bacia do Prosa o custo por km² foi da ordem de R\$ 2 milhões/km². Usando este valor como indicador, resulta uma estimativa total de R\$ 231 milhões para o total das obras futuras.

Os custos de manutenção das obras de retenção representam da ordem de 3% das obras por ano, o que resulta para manutenção um custo anual para as detenções (depois de todas as obras implementadas) o valor de R\$ 693 mil. Após a implementação das obras do Prosa o custo de manutenção da retenção será de R\$ 126 mil reais.

O custo da manutenção da rede de drenagem (macro e microdrenagem) é estimado por metro de conduto. Considerando que a rede corresponde a 187 m/hectare (valor obtido de Porto Alegre), a rede total é de 2.338 km. Foi estimado um custo anual de manutenção de R\$ 9.352 mil por ano. Esta prevista aqui a limpeza dos condutos a cada dois meses, com concentração no período chuvoso. No caso das detenções a limpeza é realizada após cada evento.

O custo total de manutenção anual é a soma dos custos da rede com o custo das detenções (Tabela 3.15). Na tabela Também introduziu o custo médio por propriedade (considerando um número aproximado de 300 mil propriedades por ano). O valor da tabela de R\$ 35,69 seria uma taxa média de drenagem urbana para dar sustentabilidade ao serviço de drenagem urbana na cidade. Estes números devem ser revistos a implementação dos serviços e na revisão da demanda de pessoal.

Tabela 3.15 – Estimativa dos Custos anual de Manutenção e custo médio por propriedade.

Custo	Total	Médio por propriedade	Com custo de pessoal
	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano
Custo anual de manutenção sem retenção	9,352 milhões	31,17	33,02
Custo anual de manutenção com retenção do Prosa	9,478 milhões	33,59	33,44
Custo de anual de manutenção com retenção em toda a cidade	10,151 milhões	33,84	35,69

2.6 REFERENCIAS

- GUARULHOS, 2000. **Código de Obras do Município de Guarulhos** Lei 5617 de 9 de novembro de 2000, Município de Guarulhos.
- PEREIRA, P.R.G., 2000. **Suporte Metodológico de Apoio à Tomada de Decisão no processo de outorga dos direitos de usos dos Recursos Hídricos da bacia do Descoberto**. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília.
- REZENDE, B. e TUCCI, C.E. M., 1979. **Análise hidráulica e hidrológica dos problemas de inundação urbana na cidade de Estrela, RS**. Relatório Técnico, p.29.
- ROESNER, L.A; TRAINA, P. 1994. **Overview of federal law and USEPA regulations for urban runoff**. Water Science & Technology V29 n 1-2 p445-454
- SCHUELLER, T. 1987. **Controlling Urban Runoff : A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs**. SCS. 1975. *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Washington. U.S. Dept. Agr. (Technical Release. n. 55).
- SIMONS, D.B. et al. 1977. **Flood flows, stages and damages**. Fort Collins: Colorado State University
- SUDERSHA, 2002. **Medidas não-estruturais. Plano Diretor de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba**. CH2MHILL Engenharia do Brasil Ltda.
- TUCCI, C.E.M., 2003. **Águas Urbanas**. In: **Inundações Urbanas da América do Sul**. C. Tucci e J. Bertoni. Capítulo 2. ABRH GWP.
- TUCCI, C.E.M; HESPANHOL, I; CORDEIRO, O C. , 2000. **Cenário de Gestão da Água no Brasil: uma contribuição para a visão Mundial da água**. RBRH v5 n. 3
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2000. **Low Impact Development (LID): A Literature Review**. 35p. Washington D.C.. Disponível on-line em <ftp://lowimpactdevelopment.org/pub>
- U.S. EPA Office of Water. 1993. **Investigation og Inappropriate Pollutant Entries into Storm Drains System: A User's Guide EPA/600/R-92/238**. Washington DC.
- URBONAS, B.; ROESNER, L.A., 1993. **Hydrologic Design for Urban Drainage and Flood Control**. In: *Handbook of Hydrology*. D.R. Maidment (ed.). Cap. 28.
- WILKEN, P., 1978 **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB.

3 ESTUDO DE ALTERNATIVAS E MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS

3.1 Introdução

3.1.1 Antecedentes

Na formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações foram identificados os locais de inundação e realizado um diagnóstico e prognóstico das inundações para os cenários de projeto.

Neste estudo de alternativas e medidas de controle estruturais, são identificadas as alternativas de controle de inundações estruturais para a Bacia do Prosa.

O estudo de alternativas de controle de inundações na macrodrenagem urbana utiliza-se de duas medidas estruturais, que são as seguintes:

- Armazenamento por meio de detenções e retenções;
- Ampliação da capacidade de escoamento do sistema de drenagem

A solução ideal será aquela que apresentar a combinação ótima destas medidas na bacia hidrográfica sem transferir impacto para as bacias a jusante. O conceito de solução ótima se baseia no menor custo dentro das soluções ambientais e sociais encontradas na bacia.

Conforme a análise apresentada na formulação de cenários, diagnósticos e prognósticos das Inundações, existem vários trechos de canal da bacia do córrego Prosa onde a capacidade de escoamento das redes de drenagem, atualmente implantadas, é insuficiente para uma chuva com 10 anos de tempo de retorno e 24 horas de duração. A falta de capacidade se torna mais acentuada, evidentemente, quando são realizados os prognósticos para os cenários futuros de ocupação do solo.

Portanto, foram estudadas alternativas para o controle do escoamento excedente, de forma que a população e a infra-estrutura urbana possam ficar resguardadas dos impactos adversos das inundações para o risco de 10 anos de tempo de recorrência.

3.1.2 Objetivos

Este relatório tem por objetivo apresentar as medidas de controle do escoamento dos volumes excedentes para a bacia hidrográfica do córrego Prosa, frente a diferentes cenários de desenvolvimento, com o objetivo de eliminação dos problemas de inundação detectados na fase anterior de diagnóstico e prognóstico.

No Anteprojeto das medidas de controle estruturais, são apresentados os anteprojetos das medidas de controle, para que seja possível dar sequência na implementação das obras.

Este relatório apresenta, inicialmente, os locais com potencial para a instalação das medidas de controle estruturais na Bacia do Prosa, que podem ser implantadas para

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

contornar os problemas decorrentes da urbanização. As alternativas propostas contemplam desde a medida tradicionalmente adotada, ou seja, a ampliação das redes de drenagem (Alternativa I), até uma alternativa mais sustentável sob o ponto de vista de bacia, que é a distribuição de reservatórios de retenção e ampliação de algumas redes de drenagem (Alternativa II).

3.2 Metodologia

3.2.1 Conceitos

Os objetivos principais do estudo de alternativa é eliminar as inundações na drenagem urbana para o risco e o cenário de ocupação urbana, definido dentro do Plano Diretor de Drenagem urbana.

No diagnóstico foram definidos os locais de alagamento para o cenário e risco mencionados. O estudo de alternativa consiste na combinação ótima de medidas de armazenamento e condução dentro da bacia hidrográfica, tendo como princípio não transferir aumento de vazão para a bacia de jusante. No caso da bacia do Prosa, significa não aumentar a vazão máxima à jusante da sua confluência com o Segredo.

A combinação ótima deve considerar os custos das obras de controle e sua justificativa frente aos benefícios (análises benefício-custo) e os condicionantes urbanos de espaço, sociais relacionados com a política local e a sustentabilidade das pessoas e ambientais.

Após a determinação da alternativa otimizada, a mesma é detalhada a nível de anteprojeto. Neste capítulo é apresentado o Anteprojeto das medidas de Controle Estruturais.

3.2.2 Etapas da Metodologia

A metodologia geral abrange as etapas descrita na Figura 4.1, onde existem as seguintes etapas globais:

1. **Diagnóstico e Prognóstico** das cheias para identificação dos locais de alagamento e das condições críticas;
2. **Estudo de alternativas** visando a identificação da solução mais adequada considerando os custos e os espaços urbanos e as definições políticas;
3. **Análise Benefício x Custo** análise dos custos, já introduzidos no estudo de alternativas e a comparação com os benefícios.
4. **Ante-projeto da alternativa:** detalhamento da alternativa escolhida quanto aos aspectos físicos.

Na Figura 4.2 é apresentada a configuração metodológica do Estudo de Alternativas onde existem as seguintes etapas principais:

A. Identificação dos Locais: Envolvem as seguintes atividades:

A.1 . Verificação dos potenciais locais de armazenamento com base nas imagens da cidade e da bacia.

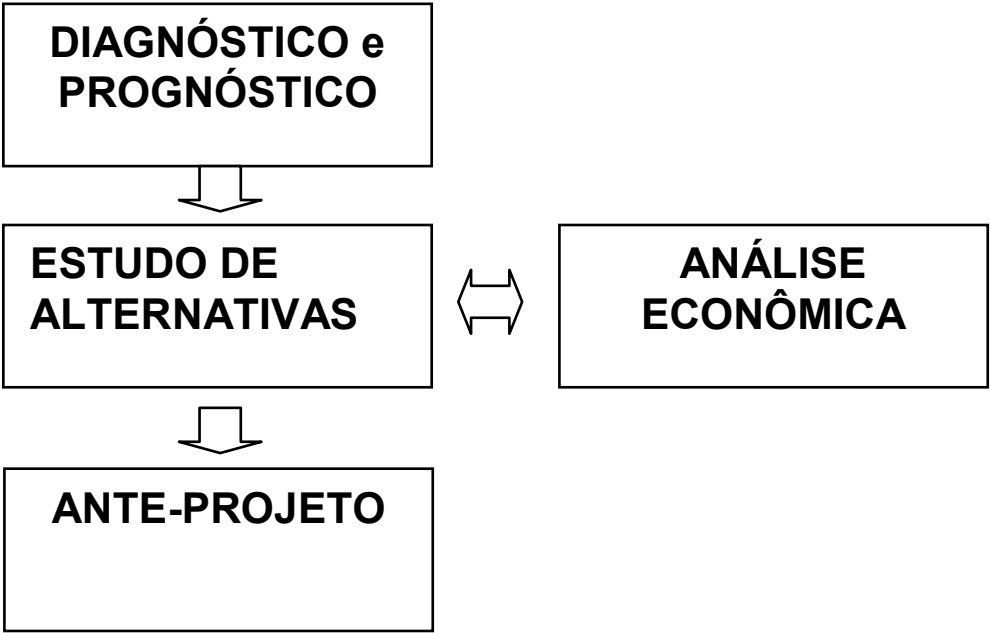


Figura 4.1 – Etapas das Medidas Estruturais.

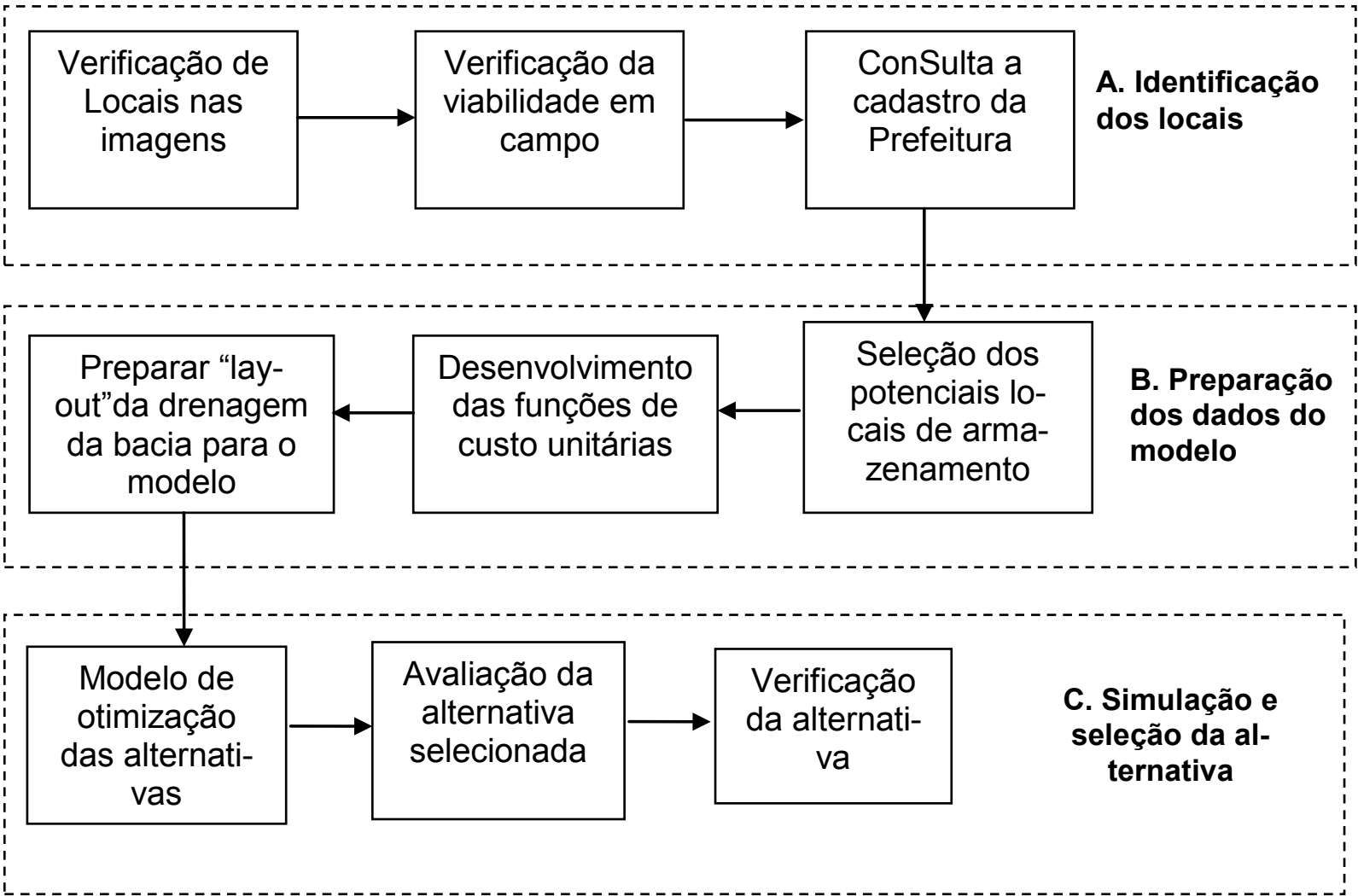


Figura 4.2 – Estrutura metodológica do estudo de alternativa.

A.2 Identificados os locais nas imagens, verifica-se em campo se é viável a sua utilização em função da rede e topografia, acessos e mesmo modificações recentes.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

A.3 Para o grupo de áreas restantes é verificado da viabilidade junto a Prefeitura, em função dos custos e das condições político – sociais.

B. Preparação dos Dados do Modelo: Para simulação e otimização das alternativas é necessário a preparação das informações que envolvem as seguintes etapas:

B.1 Seleção dos locais de armazenamento: escolha locais que entram na simulação;

B.2 Preparação das funções de custo das obras de controle de inundações para uso na otimização e simulação;

B.3 Preparação do Lay-out de discretização da bacia e dos trechos de macrodrenagem para simulação e otimização.

C. Simulação da Seleção de Alternativas: A otimização e simulação passa pelas seguintes etapas:

C.1 Otimização das Alternativas de controle: modelo de otimização que utiliza um modelo de simulação interno. O modelo pesquisa por um algoritmo genético a melhor combinação de armazenamento e condução para a bacia como um todo.

C.2 Avaliação da Alternativa: Nesta fase é analisada a alternativa obtida do modelo de otimização quanto a sua viabilidade;

C.3 Verificação da alternativa: Na fase de otimização o modelo utilizado é simplificado e nesta fase é verificada a solução e também verificado os resultados para condições superiores a de projeto.

3.3 Diagnóstico: locais críticos

Esse capítulo apresenta um resumo sobre as situações identificadas durante a análise de diagnóstico e prognóstico das condições das redes de drenagem, para a bacia do rio Prosa.

São apresentadas algumas discussões sobre a capacidade atualmente instalada da rede de drenagem, os hidrogramas utilizados em cada cenário de análise e uma avaliação final das condições desses locais.

3.3.1 Hidrogramas de diagnóstico e prognóstico

O cenário de chuva de projeto utilizado nessa análise foi uma precipitação com período de recorrência de 10 anos e de 24 horas de duração. O uso de uma chuva com esta recorrência está associado ao critério normalmente utilizado para o dimensionamento de obras de drenagem, enquanto a duração de 24 horas é fundamental para avaliar o funcionamento de obras do tipo reservação, onde o volume do escoamento passa a ser particularmente importante.

Assim, a bacia hidrográfica do córrego Prosa foi sub-dividida em 10 sub-bacias (Figura 4.3) para fins de determinação dos hidrogramas de diagnóstico e prognóstico. A divisão foi realizada obedecendo à drenagem formada devido à implantação dos sistemas de drenagem existentes na cidade.

Existem regiões a noroeste dessa bacia, por exemplo, que recebem a drenagem das águas geradas na bacia do córrego Segredo, devido às obras de canalização.

Ao Sul da bacia do córrego Prosa, verificou-se que parte do escoamento gerado foi canalizado para a bacia do córrego Bandeira. As áreas dessas bacias, bem como pontos referenciais para a são apresentados na (Tabela 4.1)

Tabela 4.1 – Área das sub-bacias do córrego Prosa na cidade de Campo Grande.

Bacia	Área (km²)	Pontos de referência – limites sobre o curso do córrego
1	5,19	Rua Marlene
2	1,75	Rua Kametakaiassu
3	1,76	Av. Mato Grosso e Prof. Alexandre de Oliveira
4	5,62	Afluência dos córregos Joaquim Português e Desbarrancados
5	2,90	Exutório do lago do Parque das Nações Indígenas
6	4,71	Rua Pestalozzi
7	2,18	Rua Itaquirai
8	1,26	Rua Uberlândia
9	1,82	Rua Pedro Celestino
10	1,30	Chegada no córrego Segredo

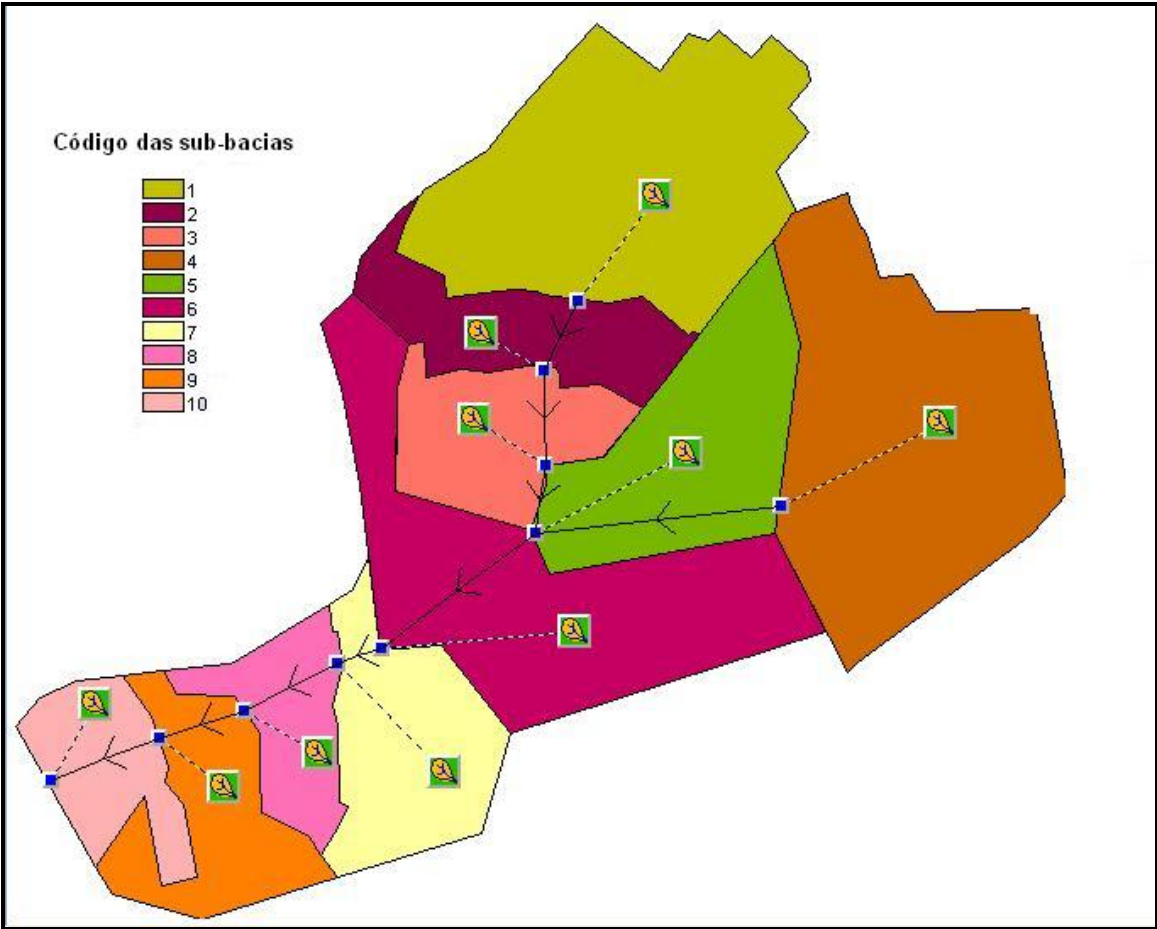


Figura 4.3 – Divisão da bacia do córrego Prosa em Sub-bacias.

No total foram gerados 30 hidrogramas, sendo 10 para cada cenário de uso e ocupação do solo, ou seja, 10 hidrogramas de diagnóstico (atual) e 20 de prognóstico (tendencial e máximo). Esses hidrogramas são apresentados por sub-bacia para cada cenário da Figura 4.4 a Figura 4.6.

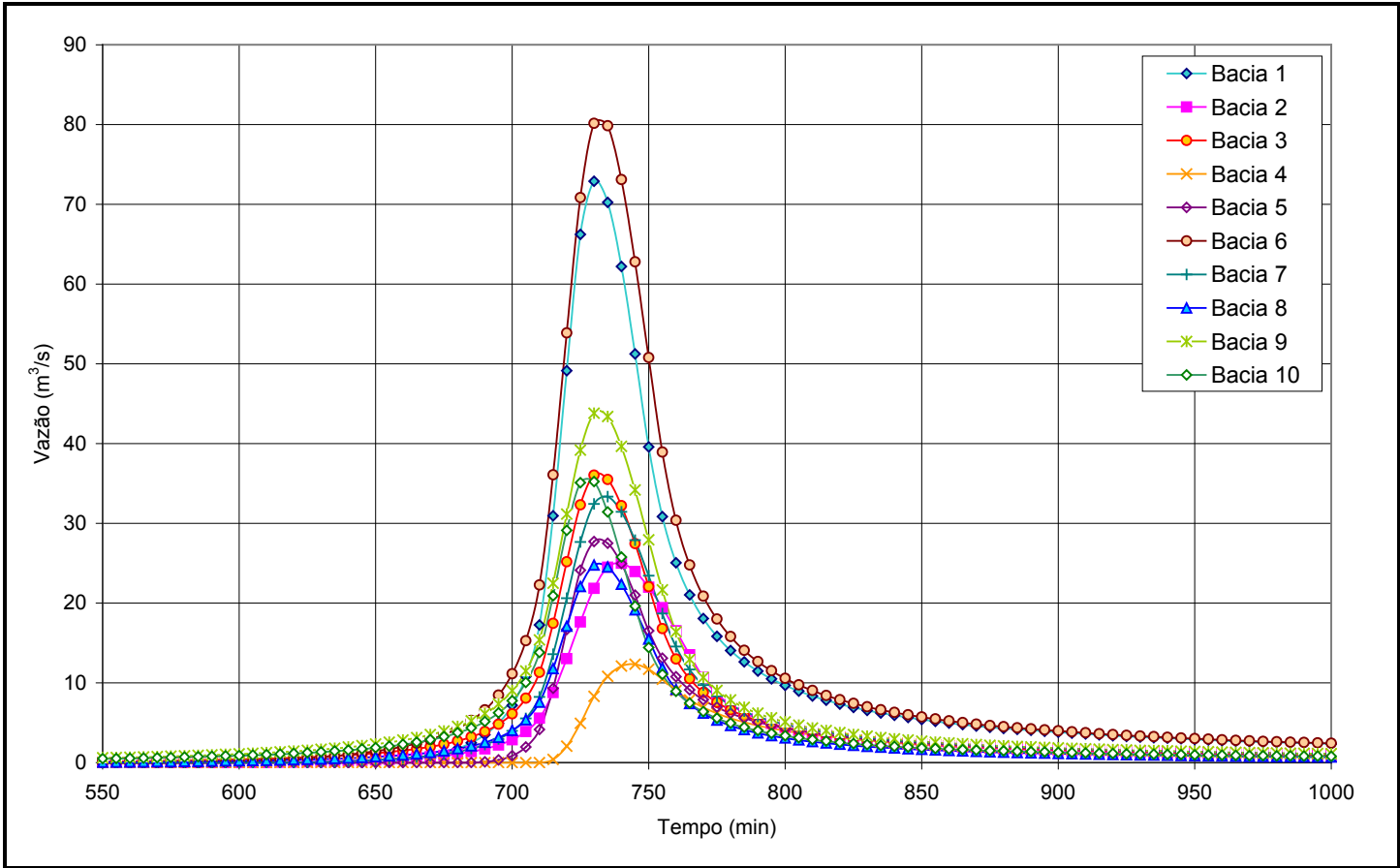


Figura 4.4 – Hidrogramas de diagnóstico para 10 anos de períodos de retorno, sub-bacias do córrego Prosa – chuva de 24 horas de duração.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

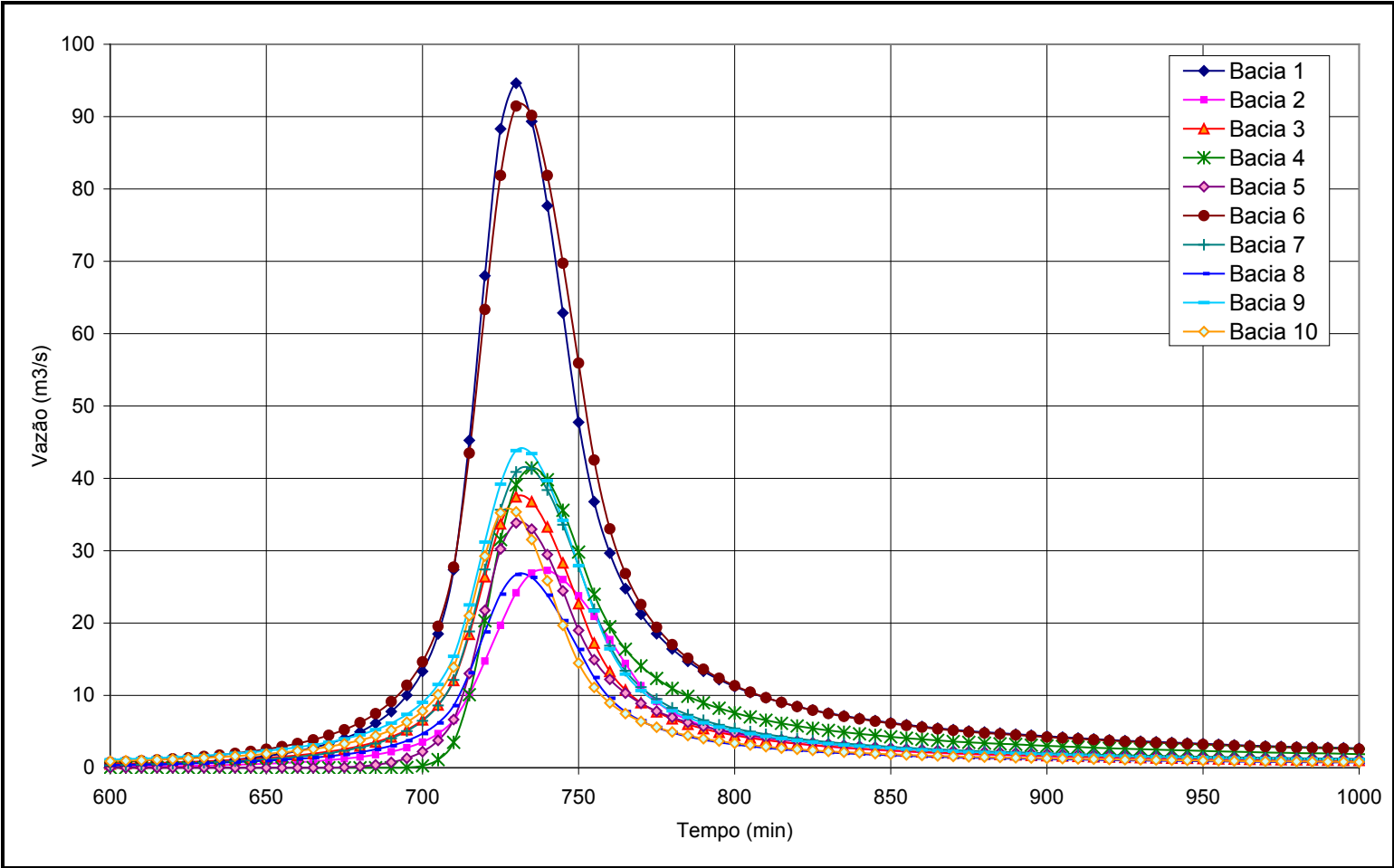


Figura 4.5 – Hidrogramas de prognóstico para 10 anos de períodos de retorno, sub-bacias do córrego Prosa – chuva de 24 horas de duração: Cenário Tendencial.

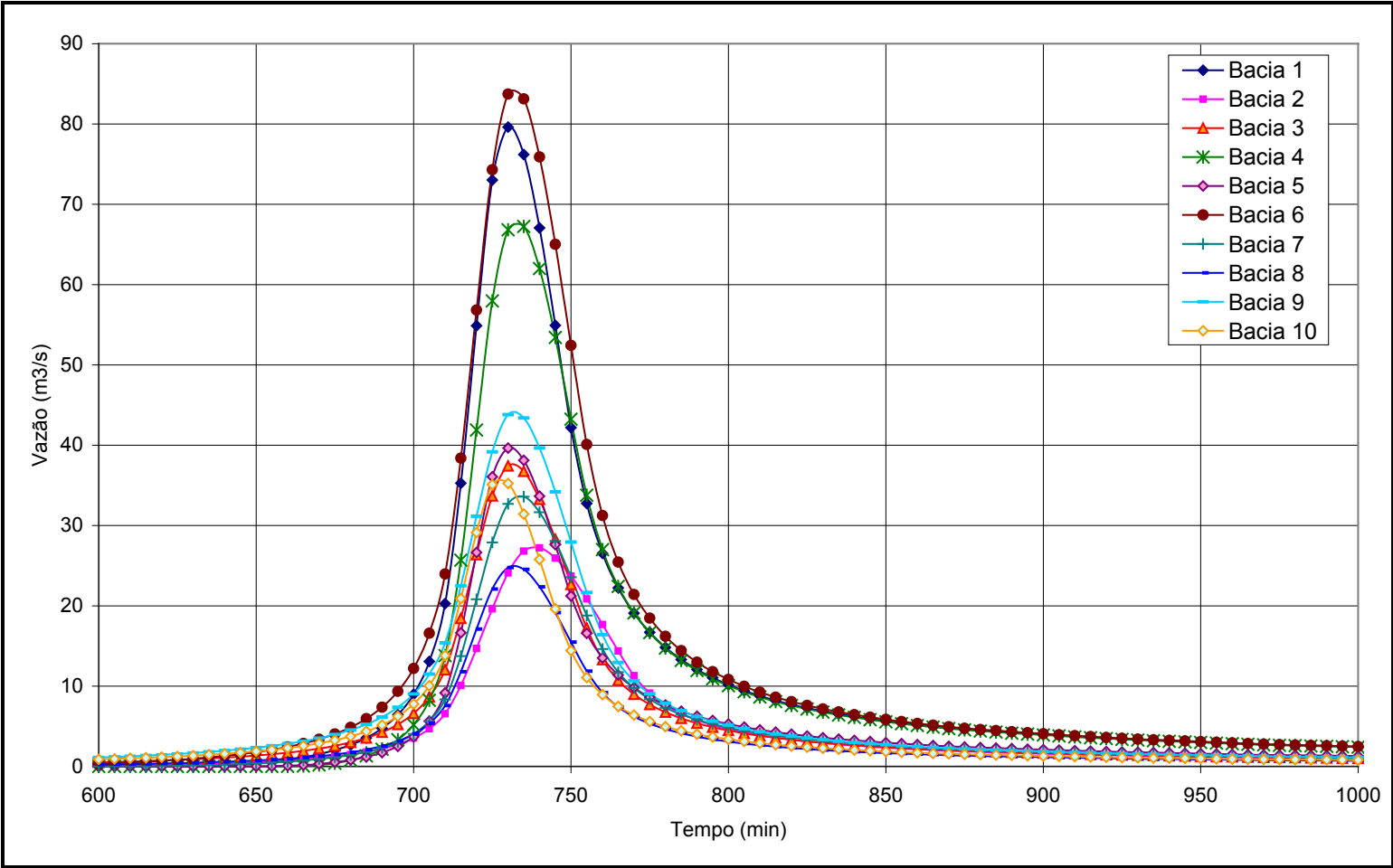


Figura 4.6 – Hidrogramas de prognóstico para 10 anos de períodos de retorno, sub-bacias do córrego Prosa – chuva de 24 horas de duração: Cenário Máximo.

A Figura4.7 – mostra uma comparação entre as vazões de pico para os cenários de uso futuro do solo (prognóstico) e cenário de diagnóstico (atual).

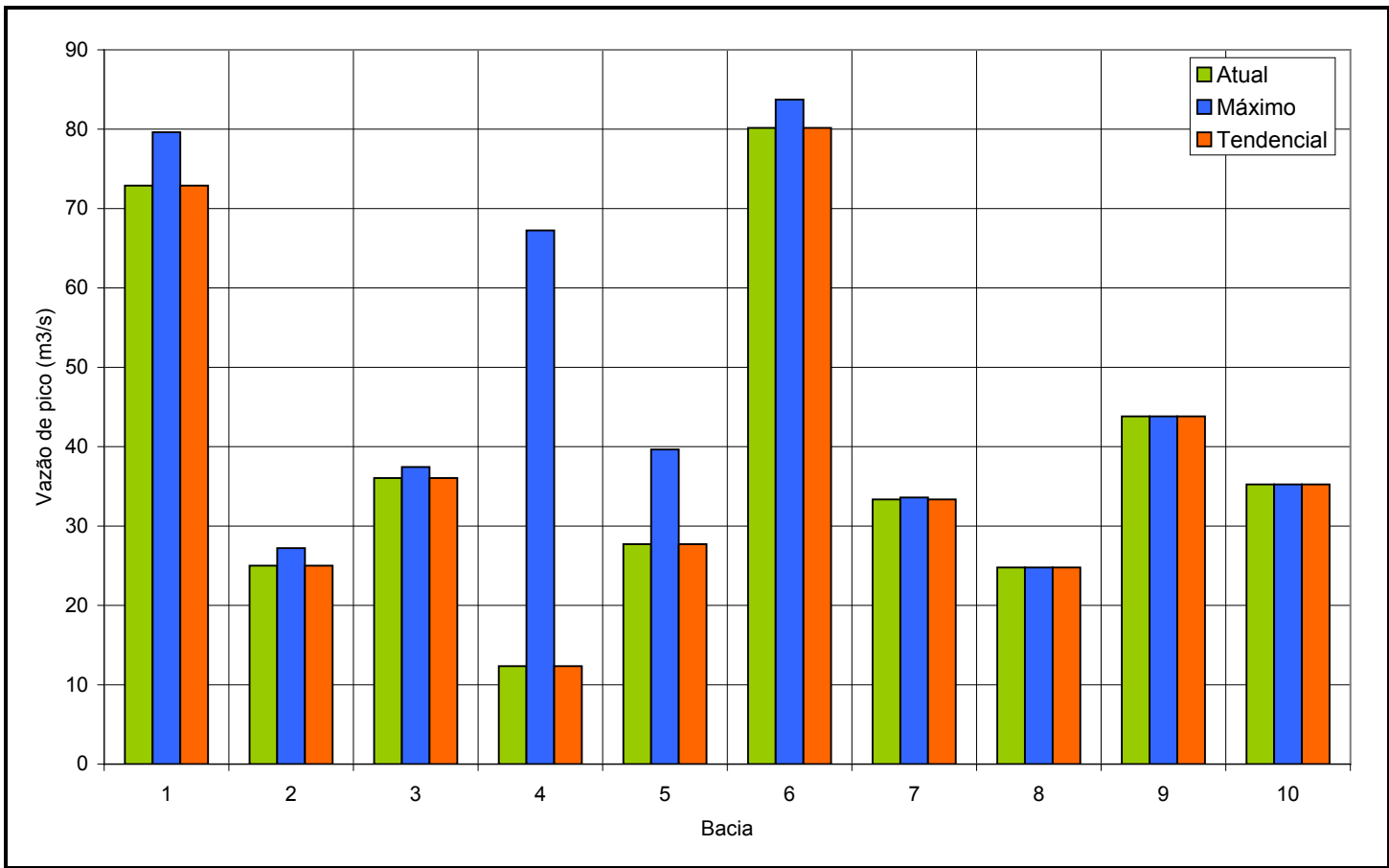


Figura 4.7 – Comparação das vazões máximas para o cenário Atual de diagnóstico e para os cenários de urbanização Máximo e Tendencial: Hidrogramas para 10 anos de períodos de retorno, sub-bacias do córrego Prosa – chuva de 24 horas de duração.

Conforme pode-se identificar nos dois hidrogramas de prognóstico, no cenário tendencial há um incremento na magnitude das vazões, especialmente naquelas sub-bacias menos urbanizadas, como as sub-bacias 1 e 6. As sub-bacias 4 e 5 são as únicas em que a vazão de pico é pouco menor no cenário tendencial que no cenário de ocupação máxima, previsto no Plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo. Isso se justifica pela metodologia empregada para a projeção de população no cenário tendencial, e visto que não existem ainda elementos suficientes que restrinjam o uso futuro dessas áreas. Para bacias como a 7, 8 e 9, onde a urbanização já está praticamente consolidada, pode-se dizer que não houve acréscimo na vazão de pico.

Os hidrogramas gerados nessa etapa foram introduzidos no modelo hidráulico SWMM utilizado durante a modelagem de cada cenário dessa bacia.

3.3.2 Capacidades das redes de drenagem

Considerando os hidrogramas gerados para os cenários de uso do solo, atual, tendencial e máximo previsto no Plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo de Campo Grande, foram realizadas as etapas de Diagnóstico e Prognóstico das condições das redes de drenagem desta bacia. Dessa análise foi possível identificar aqueles trechos cuja capacidade de drenagem instalada encontra-se abaixo valor necessário, de forma a drenar adequadamente as vazões.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

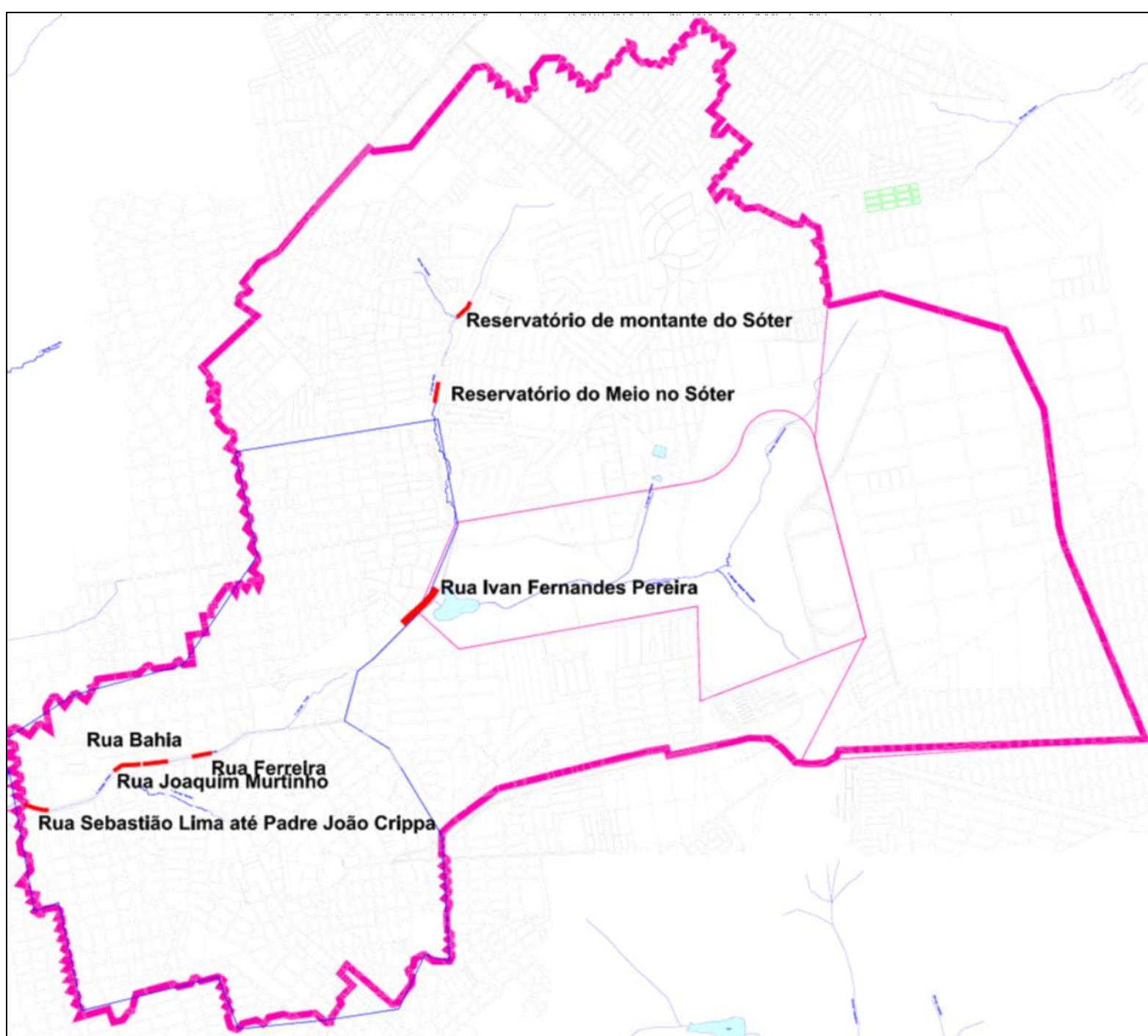


Figura 4.8 – Trechos críticos destacados em vermelho para o cenário atual de uso de solo: diagnóstico.

Para o cenário atual de uso do solo, foram identificados basicamente sete trechos críticos (Figura 4.8), sendo três junto aos dois reservatórios do córrego Sóter (montante e meio) e uma após o ingresso das vazões do Parque das Nações Indígenas e seis trechos no córrego Prosa: junto à ponte da Av. Ferreira, na ponte da Rua Bahia, na ponte da rua Joaquim Murtinho e no último trecho de canal aberto, entre as ruas Sebastião de Lima e Padre João Crippa. Os volumes que não conseguem ingressar nas redes de drenagem são apresentados na Figura 4.9 e Figura 4.10.



Figura 4.9 – Volumes excedentes no córrego Prosa – chuva com duração de 24 horas e 10 anos de período de recorrência.



Figura 4.10 – Volumes excedentes no córrego Sóter – chuva com duração de 24 horas e 10 anos de período de recorrência.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Para o cenário tendencial de uso do solo, foram identificados os mesmos trechos críticos já apontados para o cenário atual de urbanização (Figura 4.9). No entanto, em função do aumento do volume do escoamento desse cenário houve um acréscimo significativo nos volumes armazenados, conforme se verifica na Figura 4.11 e Figura 4.12.



Figura 4.11 – Locais críticos no córrego Prosa – evento de prognóstico Tendencial: chuva com duração de 24 horas e 10 anos de período de recorrência.

Para fins de compreensão, os principais resultados relacionados com as simulações da fase de prognóstico, para eventos com 5 e 10 anos de período de recorrência, são apresentados nos itens a seguir.

3.3.2.1 Trecho entre a Rua Rio Negro e o reservatório localizado mais a jusante no córrego Sóter

Os dois reservatórios de montante (localizados nas ruas Giocondo e Santa Bárbara) tiveram sua capacidade comprometida, superando a capacidade máxima do reservatório localizado na rua Giocondo, sendo o excedente de volume armazenado nas ruas próximas.

Os trechos de canal próximos aos dois reservatórios de montante tiveram sua capacidade máxima superada no evento de 24 horas de duração, com base na informação topográfica disponibilizada.

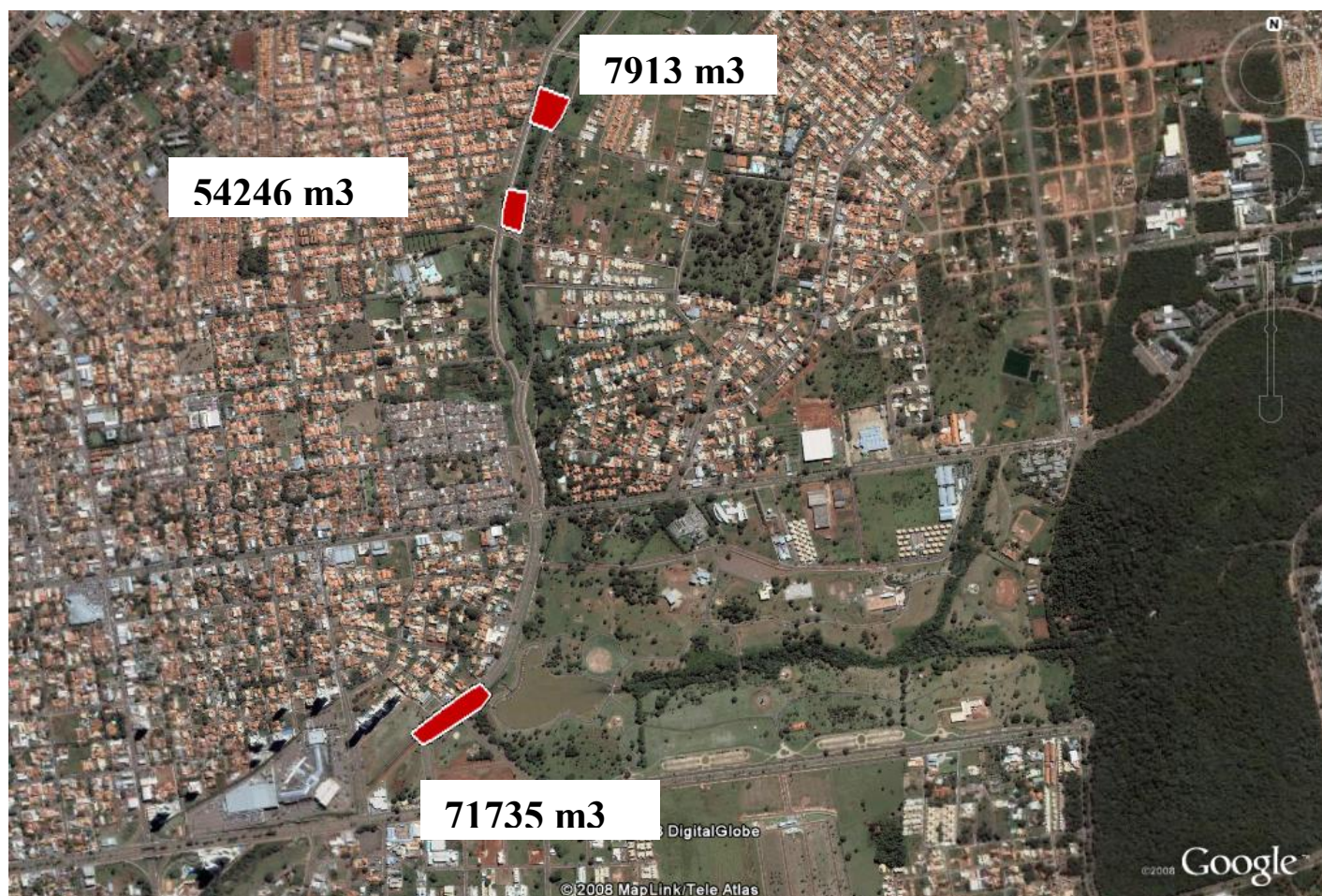


Figura 4.12 – Locais críticos no córrego Sóter – evento de prognóstico tendencial: chuva com duração de 24 horas e 10 anos de período de recorrência.

3.3.2.2 Trecho à jusante dos reservatórios até a Av. Afonso Pena (córrego Sóter)

Este trecho não apresentou excedentes durante ambos eventos de prognóstico em praticamente a metade de sua extensão (primeiros 900 m medidos a partir do local do último dos reservatórios do trecho 1), devido em parte, às maiores declividades existentes e ao fato que as vazões foram amortecidas pelos reservatórios localizados no trecho a montante no córrego Sóter.

À jusante da rua Inácio de Souza e até a rua Ivan Fernandes Pereira, ingressam os aportes das sub-bacias 4 e 5. Esse incremento na vazão afluyente, somado à limitada capacidade hidráulica da canalização existente nesse trecho, faz com que os condutos trabalhem de forma forçado, ou seja, entram em carga. Ainda, no caso do evento com dez anos de período de recorrência, são produzidos excedentes nas proximidades da rua Ivan Fernandes Pereira.

3.3.2.3 Trecho à jusante da confluência do córrego Sóter até rua Joaquim Murtinho (córrego Prosa)

Para o evento com 10 anos de período de recorrência foram identificados três locais de alagamento. O primeiro localiza-se imediatamente à montante da ponte na rua Ferreira e apresenta excedentes ao longo de 100 m de canal. O segundo, localizado no trecho de canal imediatamente a montante da ponte na rua Bahia, que apresenta excedentes em superfície ao longo de 100m de canal, aproximadamente. O terceiro

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

local localiza-se imediatamente à montante da ponte na rua Joaquim Murtinho, com excedentes em superfície em praticamente 150 m de extensão.

Observa-se, em consequência, que os pontos de alagamentos devem-se às características locais, seja pelas mudanças de direção (curvas) muito pronunciadas ou pelas obstrução e diminuição da capacidade dos canais provocadas pelas pontes.

O restante do trecho não apresenta excedentes em superfície para o evento de diagnóstico com 24 horas de duração, porém, praticamente todo o trecho trabalha superando os 75% de sua capacidade máxima.

3.3.2.4 Trecho entre a rua Joaquim Murtinho e a rua Padre João Crippa (córrego Prosa)

Para o evento com dez anos de período de retorno se apresenta um único local de alagamento, com base na informação disponibilizada. O trecho imediatamente à montante da rua Padre João Crippa (à montante do início do conduto fechado) e até as proximidades da ponte na rua Sebastião Lima tem sua capacidade máxima superada apresentando excedentes em superfície. O restante do trecho de canalização trabalha, ainda, quase atingindo sua capacidade máxima em praticamente toda sua extensão.

Verifica-se a partir desses resultados que existem pontos críticos à passagem do escoamento para as cheias de diagnóstico avaliadas. Colaboram para isso, o grande número de estrangulamentos causados pelas pontes e mudanças de direção dos condutos, além da falta de capacidade hidráulica de alguns segmentos do córrego.

A montante da última barragem construída no córrego Sóter é de se esperar que possam ocorrer problemas com alagamentos devido ao vertimento das barragens, ou, ainda, devido à própria falta de capacidade do canal desse córrego.

Dentre as três barragens, a localizada próxima da rua Giocondo foi a que apresentou condições mais críticas, existindo excedentes já para o evento de diagnóstico com 24 horas de duração e 10 anos de período de recorrência.

A zona de confluência dos córregos Sóter e Prosa se mostra como uma região extremamente delicada para o escoamento, sendo identificada como crítica até mesmo para uma com 5 anos de período de recorrência e 24 horas de duração. O agravante nessa região é o estrangulamento de seção, provocado pela canalização do córrego, que passa sob o Shopping chegando até a Av. Afonso Pena.

As passagens do córrego Prosa junto às ruas Ferreira, Bahia e Joaquim Murtinho também foram identificadas como locais sujeitos a inundações provocadas pela falta de capacidade do conduto, perdas de carga devido à mudança brusca de direção do escoamento e estrangulamento de seção provocado pelo tabuleiro da ponte dessas ruas. Junto à rua Padre João Crippa também foram identificados trechos críticos que tiveram sua máxima capacidade superada.

Para o cenário de cheia de projeto com 5 anos de período de recorrência, o volume de água excedente a montante da Av. Afonso Pena totaliza 42.630 m³ que ficariam

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

armazenados ou escoariam pelas ruas. Para o evento com 10 anos de período de recorrência, o volume armazenado a montante foi de 133.894 m³.

Para o cenário de cheia de projeto com 5 anos de período de recorrência, o volume de água excedente entre a Av. Padre Crippa e a Av. Afonso Pena totaliza 96.043 m³ que ficariam armazenados ou escoariam pelas ruas. Para o evento com 10 anos de período de recorrência, o volume armazenado a montante foi de 168.102 m³.

Considerando todo o volume armazenado a montante tem-se 138.673 m³ para o evento com 5 anos de período de recorrência e 301.996 m³ para o evento com 10 anos de período de recorrência.

Considerando que o dimensionamento seja realizado para chuvas que têm 10 anos de período de recorrência, e que seja possível implantar reservatórios de retenção com uma altura útil de 1m, seria ocupada uma área superficial de aproximadamente 30 ha, ou seja, cerca de 1% da área total da bacia hidrográfica do córrego Prosa.

Em todos esses locais, as condições de inundação irão se agravar, caso não sejam propostas medidas efetivas para o controle do escoamento.

3.4 Alternativas para o Controle do Escoamento: Medidas Estruturais

3.4.1 Concepções e Definições

As alternativas para a solução dos problemas de macrodrenagem da bacia hidrográfica do córrego Prosa foram divididas em duas:

- Alternativa I: ampliação da capacidade de condução da rede de macrodrenagem, até que consiga escoar toda a vazão gerada pela chuva de projeto;
- Alternativa II: utilização de reservatórios de retenção, sempre que há disponibilidade de área e condições hidráulicas e ampliação da capacidade de escoamento das redes de macrodrenagem nos outros casos.

Essas concepções de planejamento têm cunho estrutural e devem preferencialmente ser implantadas conjuntamente com as medidas não-estruturais. Os condicionantes considerados na Alternativa I contemplam o Cenário Futuro de uso do solo Tendencial e Máximo, garantindo que as redes de macrodrenagem devem ser dimensionadas de forma a não permitir alagamento para uma chuva com até 10 anos de período de recorrência. Da mesma forma, os reservatórios serão dimensionados para a Alternativa II, contemplando o não extravasamento para uma chuva com esta mesma recorrência.

Cabe destacar que na análise das Alternativas I e II, as medidas de controle não-estruturais não foram consideradas. Isso se deve a duas questões:

- muitas das bacias já estão completamente urbanizadas, o que dificulta a implantação de tais medidas; e
- nas bacias em que ainda há condições de implementação, não existe certeza de que isso realmente aconteça. Caso as medidas de controle não-estruturais sejam efetivamente adotadas, as medidas estruturais aqui recomendadas deverão ser revisadas, ou os valores tomados como conservadores.

3.4.2 Alternativa I

A Alternativa I corresponde à ampliação de todos os trechos das redes de macrodrenagem, de forma a eliminar os alagamentos. Essa alternativa corresponde à prática que vêm sendo tradicionalmente adotada no Município de Campo Grande, e na grande maioria dos municípios brasileiros.

A adoção dessa Alternativa I tem implicações particularmente importantes para a cidade de Campo Grande, pois o Córrego Prosa localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Anhanduí, que também atravessa a mancha urbana.

Assim, o aumento da eficiência hidráulica nas redes de drenagem da bacia do Córrego Prosa fará com que a vazão e um maior volume de água atinjam a calha principal do Rio Anhanduí, devido à eliminação dos pontos de alagamento. Assim, regiões do Rio Anhanduí que não se caracterizavam como locais críticos ao escoamento podem passar a sofrer os impactos das obras realizadas na bacia do Córrego Prosa.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Portanto, a aplicação da Alternativa I à bacia hidrográfica do córrego Prosa deve ser seguida de uma análise de seus impactos à bacia do rio Anhanduí, à jusante.

Sob o ponto de vista econômico, a Alternativa I normalmente é a mais onerosa, pois o aumento de uma canalização à montante deve ser seguido de posteriores ampliações à jusante. Ambientalmente essa alternativa também é a menos sustentável, pois ela transfere o impacto gerado em uma área para outra.

3.4.2.1 Caracterização

Nessa alternativa, foram ampliados todos os canais e tubos com capacidade insuficiente para garantir o escoamento da cheia com 10 anos de período de recorrência e 24 horas de duração para os cenários de uso futuro do solo (Tendencial e Máximo), ou seja, os mesmos eventos usados na fase de prognóstico.

O critério utilizado para a ampliação foi a manutenção das cotas de fundo e característica geométrica da seção transversal dos canais e condutos, conforme o tipo de seção:

- Canais abertos: foram preservadas as características da seção transversal sendo que foi realizada ampliação da calha, no sentido largura. Para trechos em canal natural ou trapezoidal os resultados são apresentados em termos de fator multiplicativo para a ampliação do canal no sentido da sua largura. Assim, para um trecho em que o fator multiplicativo é de 1,3, por exemplo, significa que o mesmo deverá ser redimensionado para um novo trecho com características da seção transversal 30% maiores no sentido da sua largura, mantendo-se as características verticais. Para trechos em galerias é apresentada a sugestão de capacidade necessária, utilizando seções transversais já utilizadas ao longo do córrego;
- Pontes: foram realizadas ampliações modificando a base e a altura, tentando manter uniformidade com os trechos de montante e jusante, evitando o aumento de perdas de carga localizadas. Foi priorizado o aumento da seção no sentido da largura da base das pontes, de forma a tentar evitar custos estruturais com a execução de novas passagens;
- Reservatórios no córrego Sóter: foram realizadas ampliações nos trechos a montante do barramento, de forma a aumentar a capacidade de armazenamento disponível. Quando necessário também foi levantada em poucos centímetros a altura do vertedor de forma a reduzir as vazões a jusante, evitando o aumento ainda maior das seções;
- -Tubos: a ampliação consistiu na introdução de nova tubulação na lateral àquela existente, respeitando as características das tubulações já instaladas.

3.4.2.2 Custos associados

Os custos relacionados com a adoção da Alternativa I para o controle do escoamento dizem respeito a todos aqueles insumos e serviços que devem ser adequadamente identificados e apurados durante a etapa de projeto executivo final.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

No contexto deste estudo, e com a finalidade de estabelecer um valor de referência para auxiliar na seleção da alternativa economicamente viável, foi realizada uma estimativa preliminar dos custos relacionados com a ampliação das redes de drenagem.

Os insumos e serviços considerados nesta avaliação preliminar de custos foram:

- Remoção de pavimento;
- Escavação;
- Remoção de material escavado;
- Escoramento;
- Concreto magro;
- Radier;
- Concreto armado;
- Fornecimento;
- Assentamento;
- Reaterro;
- Poços-de-visita;
- Bocas-de-lobo;
- Meio-fio.

Os custos foram estimados a partir de valores praticados pela Prefeitura Municipal de Campo Grande, e foram obtidos a partir de tabelas do SINAPI com data de Junho de 2008, acrescidos de 30%, conforme orientação da equipe de acompanhamento da prefeitura. De forma a facilitar futuras atualizações, na são apresentados alguns índices que podem ser futuramente utilizados para fins de correção dos valores.

Tabela 4.2 – Índices econômicos para atualização dos valores, com data de novembro de 2008.

Salário Mínimo Nacional (R\$)	415,00
*CUB Ponderado (R\$)	527,82
Valor Dolar (R\$/US\$)	2,27

**Ponderado para a cidade de Campo Grande (Sinduscon, 2008)*

Os custos de escavação foram calculados a partir das cotas do terreno, considerando que as declividades dos trechos e as cotas de fundo fossem mantidas. Embora esta seja uma consideração simplificada, e pode não representar a situação mais adequada em um projeto executivo, foi utilizado este critério para evitar a utilização de uma profundidade constante de escavação. Em função da presença de rocha em alguns locais, considerou-se, para fins de estimativa de custo, que aproximadamente 30% do material a ser escavado é rochoso.

Como grande parte do córrego encontra-se com canalização aberta, considerou-se que haveria espaço disponível nas margens do córrego, não impedindo qualquer alargamento de seção quando necessário. Para fins de ampliação, considerou-se que seriam mantidas as condições de canal aberto, porém com fundo e paredes revestidos. Em todos os casos, considerou-se que o pavimento a ser removido e repostado é do tipo asfáltico. Estas estimativas de custo não consideram gastos relativos às de-

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

sapropriações e remoção das residências, ou outros elementos da infra-estrutura urbana, que se encontram junto às margens dos córregos.

Estes custos correspondem a uma estimativa, servindo apenas para uma avaliação preliminar, em termos de comparação de alternativas, visto que não é possível estimar custos envolvidos com remanejo de redes de drenagem, soluções para interferências, desassoreamento e desobstruções. Para a quantificação de tais elementos seria necessário um levantamento cadastral apurado que não traria grandes contribuições nesta fase de planejamento, mas que é extremamente importante em caso de projeto executivo.

A estimativa de custos para esta alternativa foi realizada, considerando-se que redes de macrodrenagem seriam ampliadas de forma a permitir o adequado escoamento da vazão; não incluindo os custos relacionados com problemas decorrentes do aumento da vazão a jusante.

Esta alternativa tradicional de ampliação das redes de drenagem gera um problema, não quantificado nesta fase preliminar, que são obras não relacionadas com drenagem, mas sim com outros fatores externos, detectáveis somente em uma fase posterior, já no projeto executivo.

A estimativa de custos restringiu-se basicamente em quantificar as despesas com a implementação de tubos e galerias com capacidade necessária. Não foram considerados, portanto, aspectos como a indisponibilidade de espaço físico para a colocação de redes maiores, ou ainda a necessidade de intervenção em residências que encontram-se sobre coletores de fundo.

Os custos respondem a características médias dos condutos nas sub-bacias, podendo apresentar variações significativas em distintos pontos em quanto a recobrimento e profundidade de escavação.

Na Figura 4.13 pode-se observar os desenhos esquemáticos dos elementos considerados no custo.

Na Tabela 4.3 e Tabela 4.4 são apresentados as composições de custos para a implantação das redes de drenagem. Foram considerados somente as composições de custos para a construção de galerias, ao invés de tubulações, visto que as redes de macrodrenagem atualmente existentes são compostas, na sua grande maioria, por galerias.

Os insumos considerados para a estimativa de custos associados com a remoção do pavimento são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.3 – Insumos para a construção de galerias com escavação em rocha.

Insumos	Código SINAPI	Custo unitário (R\$)	Galeria tipo utilizada para a composição de custos				
			1 x 1	1,5 x 1	1,5 x 1,5	2 x 1,5	3 x 1,5
Escavação (m³)							
Escavação manual em rocha com uso de explosivos e perfuratriz (h<2m) (m³)		37,01	148,04	222,07	277,58	370,11	555,17
Escavação manual vala com material rochoso	26286/026	91,40	182,81	274,21	342,76	457,02	685,52
Reaterro (m³)							
Preenchimento de valas com saibro	26287/003	73,66	229,81	344,72	373,45	497,93	746,89
Transporte de material							
Transporte com carga de descarga até 5 km (m³)	11523/001	9,57	24,88	37,32	46,64	62,19	93,29
Enrocamento (m³)							
Com brita	24260/001	69,51	39,10	58,65	58,65	78,20	117,30
Fornecimento + assentamento tubos de concreto (m)	Vários	Variável	525,36	525,44	736,27	736,35	736,50
Radier de concreto armado com formas fck 15 Mpa (m³)	23769/001	1151.36	-	10,69	10,69	14,25	21,34
Custo unitário (R\$/m)			1150,00	1473,09	1846,04	2216,04	2956,04

Tabela 4.4 – Insumos para a construção de galerias sem escavação em rocha.

Insumos	Código SINAPI	Custo unitário (R\$)	Galeria tipo utilizada para a composição de custos			
			1 x 1	1,5 x 1	1,5 x 1,5	2 x 1,5
Escavação (m³)						
Manual (m³)	10278/001	19,80	39,60	59,40	74,25	99,00
Mecânica (m³)	23418/002	7,80	34,32	51,48	65,52	87,36
Reaterro (m³)						
Preenchimento de valas com saibro	26287/003	73,66	229,81	344,72	373,45	497,93
Transporte de material						
Transporte com carga de descarga até 5 km (m³)	11523/001	9,57	24,88	37,32	46,64	62,19
Enrocamento (m³)						
Com brita	24260/001	69,51	39,10	58,65	58,65	78,20
Fornecimento + assentamento tubos de concreto (m)	Vários	Variável	525,36	525,44	736,27	736,35
Radier de concreto armado com formas fck 15 Mpa (m3)	23769/001	1151.36	-	10,69	10,69	14,25
Custo unitário (R\$/m)			913,77	1087,69	1365,47	1575,27
						1994,88

Tabela 4.5 – Insumos para a remoção e reposição de pavimento asfáltico.

Insumos	Código SINAPI	Custo unitário (R\$)
Revestimento concreto asfáltico betuminoso a quente E=4 cm (m²)	26556/024	21,83
Transporte local de CBUQ a distância de 25 km (t)	68336	20,94
Regularização do subleito, espessura=15 cm (m²)	23611/002	1,18
Tratamento superficial duplo selante (m²)	11520/001	13,31
Custo unitário (R\$/m²)		122,86

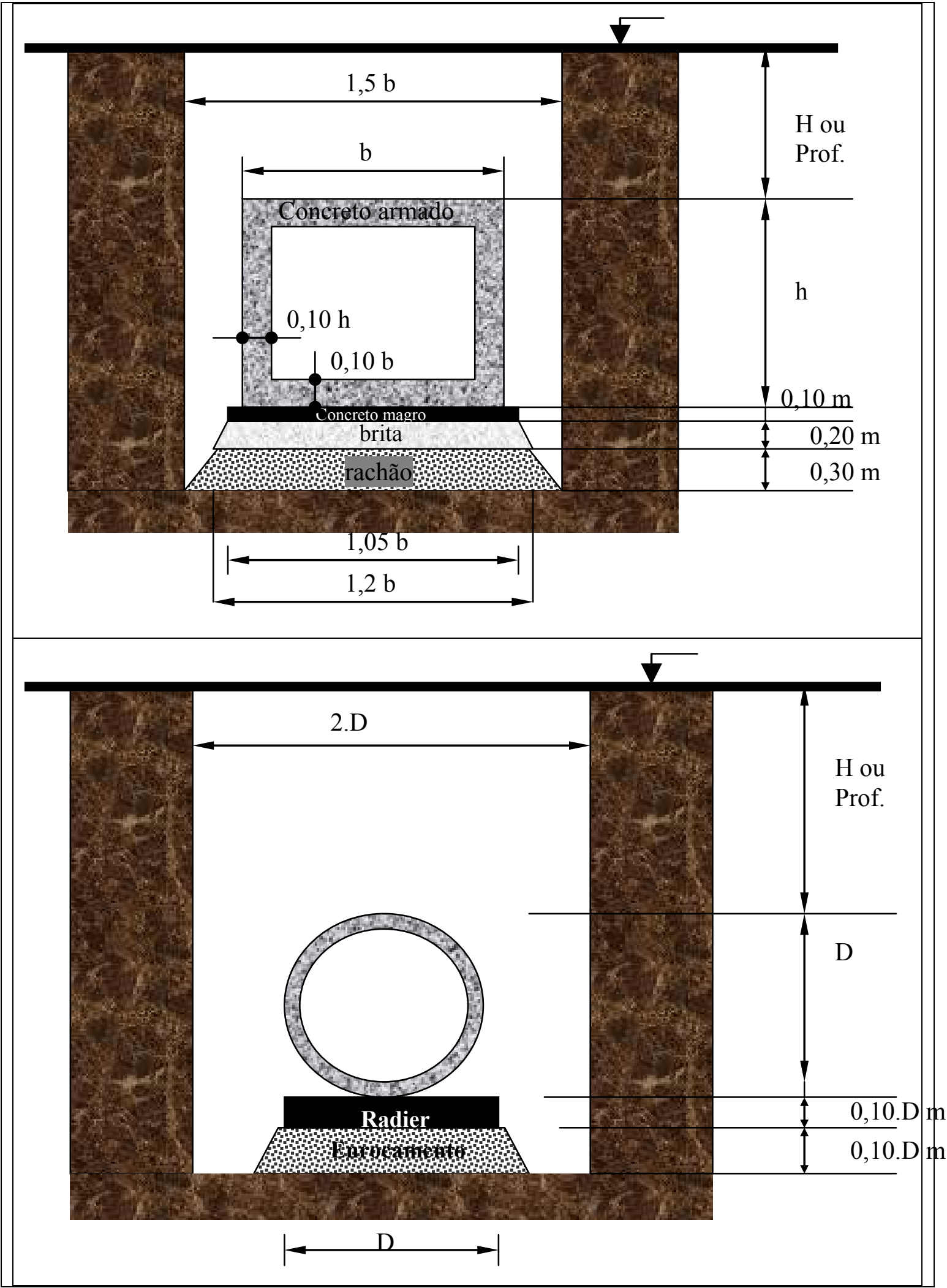


Figura 4.13 – Croqui mostrando os insumos considerados para a estimativa de custos.

3.4.3 Alternativa II: Implantação de reservatórios e ampliação das redes de macrodrenagem com capacidade insuficiente

A Alternativa II utiliza o conceito de controle do escoamento, com reservatórios, buscando a não transferência de impactos para jusante, sendo, portanto, mais sustentável. O uso de reservatórios visa amortecer os hidrogramas afluentes e absorver os volumes excedentes em diferentes trechos de canais ou galerias. Nessa segunda alternativa, a ampliação das redes de macrodrenagem é contemplada, somente quando técnica, ou economicamente, não é viável o uso de reservatórios.

Os reservatórios de retenção são uma medida estrutural, utilizados para controlarem o pico das enchentes através do armazenamento de volumes em áreas devidamente projetadas. Embora com a utilização dos reservatórios, deve-se considerar que, principalmente os trechos das redes de microdrenagem, localizados nas regiões de cabeceira das bacias, deverão estar funcionando adequadamente, de forma a garantir que a água consiga atingir os reservatórios. Além destes trechos mencionados, trechos à jusante ou à montante dos reservatórios também foram ampliados, quando necessário.

A Alternativa II, quando comparada à Alternativa I apresenta a grande vantagem de não transferência de impacto à jusante e, normalmente, menor custo de implantação associada.

3.4.3.1 Caracterização

A análise dessa alternativa consistiu das seguintes etapas de trabalho:

- I. Identificação dos trechos críticos, realizada nas fases de diagnóstico e prognóstico;
- II. Determinação dos volumes excedentes;
- III. Identificação de locais potencialmente utilizáveis para a instalação de reservatórios;
- IV. Seleção dos locais adequados para a instalação dos reservatórios;
- V. Determinação preliminar de volumes disponíveis para amortecimento nos locais selecionados;
- VI. Determinação de custos para as obras de implantação dos reservatórios;
- VII. Modelagem de otimização de soluções, considerando os locais selecionados para a reservação;
- VIII. Identificação dos locais finalmente selecionados.

As etapas i e ii foram realizadas e apresentadas no R2, e foram discutidas no capítulo 2 deste volume. As outras etapas são apresentadas a seguir.

3.4.3.2 Locais para a instalação de reservatórios na bacia hidrográfica do córrego Prosa

A partir da análise das imagens Ikonos do município de Campo Grande e navegação no Google Earth, foram identificados locais que têm potencial para a instalação dos reservatórios (Figura 4.14 a Figura 4.22). Nessas figuras, os polígonos azuis repre-

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

sentam as áreas públicas identificadas, enquanto os polígonos vermelhos seriam áreas privadas. Essas informações, no entanto, devem ser checadas junto à prefeitura.

A seleção definitiva dos locais para a instalação dos reservatórios foi realizada durante visitas de campo, conjuntamente com a equipe de acompanhamento da Prefeitura Municipal de Campo Grande. No entanto, a seleção definitiva dos locais necessários será dependente dos resultados obtidos durante a análise de prognóstico, em que serão definidos volumes necessários e os locais de alagamento.

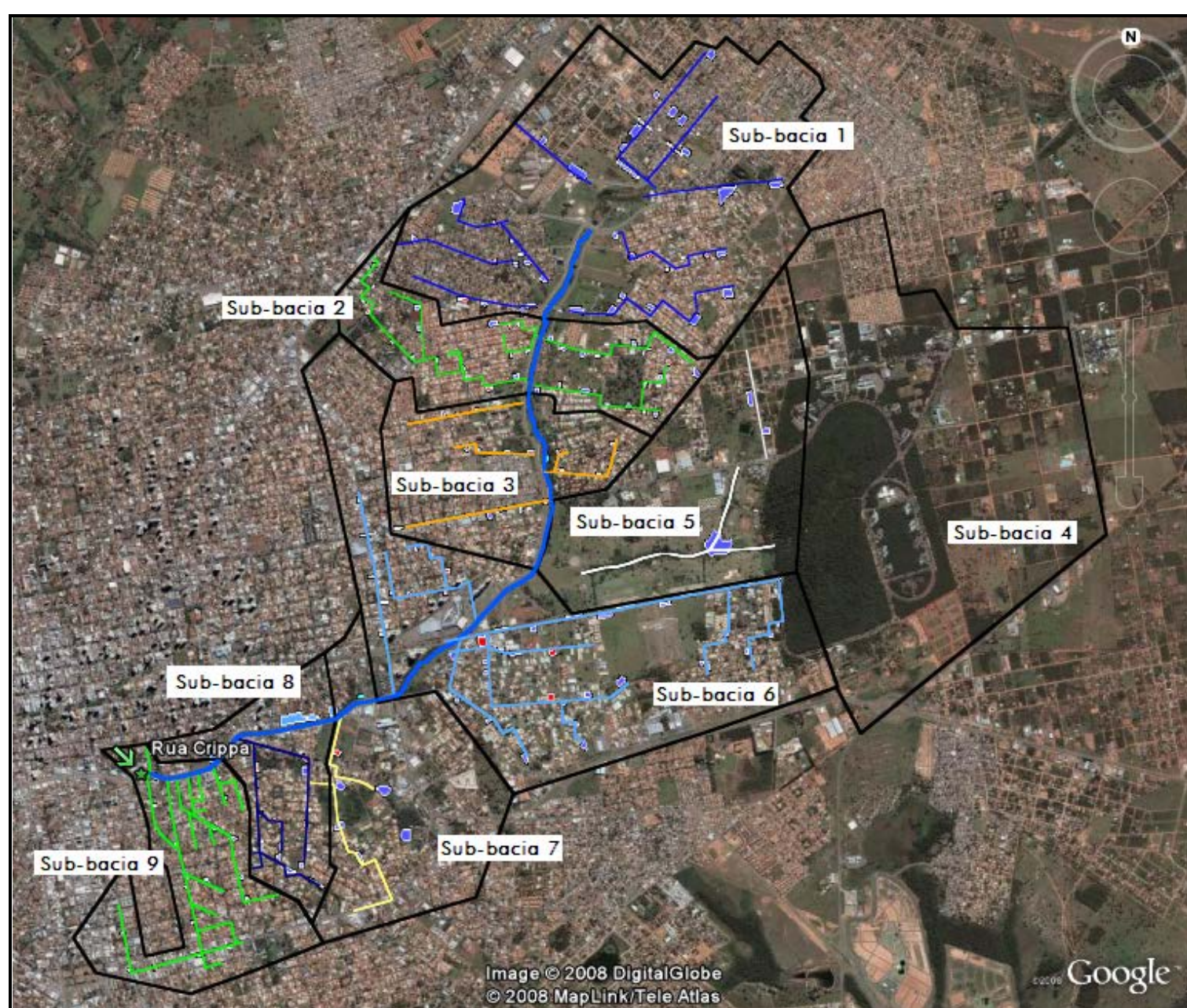


Figura 4.14 – Locais potenciais de implantação de reservatórios na bacia do córrego Prosa.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana



Figura 4.15 – Locais potenciais de implantação de reservatórios na sub-bacia 1 do sistema do córrego Prosa.



Figura 4.16 – Locais potenciais de implantação de reservatórios na sub-bacia 2 do sistema do córrego Prosa.



Figura 4.17 – Locais potenciais de implantação de reservatórios na sub-bacia 3 do sistema do córrego Prosa.

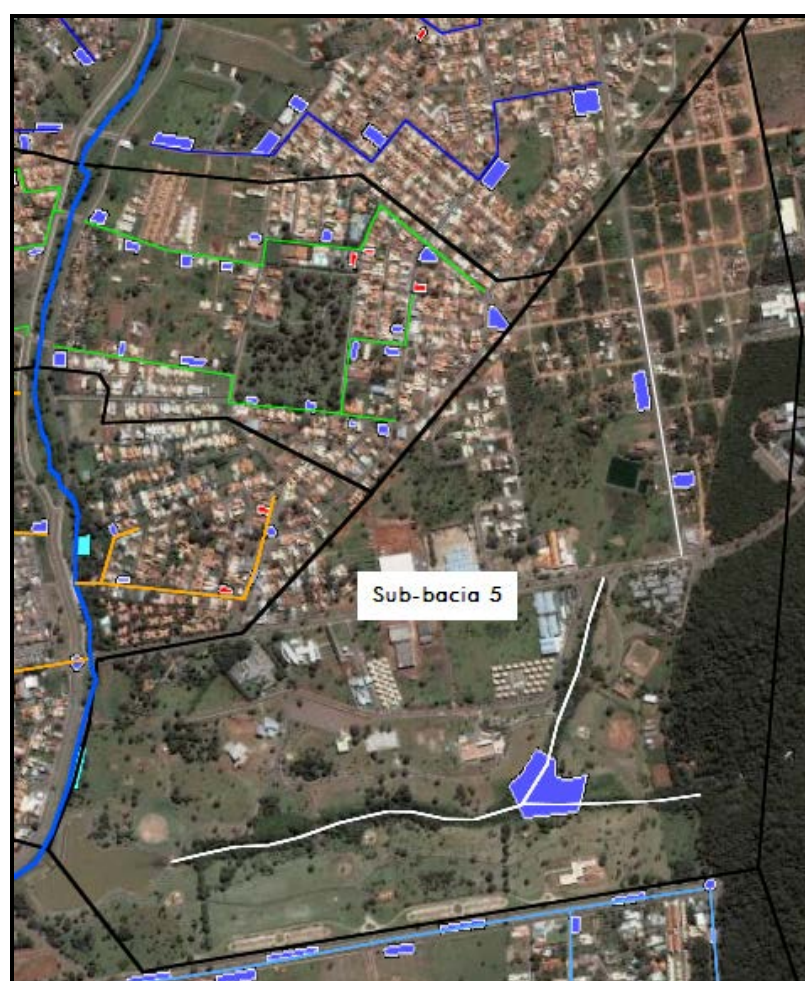


Figura 4.18 – Locais potenciais de implantação de reservatórios na sub-bacia 5 do sistema do córrego Prosa.

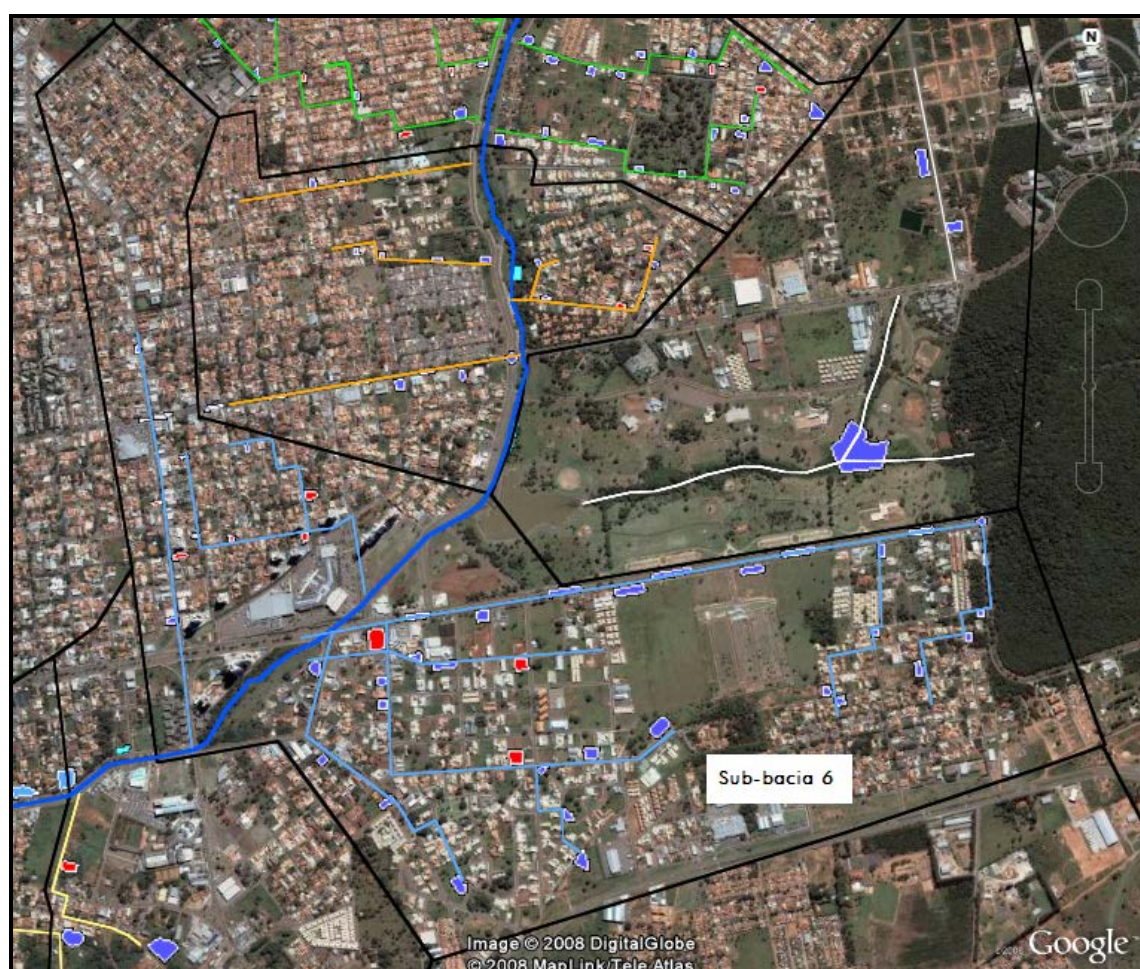


Figura 4.19 – Locais potenciais de implantação de reservatórios na sub-bacia 6 do sistema do córrego Prosa.



Figura 4.20 – Locais potenciais de implantação de reservatórios na sub-bacia 7 do sistema do córrego Prosa.



Figura 4.21 – Locais potenciais de implantação de reservatórios na sub-bacia 8 do sistema do córrego Prosa.



Figura 4.22 – Locais potenciais de implantação de reservatórios na sub-bacia 9 do sistema do córrego Prosa.

Em função do grande número de locais selecionados, a partir da imagem de satélite, foram realizadas visitas de campo e um encontro com corpo técnico da Prefeitura Municipal de Campo Grande, responsável pela supervisão do presente estudo, com a finalidade de identificação dos locais que realmente poderiam ser utilizados para a implantação dos reservatórios de retenção.

Sob a orientação do Sr. Ariel Serra, diretor-presidente da Agência Municipal de Regulação dos Serviços Públicos Delegados de Campo Grande, foram, finalmente, selecionadas as áreas apresentadas em cor amarela na Figura 4.23. A identificação desses locais, no entanto, não significa que todas as áreas serão utilizadas na Alternativa II, onde foi buscada a otimização da solução.

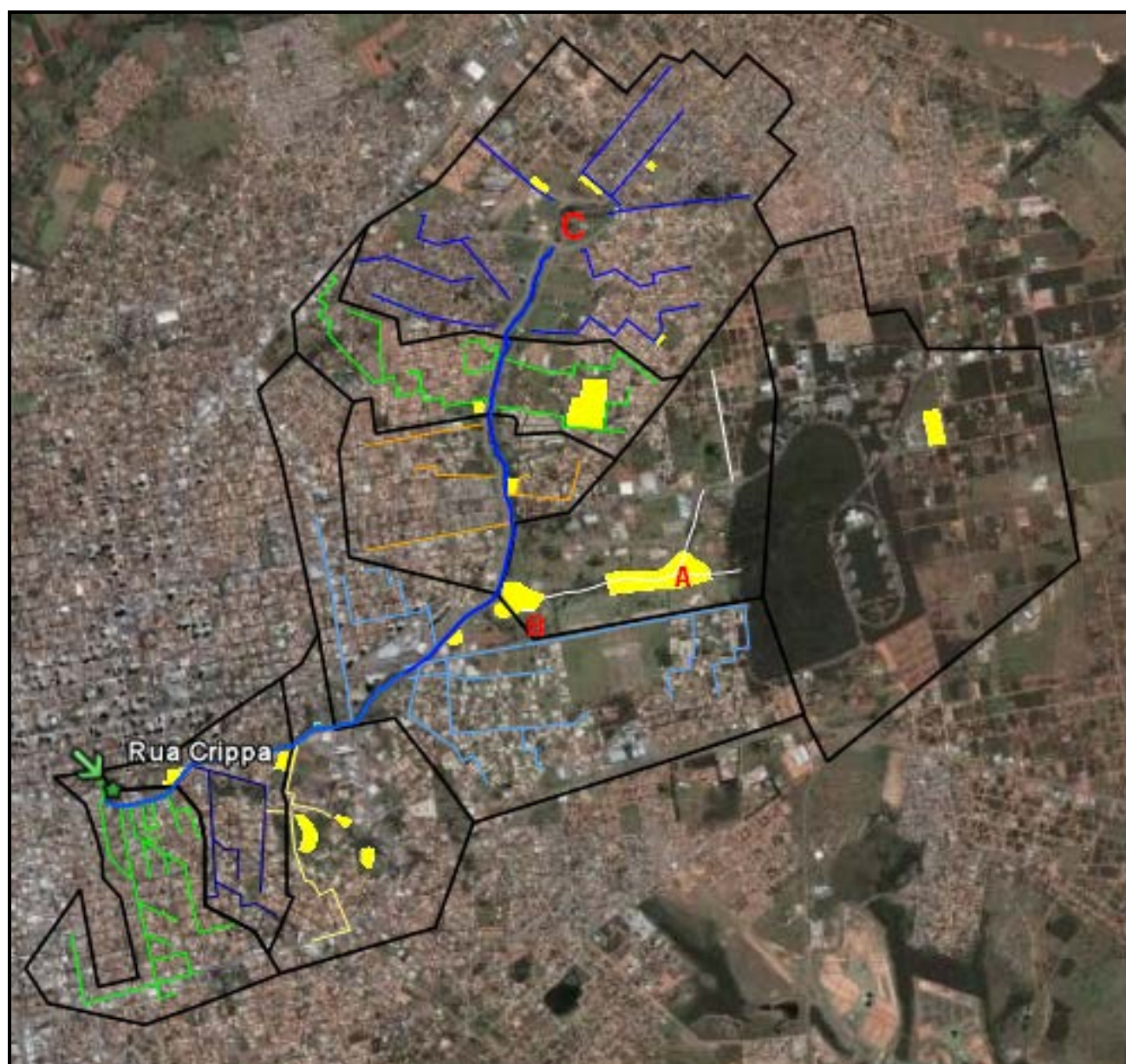


Figura 4.23 – Locais indicados como viáveis para a implantação de reservatórios na bacia do córrego Prosa.

Na Figura 4.24 as áreas A, B e C seriam utilizadas para reservação do tipo *on-line*, enquanto as áreas restantes seriam utilizadas para reservação do tipo *off-line*. Destaca-se que a área A encontra-se ao longo do curso do córrego Prosa, no interior do Parque das Nações Indígenas. A área B consiste no aproveitamento do Lago do Parque das Nações Indígenas para fins de reservação. Finalmente a área C considera o aproveitamento do Lago do Parque do Sóter para o amortecimento.



Figura 4.24 – Fotografias mostrando as áreas onde poderão ser instalados reservatórios de retenção *on-line*.

3.4.3.3 Determinação preliminar dos volumes disponíveis para reservação

A partir dos locais previamente selecionados, foi realizada uma análise para fins de identificação daqueles locais que finalmente seriam avaliados na modelagem com vistas à reservação.

Assim, aqueles reservatórios com área disponível muito pequena foram descartados da avaliação final com fins de reduzir o número de combinações a serem analisadas. Aqueles reservatórios que, mesmo com grande área superficial, estão localizados nos extremos de montante das bacias hidrográficas também foram eliminados nessa análise preliminar, visto que contribuiriam muito pouco na redução das vazões escoadas. Esse procedimento foi realizado previamente, visto que para todos os locais selecionados o custo de aquisição da área é nulo, pois tratam-se de locais públicos.

Com esses procedimentos iniciais, procurou-se utilizar o mínimo número de reservatórios na análise, considerando apenas aquelas áreas em que fosse possível obter

um amortecimento realmente efetivo. Resultaram, portanto, 11 locais a serem avaliados para a implantação dos reservatórios.



Figura 4.25 – Locais finalmente selecionados para análise de alternativas com o uso de reservatórios.

Assim, foram excluídos da análise os seguintes locais de amortecimento:

- Pequenas áreas a montante do Lago do parque do Sóter e o Lago Sóter (sub-bacia 1): o maior volume de água ingressa a jusante desse ponto sendo que na primeira barragem do córrego Sóter é necessário aumentar em 7900 m³ sua capacidade de forma a solucionar os problemas de alagamento.
- Área na margem esquerda do Sóter (sub-bacia 2): embora haja espaço disponível, essa área encontra-se próximo à região de cabeceira, sendo que a implantação de um reservatório nessa posição não traria redução significativa das vazões.
- Área na margem direita do Sóter (sub-bacia 2): nesse local existe pouca área disponível e já nas proximidades da existência da segunda barragem do Sóter, portanto, considerou-se que seria mais econômico realizar apenas a ampliação da barragem, do que instalar um pequeno reservatório na proximidade.
- Área na margem esquerda do Sóter (sub-bacia 3): nesse local existe pouca área disponível e já nas proximidades da existência da terceira barragem do Sóter, portanto, considerou-se que seria mais econômico realizar apenas a ampliação da barragem, do que instalar um pequeno reservatório na proximidade.

- Área a montante do córrego Prosa (sub-bacia 4): embora haja espaço disponível, essa área encontra-se próximo à região de cabeceira, sendo que a implantação de um reservatório nessa posição não traria redução significativa das vazões.
- Área na margem esquerda do Prosa (sub-bacia 6): nesse local existe pouca área disponível e já junto ao curso do córrego Prosa onde as vazões são maiores, portanto, esse reservatório traria pouca contribuição na redução das vazões.

Tabela 4.6 – Estimativa preliminar de volume disponível de armazenamento e altura útil dos reservatórios.

Local	Descrição	Área Superficial (m²)	Altura útil (m)	Volume útil (x1000m³)
1	Barragem Sóter Montante	15.000	8	120
2	Barragem Sóter Meio	11.350	8,5	96,5
3	Barragem Sóter Jusante	14.700	9	132
4	Área no Parque das Nações Indígenas	75.000	1,4	105
5	*Lago do Parque das Nações Indígenas	50.608	1,2	60,7
6	Parque das Águas (Cachoeiras)	60.000	1,8	108
7	Montante do Córrego Vendas (junto à rua Antônio da Silva Vendas)	10.000	1,9	19
8	Meio do Córrego Vendas (junto à rua Nelson Figueiredo Júnior)	8.750	1,9	16,63
9	Meio do Córrego Vendas (junto à rua D. Fidelina da Silva Vendas)	20.000	1,1	22
10	Área entre a rua Itaquiraí e Av. Ricardo Brandão	28.750	1,8	51,75
11	Área entre a rua Joaquim Murtinho e Av. Fernando Correa da Costa	9.100	1,1	10,01

*faz uso do lago já existente apenas aumentando a cota da crista do vertedor em 70 cm

A equipe de acompanhamento da Prefeitura Municipal de Campo Grande foi consultada para avaliar a possibilidade de uso da área compreendida entre as Av. Afonso Pena e Ricardo Brandão (Parque das Cachoeiras) para fins de reservação, dada sua posição estratégica na bacia hidrográfica. Esse local não havia sido identificado em fase posterior. No entanto, diante da consulta realizada à equipe da Prefeitura, ela foi incluída, pois existem, inclusive, recursos para projetos que associem eficiência com estética, pois lá está sendo implantando uma espécie de praça (parque) denominado "Parque da Águas".

Na Figura 4.25 são apresentados os locais finalmente utilizados para a análise das alternativas de amortecimento. Para esses possíveis locais, foram estimadas as áreas superficiais possivelmente utilizáveis para reservação e altura útil, conforme Tabela 4.6.

3.4.3.4 Custos associados

A estimativa dos custos desta alternativa foi realizada, considerando-se que os reservatórios fossem implantados, de acordo com as melhores concepções de projeto, obtidas mediante modelagem de otimização, e que todas as redes de drenagem com capacidade insuficiente seriam ampliadas possibilitando a adequada drenagem.

Considerou-se que os reservatórios são estruturas simples, de uma única câmara, executadas de forma aberta, ou seja, sem laje de cobertura, gerando os seguintes custos associados:

- volume de escavação;
- transporte de material escavado;
- enleivamento dos taludes;
- estruturas de entrada e saída;
- revestimento de fundo.

Tabela 4.7 – Insumos utilizados para a estimativa dos custos com a implantação dos reservatórios.

Insumo	Custo (R\$)	Unidade	Código SINAPI
Escavação solo	7,80	m³	2418/001
Escavação manual em rocha com uso de perfuratriz e explosivos (h<2m)	37,01	m³	Informação conseguida com a equipe de acompanhamento
Transporte de material – bota-fora – dmt =10 km	13,71	m³	23609/001
Carga e descarga mecanizada do solo	1,20	m³	23416/001
Piso cimentado rústico com E-=3,5 cm	22,41	m²	68506/003
Plantio de grama batatais em placas	6,11	m²	11522/001
Aquisição de grama batatais em placas	3,70	m²	3324
Cerca arame liso para áreas urbanas	22,13	m	25679/002

Na tabela 4.7 são apresentados os insumos considerados na composição dos custos dos reservatórios de amortecimento. Os custos foram estimados a partir de valores praticados pela Prefeitura Municipal de Campo Grande, e foram obtidos a partir de tabelas do SINAPI com data de junho de 2008, acrescidos de 30%, conforme orientação da equipe de acompanhamento da prefeitura. De forma a facilitar futuras atua-

lizações, na Tabela 4.7 são apresentados alguns índices que podem ser futuramente utilizados para fins de correção dos valores. Os valores são apresentados para cada insumo, especificando o código da atividade do SINAPI para esse fim.

Estes custos correspondem a uma estimativa, servindo apenas para uma avaliação preliminar, em termos de comparação de alternativas, visto que não é possível estimar custos envolvidos com remanejamentos de redes de drenagem, soluções para interferências, desassoreamento e desobstruções. Para a quantificação de tais elementos seria necessário um levantamento cadastral apurado que não traria grandes contribuições nesta fase de planejamento, mas que é extremamente importante em caso de projeto executivo.

A estimativa de custos relacionados com eventuais ampliações de redes de macrodrenagem seguiram as composições de custo apresentadas para a Alternativa I.

3.4.3.5 Modelagem de otimização de soluções com reservatório

Após a definição dos locais que seriam utilizados para reservação e a definição dos custos associados, foi realizado um processo de otimização da solução através da busca do mínimo custo de implantação da obra.

Para esse fim foi montada uma topologia de simulação que inclui os 11 reservatórios previstos, conforme descrito anteriormente (Figura 4.26). O modelo utilizado para realizar a otimização é uma adaptação do modelo hidrológico IPHS1. Ele foi preparado para realizar a otimização econômica das soluções, e permite a obtenção de um cenário sem os alagamentos detectados com um mínimo custo de implantação de obras. Nessa topologia cada triângulo representa um reservatório a ser avaliado, em um total de 11.

É necessário informar ao modelo as informações previamente levantadas, de locais para armazenamento, volumes disponíveis, cotas máximas e custos. Neste estudo, a simulação do funcionamento do sistema de drenagem, com a inserção das medidas é realizada através da base de modelos do IPHS1, com os algoritmos de propagação do escoamento em canais de Muskingum-Cunge para condutos fechados e de Puls em reservatório. Todas as seções dos canais naturais, tubos e galerias utilizados no modelo de propagação hidráulico-hidrodinâmico SWMM foram adaptadas, por meio da determinação de seção equivalente, para sua inserção no modelo IPHS1, de forma a reproduzir uma representação o mais próximo possível do existente. Os hidrogramas gerados nos cenários de prognóstico foram utilizados como dados de entrada para propagação.

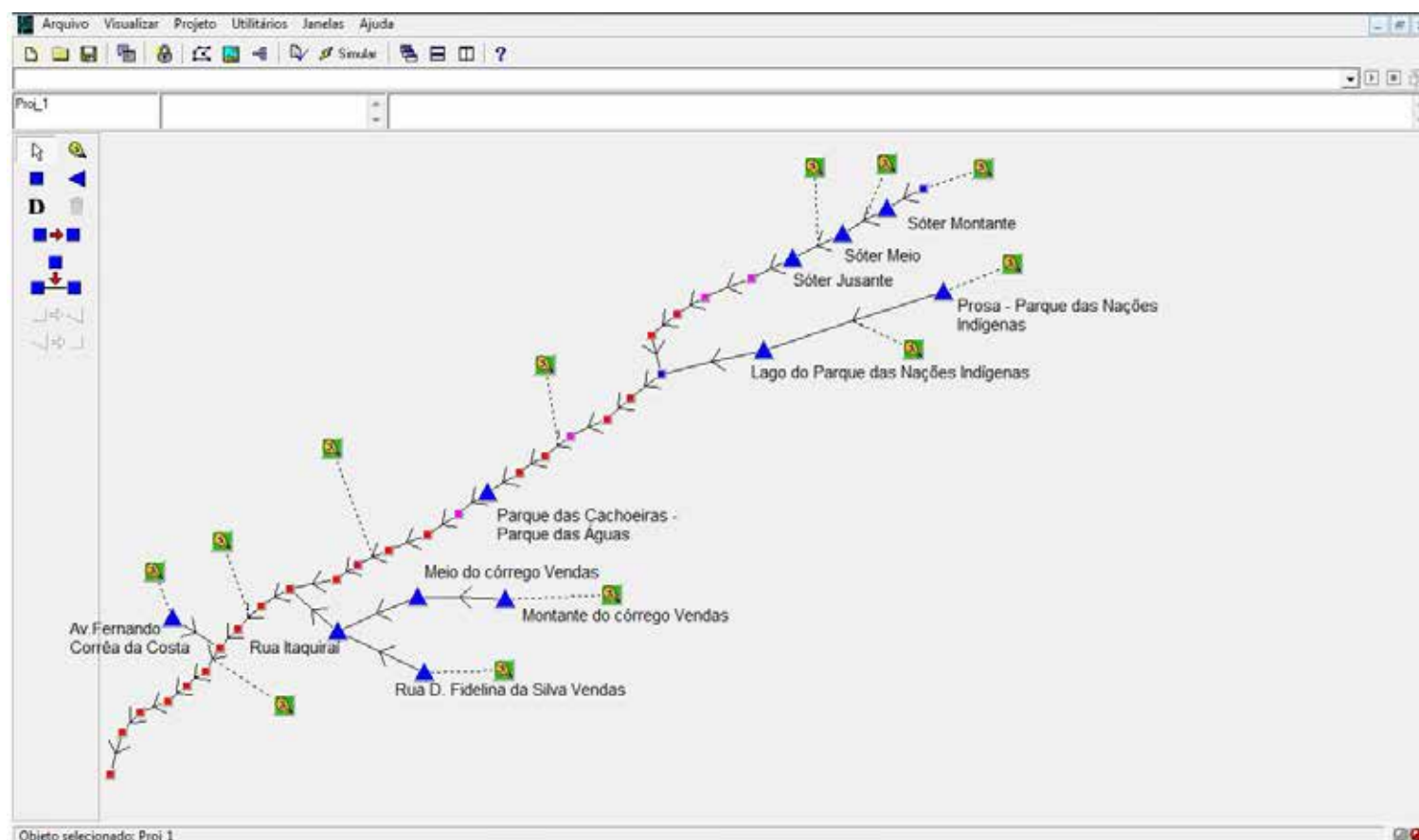


Figura 4.26 – Montagem da topologia para otimização de alternativa.

Para o módulo de otimização das alternativas de controle do escoamento foi utilizado o algoritmo SCE-UA (Duan et al., 1992), também denominado “Algoritmo de Evolução de Complexos Misturados”. O procedimento utilizado seguiu a metodologia desenvolvida por Cruz (2005). A ação deste módulo sobre os cenários de alternativas utiliza a análise de custo da implantação de sistemas de escoamento mais eficientes (aumentos na capacidade condutora do sistema) e/ou de armazenamento dos volumes escoados (reservatórios) nos pontos do cenário determinados pelo usuário.

Com relação aos procedimentos que o modelo faz nessa etapa, são otimizados os diâmetros dos descarregadores de fundo dos reservatórios, e a vazão de passagem (by-pass), no caso dos reservatórios que não podem não estar na linha principal do sistema, como é o caso dos reservatórios 4, 7, 8, 9, 10 e 11. Caso os reservatórios não consigam eliminar os problemas com as inundações, os trechos a jusante são ampliados, sempre buscando a solução de menor custo.

O objetivo ao final da otimização é obter a melhor configuração de sistema, considerando o menor custo e respeitando a vazão admissível no exutório da bacia hidrográfica. Para o córrego Prosa **a vazão máxima admissível na saída do sistema é de $165 \text{ m}^3/\text{s}$** , limitada pela galeria que inicia na rua Padre João Crippa e passa sob a zona central da cidade. Durante a otimização essa foi a restrição considerada, visto que a ampliação dessa galeria demandaria em ampliações à jusante, incluindo todo o córrego Anhanduí.

3.4.4 Simulações das alternativas I e II

3.4.4.1 Alternativa I

Nessa alternativa, foram ampliados todos os canais e tubos com capacidade insuficiente para garantir o escoamento da cheia com 10 anos de período de recorrência e 24 horas de duração, ou seja, o mesmo evento usado na fase de prognóstico.

O critério utilizado para a ampliação foi a manutenção das cotas de fundo e característica geométrica da seção transversal dos canais e condutos, conforme explicado no item 4.4.2.1.

Os resultados da ampliação são apresentados na Tabela 4.8 (as ampliações são suficientes para garantir o escoamento das águas tanto no Cenário Tendencial como Máximo), obedecendo o sentido de montante para jusante. Nessa tabela, a primeira coluna apresenta o trecho, conforme pode ser identificado no mapa da Figura 4.26; a segunda coluna mostra o incremento de aumento na área da seção transversal, no sentido da largura, de todos os canais abertos; a terceira e quarta coluna apresentam características necessárias e existentes para os vertedores existentes nas três barragens do córrego Sóter; as colunas seguintes apresentam as ampliações dos trechos de galeria e tubos.

Conforme pode ser identificado, vários trechos de canal, especialmente no córrego Prosa deverão ser ampliados nesses cenários da Alternativa I: Cenário Tendencial e Cenário Máximo. Embora com aumento da capacidade de armazenamento nas barragens do córrego Sóter, não é possível evitar a ampliação dos trechos à jusante, especialmente pelo ingresso de hidrogramas das sub-bacias que estão à jusante das barragens. De qualquer forma a ampliação da capacidade de armazenamento nos locais já existentes, e o levantamento da cota do vertedor, contribuirão no sentido de evitar o alagamento à montante do barramento e evitarão o acréscimo das vazões à jusante em razão de possíveis vertimentos.

Todos os trechos compreendidos entre a afluição dos córregos Prosa e Sóter, junto ao Lago do Parque das Nações Indígenas, até o exutório no Parque Oswaldo Arantes (ou Parque das Cachoeiras) (Ca63 a Ca68) deverão ser ampliados para comportar o aumento das vazões, incluindo as galerias que se encontram sob o Shopping Center Campo Grande.

Dentro da área do Parque Oswaldo Arantes não foram identificados problemas, visto que as características do local permitem o extravasamento da calha sem expor a população em risco. A partir do trecho que se encontra sob a Rua Ceará até a Rua Padre João Crippa, todos os trechos de canal necessitam obras de ampliação. Isso inclui as pontes, que se mostraram como obstrução ao escoamento, devido ao estreitamento de seção nesses locais.

Tabela 4.8 – Relação dos trechos com necessidade de ampliação na bacia do córrego Prosa: Cenários Tendencial e Máximo.

Trecho de montante para jusante, conforme Figura 4.16	Fator para aumento da seção hidráulica de canais abertos	Barragens do Sóter		Canais retangulares			Tubos	
		Altura vertedor (m)	Altura vertedor (m)	Seção necessária		Seção atual	Seção necessária	Atual
		Necessária	Atual	Base (m)	Altura (m)			
Ca46	2						Ø Tubo (m)	Ø Tubo (m)
Ca47	3							
Primeira barragem Sóter		1.6	1.5					
Ca052	3							
Ca53	3							
Segunda barragem Sóter		2	1.5					
Ca110	2.5							
Terceira barragem Sóter		2	1.5					
Ca63	1.4							
Ca64				8	4	8		
Ca66							5 x 3m	3 x3m
Ca68				5	3.5**	5		
Ca156							3 x 4.25m	2 x 4.25 m
Nova Era				10	5	9.5		
Ca274	1.5							
Ca275	1.2							
Ca276	1.2							
Ca277	1.2							
Ca278	1.2							
Ca279	1.5							
Ferreira				10	4	3.033		
Ca187	1.2							
Ca263	1.2							
Ca264	1.2							
Ca265	2							
Ca266	2							

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Trecho de montante para jusante, conforme Figura 4.16	Fator para au- mento da se- ção hidráulica de canais a- bertos	Barragens do Sóter		Canais retangulares				Tubos	
		Altura ver- tedor (m)	Altura ver- tedor (m)	Seção necessária		Seção atual		Seção ne- cessária	Atual
		Necessária	Atual	Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	Ø Tubo (m)	Ø Tubo (m)
Ca267	2.5								
Ca204	2.5								
Bahia				6	3	3.033	2.7		
Ca268	2								
Ca269	2								
Ca270	2								
Murtinho				10	4	3.6	2.5		
Ca259	2								
Ca258	1.2								
Ca257	2								
Ca260	2								
Ca255	2								
Ca262	2								
José Antônio				9.9	5	9.9	4.12		
Ca261	1.2								
Ca244				10	5				
Ca252	2								
Ca251	2								
Ca250				10	5				

* são três células
** são quatro células

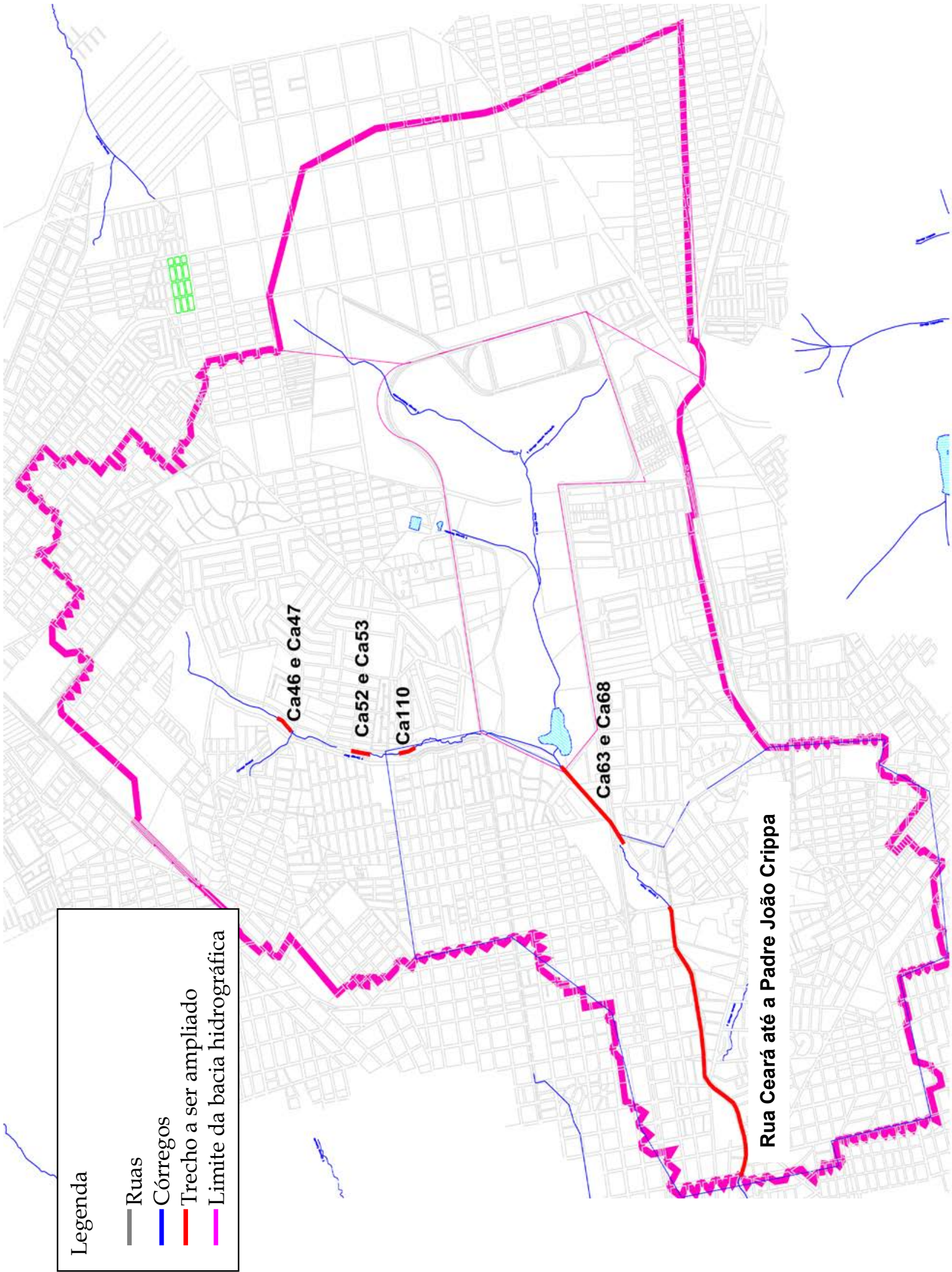


Figura 4.27 – Trechos de canal ao longo da bacia do córrego Prosa com necessidade de ampliação: Cenário.

O hidrograma no exutório da bacia do córrego Prosa (imediatamente antes da afluência com o córrego Segredo) teria um pico de quase 300 m³/s para essa alternativa de controle de inundações.

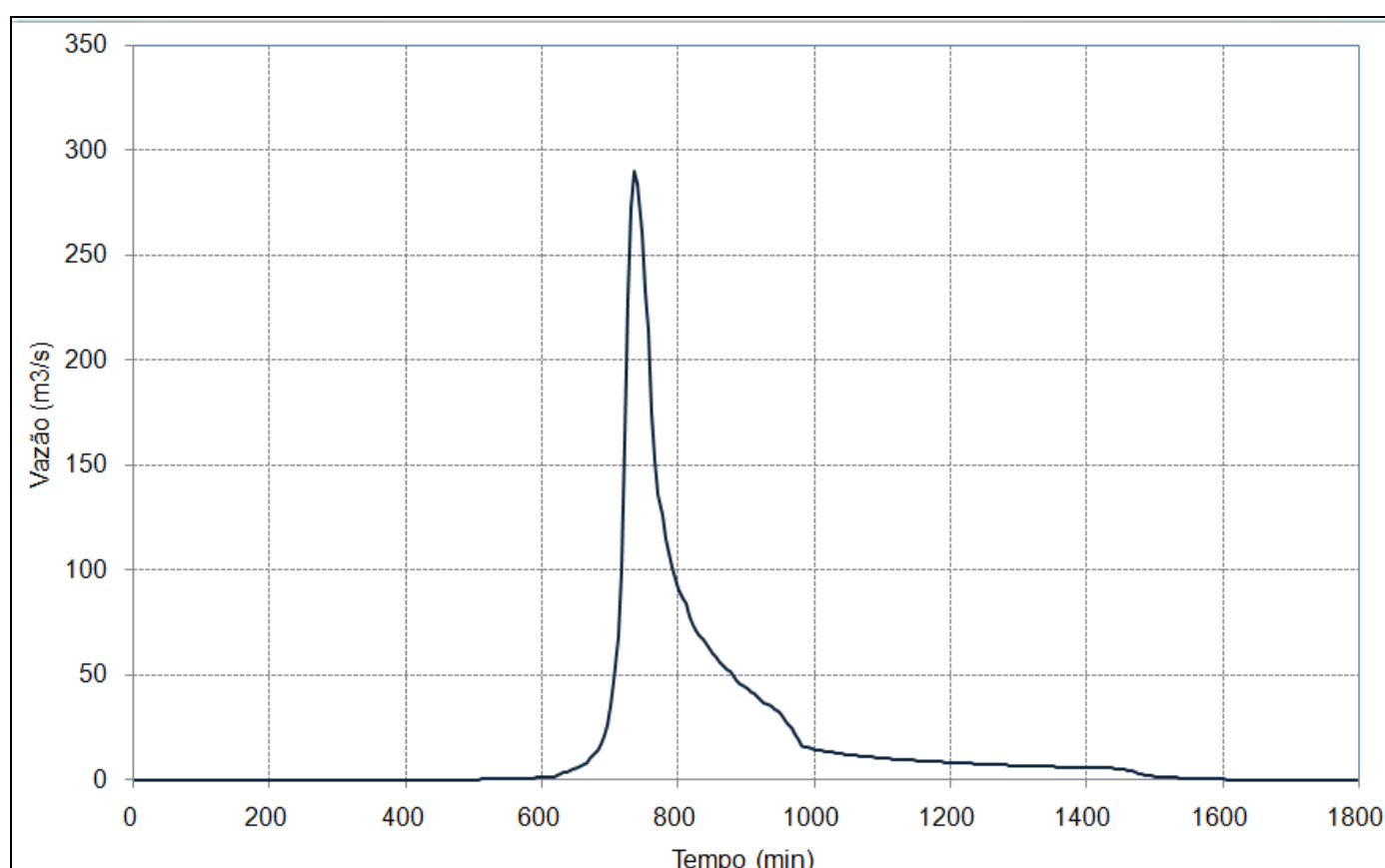


Figura 4.28 – Hidrograma no exutório do sistema para a Alternativa I.

Custo Final para a Alternativa I

Os custos estimados para a ampliação das redes de drenagem, conforme a **Alternativa I** foi de aproximadamente **53 milhões de reais**. Nessa situação, não estão contabilizados os custos associados com obras de ampliação da capacidade das redes de macrodrenagem a partir da rua Padre João Crippa e obras à jusante do córrego Prosa, após sua afluência com o córrego Segredo. Esse valor também não inclui nenhuma obra relacionada com solução de problemas de interferências, coletores de fundos, desapropriações, entre outros. Essas obras seriam extremamente necessárias, visto que a capacidade instalada da rede de drenagem à jusante, a partir da rua Padre João Crippa não ultrapassa os 165 m³/s e, considerando as vazões propagadas com a ampliação dos condutos, a vazão nesse ponto seria de quase 290 m³/s.

3.4.4.2 Alternativa II

Nessa alternativa, foram otimizadas as soluções para a escolha dos locais mais adequados para a implantação dos reservatórios, e minimização da ampliação das redes de drenagem. Utilizando a configuração com 11 possíveis reservatórios, conforme apresentado na Figura, foram realizadas várias simulações para fins de otimização da alternativa final. Os custos quantificados para a implantação dos reservatórios e ampliação das redes de drenagem foram incluídos no modelo de otimização.

Uma vez que os resultados do modelo de otimização foram obtidos, uma nova topologia no modelo SWMM foi montada, com a finalidade de verificar as condições de escoamento por meio de modelagem hidrodinâmica (Figura 4.29).

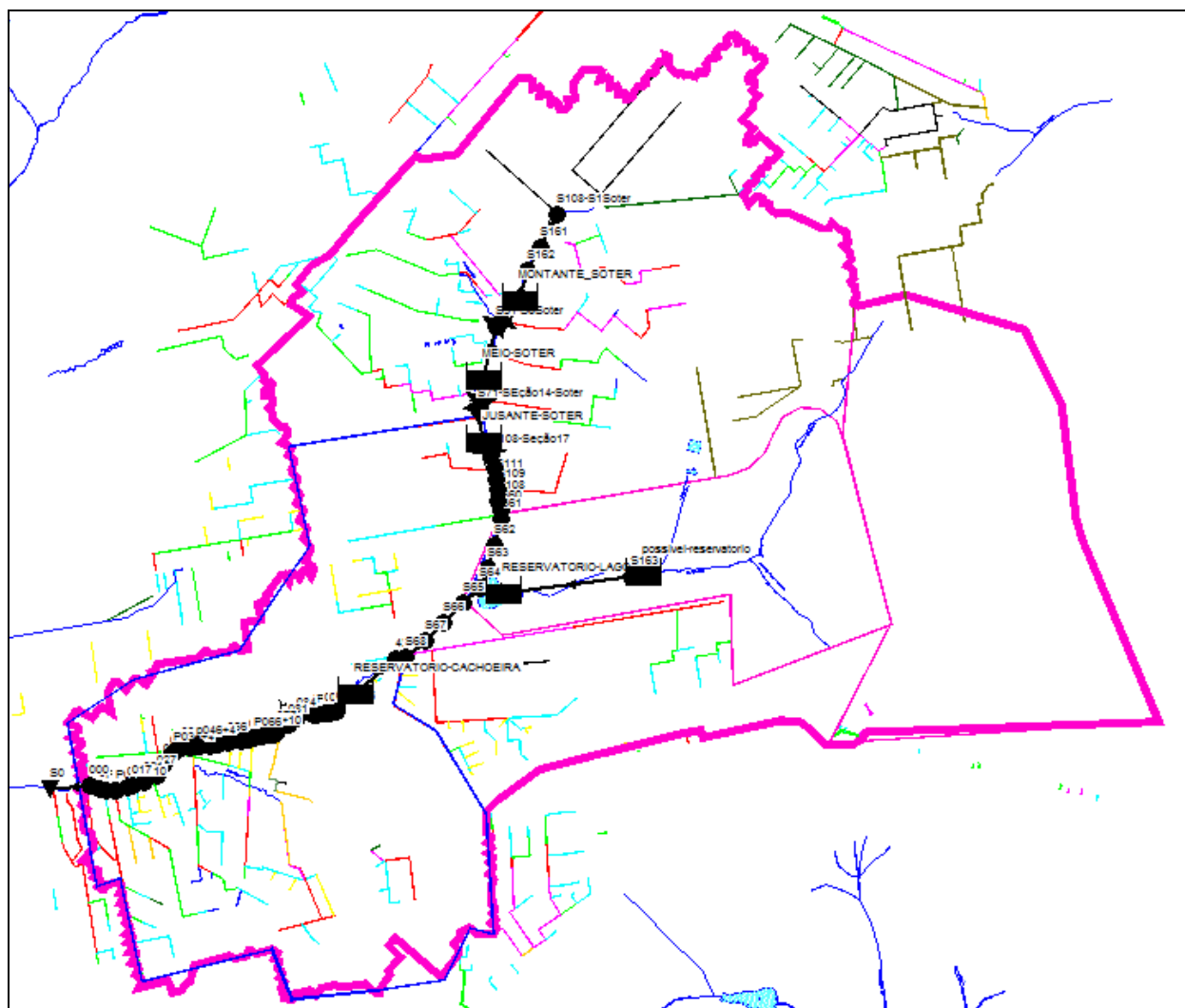


Figura 4.29 – Topologia montada no SWMM para a avaliação da solução encontrada para a Alternativa II.

Assim, todas as condições de escoamento foram retratadas nessa modelagem, sendo que foi verificada a viabilidade hidráulica da solução encontrada com os 6 reservatórios.

Finalmente, a solução economicamente e tecnicamente mais eficiente eliminou 5 reservatórios entre os 11 selecionados para a simulação. A solução encontrada utiliza as 3 barragens já existentes ao longo do córrego Sóter, considerando apenas a sua ampliação, a construção de um reservatório no Parque das Nações Indígenas, o aproveitamento do Lago do Parque das Nações Indígenas e a construção de um reservatório no Parque das Cachoeiras (Parque das Águas) (Figura 4.30). Dessa forma, seriam aproveitadas 3 estruturas de reserva já existentes e seriam construídas apenas duas adicionais (em áreas públicas). De forma geral, os reservatórios localizados a jusante da Av. Afonso Pena foram eliminados da solução.

Na Tabela 4.9 são apresentados os volumes necessários, diâmetros dos descarregadores de fundo dos reservatórios e vazão de by-pass, de acordo com o resultado das simulações. Conforme se verifica, o uso de uma vazão de by-pass também não consistiu em uma possibilidade viável para os reservatórios em análise. Ao contrário, percebe-se que as capacidades de armazenamento foram aproveitadas ao máximo. Para o cenário Máximo de uso do solo, é necessário aumentar o volume de armazenamento do reservatório 4, conforme apresentado na tabela,

a fim de limitar a vazão e a ampliação dos outros reservatórios e trechos a jusante deste.



Figura 4.30 – Locais finalmente utilizados para a análise da Alternativa II.

Tabela 4.9 – Características dos reservatórios dimensionados para o controle do escoamento na bacia do córrego Prosa.

Reservatório	Volume necessário (x 1000 m³)	Área da seção transversal do descarregador de fundo (m²)	Vazão de by-pass (m³/s)	Comprimento do vertedor (m)
1	117,21	4,5	0	
2	96,05	4,5	0	
3	131,60	4,5	0	
4	101,60*	1	0	
5	58,31	0,01		165
6	98,28	11,34	0	

**no cenário de uso do solo Máximo, o volume de armazenamento necessário é de 169,7 x 1000 m³*

Foi possível aproveitar o Lago do Parque das Nações Indígenas, considerando apenas algumas obras para aumentar a capacidade de armazenamento do local em aumentando o comprimento do vertedor. Nesse caso, esse reservatório teria um pequeno descarregador, instalado junto ao fundo de sua atura útil, para facilitar o esvaziamento até esta altura, permitindo que assim o reservatório esteja novamente em condições para atenuar novas cheias. As três barragens ao longo do Sóter foram aproveitadas, contemplando uma ampliação de sua capacidade de armazenamento. As áreas das seções transversais dos descarregadores de fundo atualmente existentes foram mantidas.

É importante destacar que os descarregadores de fundo dos reservatórios devem ser executados junto ao fundo dos mesmos, permitindo o esvaziamento, logo após a atenuação da onda de cheia. Ao longo da vida útil da obra, esses descarregadores devem ser permanentemente mantidos limpos, livres de obstrução, de forma a manter a capacidade de descarga.

Tabela 4.10 – Trechos a serem ampliados mesmo com o uso dos reservatórios.

Trecho	Seção necessária	Observação
Ponte da rua Levinda Ferreira	1 x (8 x 3,5 m)	Deixar o vão livre
Ponte da rua Bahia	1 x (7,5 x 3,5 m)	Deixar o vão livre
Ponte da rua Joaquim Murtinho	1 x (10 x 3,2 m)	Deixar o vão livre

A introdução dos reservatórios, no entanto, não isentou a necessidade de ampliação de alguns trechos, especialmente aqueles localizados junto às pontes. Na Tabela 4.10 são apresentados os resultados da ampliação. Para esses trechos, recomenda-se que essas seções sejam executadas com remoção dos pilares existentes sob as pontes, pois esses aumentam a rugosidade das paredes, reduzindo a capacidade hidráulica. Ainda, a execução de novas pontes é recomendada, de forma a deixar livre o vão sobre o córrego, pois atualmente os tabuleiros das pontes provocam um estrangulamento considerável ao escoamento, sendo que para “vencer” o impacto provocado por essas obstruções, seria necessário aumentar muito a largura dos canais, inviabilizando a execução dos mesmos.

A configuração montada para a simulação, e que deve ser contemplada em projeto executivo final prevê que os condutos de entrada no reservatório trabalhem escoando a superfície livre e não afogados. Esse detalhe é especialmente importante, de forma a garantir que a água consiga atingir o reservatório com efetividade. O descarregador de fundo também deverá ser executado com declividade suficiente que garanta o escoamento das vazões efluente dos reservatórios e impeçam possíveis inversões de vazão.

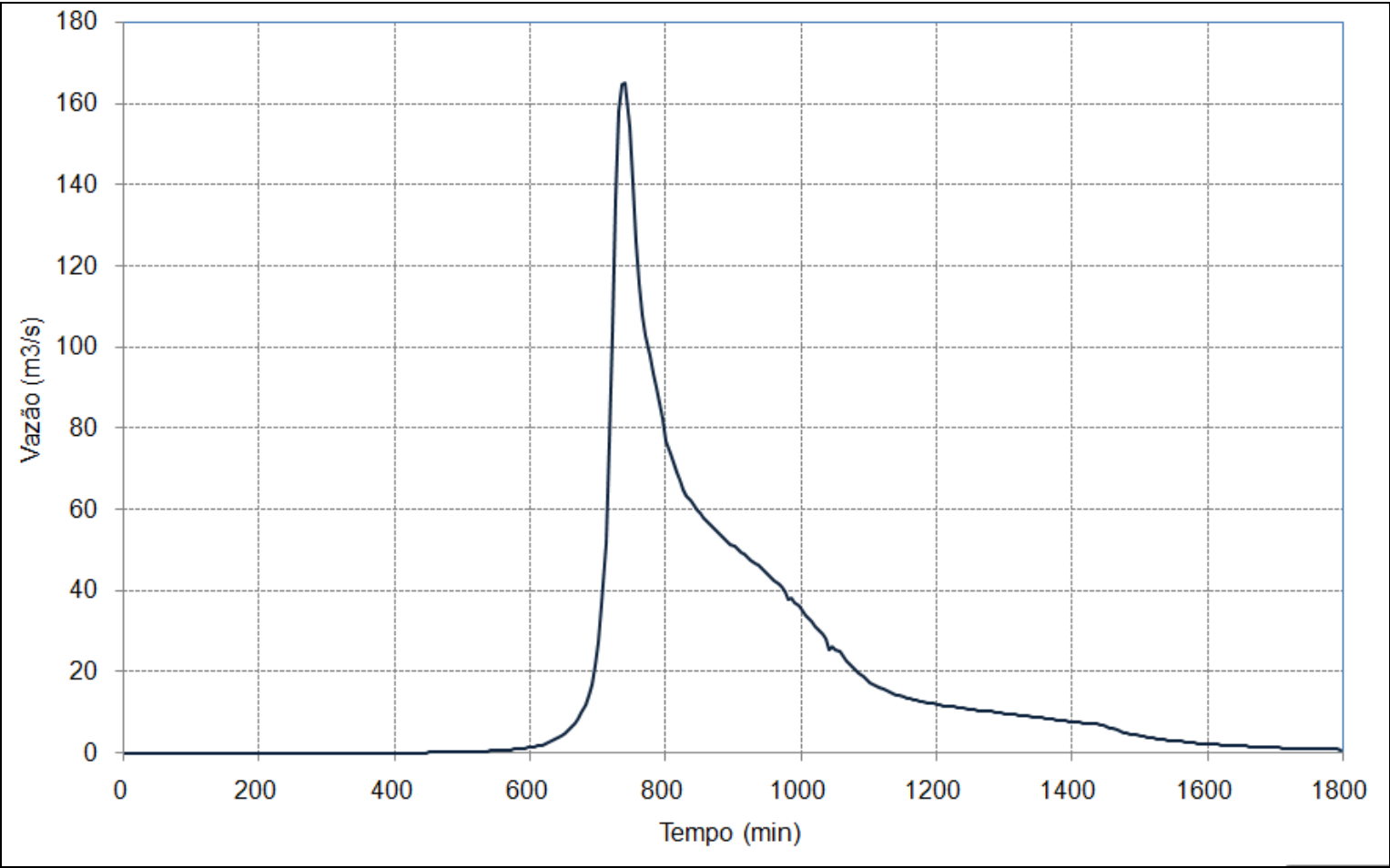


Figura 4.31 – Hidrograma no exutório do sistema para a Alternativa II.

Custo Final para a Alternativa II

O custo estimado para as obras da **Alternativa II** foi de aproximadamente **42 milhões de reais**. Esses valores devem ser considerados apenas para uma estimativa preliminar, pois não incluem nenhuma obra relacionada com solução de problemas de interferências, coletores de fundos, desapropriações, reconstrução das pontes, entre outros. A vazão na saída do sistema para essa alternativa é de aproximadamente 165 m³/s, portanto, dentro do valor aceitável.

Para essa alternativa o custo do m³ de reservação é da ordem dos R\$ 69,00 (sessenta e nove reais). Em cidades como Porto Alegre, por exemplo, esse custo de reservação é da ordem dos R\$ 100,00/m³, pois o custo do m³ de escavação em rocha chega a ser 3 vezes maior que o utilizado nessa estimativa. Os custos estimados também não incluem a introdução de estruturas e elementos especiais, como arquibancadas, paisagismo, equipamentos de recreação, entre outros. Dessa forma, é necessário agregar os custos desses elementos na quantificação de custos do projeto executivo final.

3.4.5 Avaliação e Indicação de Alternativa de controle

A Alternativa I mostrou-se cerca de 27,4% mais cara que a Alternativa II. Na verdade, esse valor é bem maior, visto que não foram quantificados os custos adicionais, relacionados com a ampliação dos condutos localizados à jusante dessa bacia hidrográfica, já no córrego Anhanduí. Se fosse considerada a Alternativa I para o controle das inundações na bacia, a vazão propagada à jusante seria cerca de 75% maior que para a Alternativa II, conforme mostra Figura 4.32, que é

uma comparação entre os hidrogramas no exutório da bacia hidrográfica do córrego Prosa para as duas alternativas de análise.

Tabela 4.11 – Custos estimados para a Alternativa II.

Reservatório	Custo estimado (x 1000 R\$)
1 - Barragem Sóter Montante	9.125
2 - Barragem Sóter Meio	7.155
3 - Barragem Sóter Jusante	9.539
4 - Área no Parque das Nações Indígenas*	8.958
5 - Lago do Parque das Nações Indígenas	2.950
6 - Parque das Águas (Cachoeiras)	3.546
Trecho	Custo estimado (x 1000 R\$)
Ponte da rua Levinda Ferreira	181
Ponte da rua Bahia	185
Ponte da rua Joaquim Murtinho	201
Total	41.840

**no cenário de uso do solo Máximo, o custo estimado é de 14.962 x 1000 R\$*

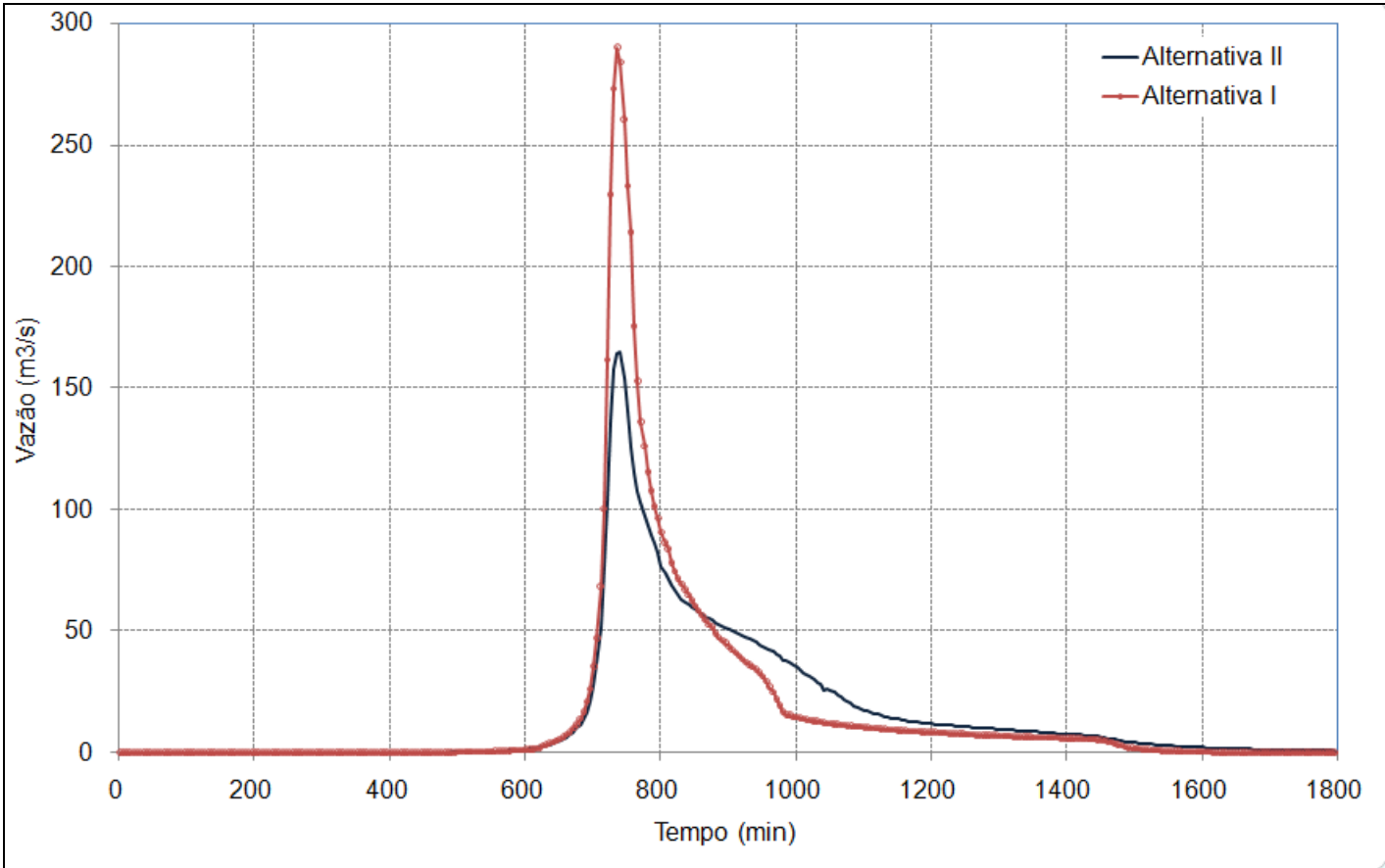


Figura 4.32 – Comparação dos hidrogramas no exutório do sistema para as Alternativas I e II.

3.5 Conclusões

Esse relatório apresentou a análise de possíveis alternativas para o controle das inundações na bacia do córrego Prosa, na cidade de Campo Grande/MS.

Duas alternativas para a solução dos problemas de macrodrenagem da bacia hidrográfica do córrego Prosa foram analisadas.

A Alternativa I consistiu na ampliação da capacidade de condução das redes de macrodrenagem, até que fossem eliminados os principais gargalos do sistema de drenagem. A Alternativa II fez uso de bacias de retenção para a atenuação das vazões de pico e distribuição dos volumes escoados no tempo.

Como resultado geral, para a Alternativa I, verificou-se a necessidade de ampliação de praticamente todos os trechos do sistema de drenagem, de forma a garantir o escoamento sem riscos de inundações. Os custos estimados para a ampliação das redes de drenagem nesta Alternativa I foram de aproximadamente 53 milhões de reais. Esse total não inclui os custos associados com obras de ampliação da capacidade das redes de macrodrenagem a partir da rua Padre João Crippa e obras à jusante do córrego Prosa, após sua afluência com o córrego Segredo. Esse valor também não inclui nenhuma obra relacionada com solução de problemas de interferências, coletores de fundos, desapropriações, entre outros.

Com a ampliação do sistema de drenagem, a vazão no exutório da bacia do córrego Prosa é da ordem dos 290 m³/s, superando, portanto, a capacidade instalada a partir da rua Padre João Crippa que não ultrapassa os 165 m³/s.

Na análise da Alternativa II, foram identificados 11 possíveis locais para reservação. A partir da otimização da solução (eficiência x custo) foram identificados 6 locais viáveis. Desses 6 locais, 4 já existem (barragens no córrego Sóter e Lago do Parque das Nações Indígenas), e necessitariam apenas de algumas obras para garantir o volume necessário de armazenamento.

O custo estimado para as obras da Alternativa II foi de aproximadamente 42 milhões de reais. Esses valores devem ser considerados apenas para uma estimativa preliminar, pois não incluem nenhuma obra relacionada com solução de problemas de interferências, coletores de fundos, desapropriações, reconstrução das pontes, entre outros. A vazão na saída do sistema para essa alternativa é de aproximadamente 165 m³/s, portanto, dentro do limite aceitável. O custo do m³ de reservação da Alternativa II é da ordem dos R\$ 69,00 (sessenta e nove reais), no entanto, não incluem a introdução de estruturas e elementos especiais, como arqui-bancadas, paisagismo, equipamentos de recreação, entre outros. Dessa forma, é necessário agregar os custos desses elementos na quantificação de custos do projeto executivo final.

Mesmo com a introdução de reservatórios na bacia hidrográfica, é necessário que sejam reconstruídas as pontes das ruas Levinda Ferreira, Bahia e Joaquim Murinho. O vão sobre o canal do córrego Prosa deve ficar livre para o escoamento.

Portanto, diante das alternativas analisadas, verifica-se que a Alternativa II mostrou-se como a mais atraente sob dois aspectos: econômico e ambiental. Econômico, pois resultou em um menor custo e ambiental, uma vez que não transfere para jusante os impactos causados pelo aumento do escoamento na bacia hidrográfica.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Caso a Alternativa I seja considerada, deverá ser realizado um projeto detalhado para a implantação do sistema de drenagem, de forma a evitar perdas de carga localizada, obstrução causada pelas pontes, entre outros.

A implantação da Alternativa II deve ser antecedida de um projeto executivo detalhado, observando-se a manutenção dos volumes e área dos descarregadores de fundo, conforme apresentado neste relatório.

Essas concepções de planejamento têm cunho estrutural e devem preferencialmente ser implantadas conjuntamente com as medidas não-estruturais, conforme preconiza a legislação proposta para o controle na fonte.

Conforme descrito neste relatório, os resultados obtidos na Alternativa II, composto da implantação de seis (6) áreas de amortecimento, mostrou-se suficiente para remediar as inundações no horizonte de estudo. Dessas seis (6) áreas, quatro (4) já existem (barragens no córrego Sóter e Lago do Parque das Nações Indígenas), necessitando de obras para adequar seus volumes aos necessários para o armazenamento.

Frente às dificuldades de adequação desses volumes, outras áreas de amortecimento estão sendo selecionadas para as simulações, resultando em uma nova alternativa para o amortecimento no Córrego Prosa. Este procedimento está sendo adotado para garantir a exequibilidade das soluções estruturais propostas, dando a Prefeitura Municipal de Campo Grande um maior número de opções para sua tomada de decisão.

3.6 Referências

CRUZ, M. A. S. Otimização do controle da drenagem em macrobacias urbanas, [217]f, Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre-RS, 2004.

DUAN, Q.; SOROOSHIAN, S.; GUPTA, V. (1992). Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models. Water Resources Research (28-4), p. 1015-1031.

SINAPI - Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil, 2008.

4 ANÁLISES BENEFÍCIO-CUSTO

4.1 Introdução

Existem várias metodologias para a análise econômica dos investimentos em medidas estruturais do controle da drenagem urbana. A metodologia utilizada aqui se baseia no método benefício–custo, como especificado no termo de referência do Plano Diretor de Drenagem.

Considerando que as medidas de controle estruturais foram realizadas para o córrego do Prosa, a análise econômica pelo método citado foi realizada para o referido córrego.

Nessa análise são estimados os custos associados às obras necessárias para mitigar as consequências dos alagamentos provocados pelos eventos de projeto.

Por sua vez, os benefícios associados a cada obra são ainda estimados por um método baseado na determinação dos danos evitados, através da comparação dos cenários “com projeto” e “sem projeto”. A mitigação das inundações com a execução de medidas estruturais produz a diminuição dos danos a edificações, pedestres, equipamentos, obras da via pública, etc. e, essa redução, pela metodologia empregada, é considerada igual aos benefícios gerados pelo empreendimento.

4.1.1 Critérios

Na definição das alternativas para o Controle das Inundações do córrego Prosa foram consideradas duas configurações diferentes envolvendo:

- A ampliação de trechos da rede de macrodrenagem;
- Implantação de reservatórios de retenção e ampliação da rede de macrodrenagem.

Essas alternativas foram dimensionadas, em nível de anteprojeto, para um tempo de recorrência de 10 anos, de acordo com as normas da Prefeitura da cidade de Campo Grande.

Para as análises custo-benefício, a configuração escolhida no estudo de alternativas foi ainda dimensionada para os períodos de recorrência de 5, 25 e 50 anos. Assim, os riscos associados aos eventos extremos podem ser relacionados aos respectivos investimentos e benefícios esperados pela execução das diferentes alternativas.

Um projeto de drenagem para o controle de inundações pluviais urbanas favorece a diferentes beneficiários e seus benefícios podem ser estimados de diversas maneiras. Dentre os principais beneficiários podem ser destacados os apresentados a seguir:

- Proprietários de edificações, pela diminuição dos danos provocados pelos periódicos alagamentos de seus bens materiais, como pelo melhoramento da qualidade de vida associada ao controle das inundações pluviais;
- Pedestres e motoristas usuários das vias de circulação afetadas pelos alagamentos, que vêem reduzidas seus incômodos e custos de circulação;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Prefeituras e empresas de Serviços Públicos, pela redução de seus custos de operação, manutenção, reparações e reposições em situações de emergência.
- O governo estadual e Nacional, que tem reduzidos seus custos devidos a assistência social e operativos de emergência durante eventos críticos.

Para avaliar o desempenho hidráulico-hidrológico das alternativas consideradas, o sistema do córrego Prosa e Sóter, o mesmo foi modelado considerando as diferentes medidas estruturais das alternativas.

A mesma metodologia de modelagem foi a mesma utilizada na etapa de diagnóstico e prognóstico, de geração de hidrogramas nas diferentes sub-bacias com base no método do *Soil Conservation Service* e a propagação hidrodinâmica usando o modelo SWMM, foi empregada nessa etapa.

4.1.2 Objetivos

Os objetivos deste componente do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande são estimar a relação benefício-custo das alternativas para Controle das Inundações do córrego Prosa.

4.1.3 Organização do texto

Nesse relatório são apresentados os resultados dos estudos econômicos para a estimativa da relação benefício-custo das diferentes alternativas para Controle das Inundações do córrego Prosa.

No capítulo 4 são apresentadas as alternativas de medidas estruturais propostas para o córrego Prosa, conforme dimensionamentos apresentados no Relatório 3.

No capítulo 5 é apresentada a análise benefício-custo das alternativas selecionadas.

4.2 Alternativas Estudadas

As medidas estruturais utilizadas neste estudo envolvem os seguintes critérios:

- Uso de detenções para amortecimento das vazões onde existem espaço e condições topográficas para mantê-los abertos;
- Aumento da capacidade de transporte de vazão em trechos onde não é possível o amortecimento da vazão.

O risco de projeto adotado foi o de 10 anos de tempo de recorrência com chuva de 24 horas de duração. As simulações do diagnóstico das inundações e as apresentadas no estudo de alternativas esclarecem os critérios utilizados na simulação.

As alternativas propostas para mitigar as inundações no córrego Prosa e Sóter para eventos de recorrência de dez anos e considerando o cenário de ocupação Tendencial (ver formulação de cenários, diagnósticos e prognóstico das inundações) são sintetizadas nas Tabela 5.1 a Tabela 5.2, e abrangem de forma geral duas grandes linhas de alternativas que são as seguintes:

- Alternativa I: ampliação da capacidade de condução da rede de macrodrenagem, até que consiga escoar toda a vazão gerada pela chuva de projeto;
- Alternativa II: utilização de reservatórios de retenção, sempre que há disponibilidade de área e condições hidráulicas e ampliação da capacidade de escoamento das redes de macrodrenagem nos outros casos, mantendo a vazão máxima efluente do sistema na situação atual sem obras, para o evento do projeto.

Nessa tabela, a primeira coluna apresenta o trecho, conforme pode ser identificado no mapa da Figura 5.1; a segunda coluna mostra o incremento de aumento na área da seção transversal, no sentido da largura, de todos os canais abertos; a terceira e quarta coluna apresentam características necessárias e existentes para os vertedores das três barragens do córrego Sóter; as colunas seguintes apresentam as ampliações dos trechos de galeria e tubos.

Os locais utilizados para a análise das alternativas de amortecimento são apresentados na Figura. No caso das obras para uma recorrência de 10 anos, são implantados reservatórios nos primeiros seis locais (indicados com os números 1 a 6, nessa figura).

A introdução dos reservatórios, no entanto, não eliminou a necessidade de ampliação da capacidade de escoamento de alguns trechos, especialmente aqueles localizados junto às pontes. Os pilares das pontes tendem a obstruir o escoamento, agravando nos dias de chuva pelo acúmulo de material sólido transportado pela drenagem. Na Tabela 5.3 são apresentados os valores adotados e utilizados na ampliação, que resultou no menor custo de alternativa em combinação com a solução de amortecimento.

Tabela 5.1 – Alternativa I: ampliação da capacidade de condução do sistema para TR=10 anos – Cenário prognóstico Tendencial.

Trecho de montante para jusante, conforme Figura 3.16	Fator para aumento da seção hidráulica de canais abertos	Barragens do Sóter		Canais retangulares			Tubos	
		Altura vertedor (m)	Altura vertedor (m)	Seção necessária		Seção atual	Seção necessária	Atual
		Necessária	Atual	Base (m)	Altura (m)			
Ca46	2						Ø Tubo (m)	Ø Tubo (m)
Ca47	3							
Primeira barragem Sóter		1.6	1.5					
Ca052	3							
Ca53	3							
Segunda barragem Sóter		2	1.5					
Ca110	2.5							
Terceira barragem Sóter		2	1.5					
Ca63	1.4							
Ca64				8	4	8		
Ca66							5 x 3m	3 x3m
Ca68				5	3.5**	5		
Ca156							3 x 4.25m	2 x 4.25 m
Nova Era				10	5	9.5		
Ca274	1.5							
Ca275	1.2							
Ca276	1.2							
Ca277	1.2							
Ca278	1.2							
Ca279	1.5							
Ferreira				10	4	3.033		
Ca187	1.2							
Ca263	1.2							
Ca264	1.2							

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Trecho de montante para jusante, conforme Figura 3.16	Fator para aumento da seção hidráulica de canais abertos	Barragens do Sóter		Canais retangulares			Tubos	
		Altura vertedor (m)	Altura vertedor (m)	Seção necessária		Seção atual	Seção necessária	Atual
		Necessária	Atual	Base (m)	Altura (m)		Ø Tubo (m)	
Ca265	2							
Ca266	2							
Ca267	2.5							
Ca204	2.5							
Bahia				6	3	3.033		
Ca268	2							
Ca269	2							
Ca270	2							
Murtinho				10	4	3.6		
Ca259	2							
Ca258	1.2							
Ca257	2							
Ca260	2							
Ca255	2							
Ca262	2							
José Antônio				9.9	5	9.9		
Ca261	1.2							
Ca244				10	5			
Ca252	2							
Ca251	2							
Ca250				10	5			

* são três células
** são quatro células

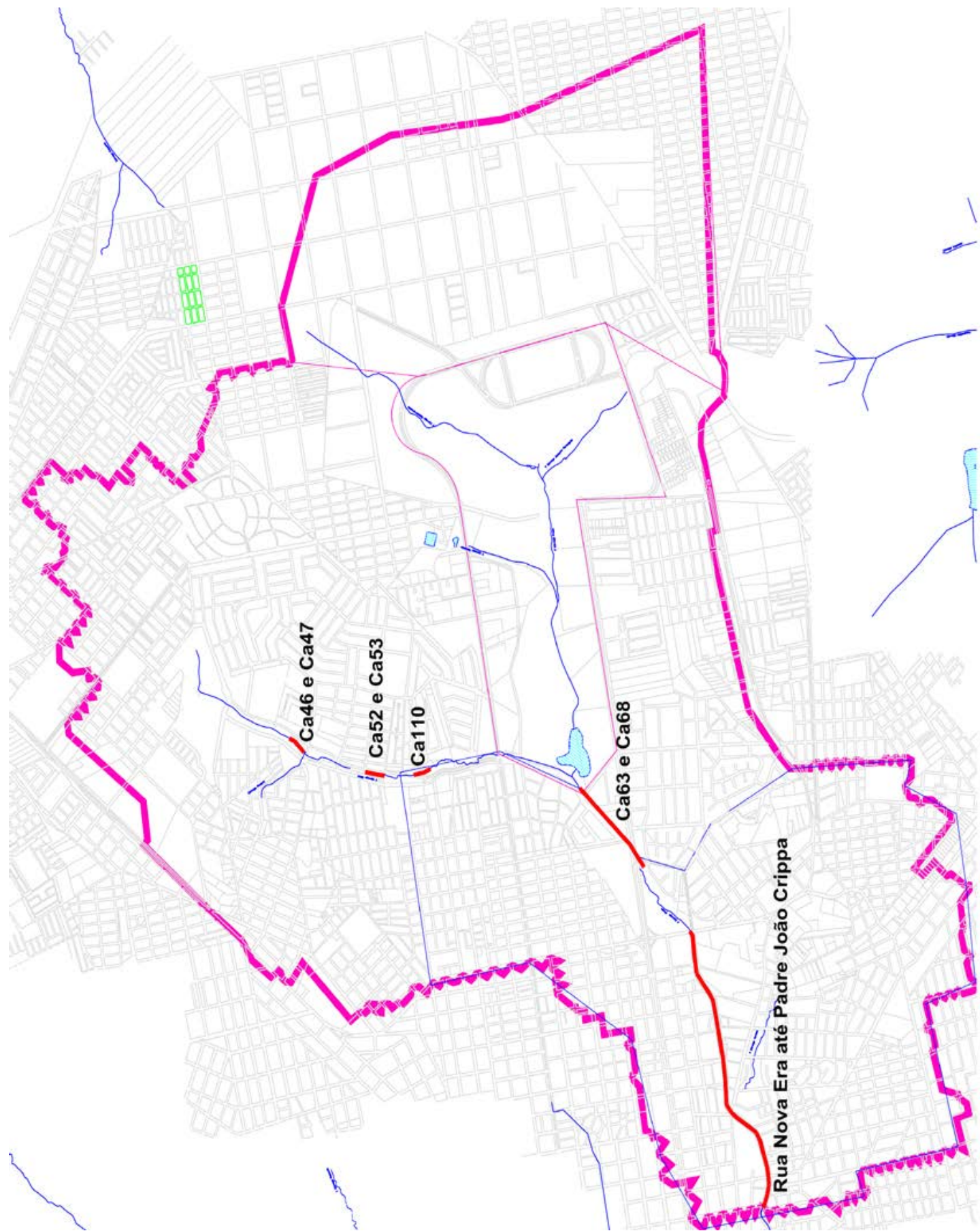


Figura 5.1 – Trechos de canal ao longo da bacia do córrego Prosa com necessidade de ampliação: Cenário Tendencial.

Tabela 5.2 – Alternativa II: Características dos reservatórios dimensionados para o controle do escoamento na bacia do córrego Prosa (obras para TR = 10 anos).

Reservatório	Volume necessário (hm³)	Área da seção transversal do descarregador de fundo (m²)	Vazão de by-pass (m³/s)	Comprimento do vertedor (m)
1	117,21	4,5	0	
2	96,05	4,5	0	
3	131,60	4,5	0	
4	101,60	1	0	
5	58,31	0,01		165
6	98,28	11,34	0	



Figura 5.2 – Locais dos reservatórios dimensionados na Alternativa II.

Tabela 5.3 – Alternativa II: Trechos a serem ampliados mesmo com o uso de reservatórios.

Trecho	Seção necessária	Observação
Ponte da rua Levinda Ferreira	1 x (8 x 3,5 m)	Deixar o vão livre
Ponte da rua Bahia	1 x (7,5 x 3,5 m)	Deixar o vão livre
Ponte da rua Joaquim Murtinho	1 x (10 x 3,2 m)	Deixar o vão livre

4.2.1 Escolha da Alternativa

Para a escolha da alternativa mais conveniente foram elaboradas análises técnico-econômicas de cada uma delas, conforme descrito a seguir.

Na Tabela 5.4 são apresentados os custos estimados para cada uma das alternativas estudadas. Para a estimativa dos custos foram utilizados os custos unitários adotados pela Prefeitura de Campo Grande, bem como os custos unitários praticados usualmente para serviços similares, conforme apresentado no Estudo das alternativas e medidas de controle estruturais.

Tabela 5.4 – Custos estimados para as Alternativas estudadas.

Alternativa	Custo Total (x 1000 R\$)
(I) Ampliação	53.308
(II) Amortecimento	41.840

Tendo em vista que as obras contínuas apresentam, normalmente, custos contingenciais mais elevados que as obras localizadas, como as de reservatórios de amortecimento, as alternativas convencionais de completa ampliação das galerias não apresentam geralmente competitividade. Por sua vez, observa-se na Tabela, que a Alternativa I de ampliação possui um custo 27% maior que o correspondente à Alternativa II de amortecimento. Ainda, os custos estimados da Alternativa I corresponderiam apenas a obras correspondentes à bacia do Córrego Prosa-Sóter e não considera os custos adicionais devido ao aumento das vazões efluentes do sistema do córrego Prosa e Sóter, que forçaria a análise de medidas estruturais no córrego Anhanduí para poder propagar o excesso de vazões provenientes do Prosa.

Assim, a Alternativa 2 se apresenta como a mais conveniente e sua configuração mais apropriada será avaliada na análise benefício-custo, apresentada no item a seguir.

4.2.2 Escolha do Tempo de Recorrência

Uma vez definida a configuração mais conveniente (Alternativa II), são feitas as análises benefício-custo, considerando-se, além das obras dimensionadas para o cenário de prognóstico Tendencial e recorrência de 10 anos, obras dimensionadas para recorrências de 5, 25 e 50 anos.

Assim, para cada cenário é efetuado o dimensionamento conforme a Alternativa II e a recorrência do evento de projeto. O dimensionamento é feito segundo as diretrizes estabelecidas no Estudo de alternativas e medidas de controle estruturais, isto é, identificar a configuração do sistema com menor custo que evita a existência de alagamentos durante o evento de projeto. A Alternativa II considera a utilização de reservatórios de detenção, sempre que há disponibilidade de área e condições hidráulicas e ampliação da capacidade de escoamento das redes de macrodrenagem nos outros casos, mantendo a vazão máxima efluente do sistema na situação atual sem obras, para o evento do projeto.

As características da alternativa selecionada em função do cenário de dimensionamento são apresentadas a seguir no texto. Por sua vez, os locais de implantação dos reservatórios de cada alternativa são apresentados na Figura, conforme o número que aparece nessas tabelas. Nas (Tabelas 5.5 e 5.6) são apresentadas as características dos reservatórios para cada um dos cenários estudados.

Tabela 5.5 – Alternativa II: Características dos reservatórios dimensionados para o controle do escoamento na bacia do córrego Prosa – obras TR = 5 anos.

Reservatório	Volume necessário (hm³)	Área da seção transversal do descarregador de fundo (m²)	Vazão de by-pass (m³/s)	Comprimento do vertedor (m)
1	92,80	4,5	0	
2	76,40	4,5	0	
3	106,50	4,5	0	
5	63,30	0,01		165
6	81,30	13,85	0	

Tabela 5.6 – Alternativa II: Características dos reservatórios dimensionados para o controle do escoamento na bacia do córrego Prosa – obras TR = 25 anos.

Reservatório	Volume necessário (hm³)	Área da seção transversal do descarregador de fundo (m²)	Vazão de by-pass (m³/s)	Comprimento do vertedor (m)
1	154,80	4,5	0	
2	154,40	4,5	0	
3	205,70	4,5	0	
4	155,70	1,0		
5	62,40	0,01		165
6	170,70	13,85	0	
7	15,10	0,80	0	
8	30,20	0,80	0	
9	55,47	0,80	0	

Foram estimados os custos totais de implantação das obras de cada alternativa estudada. Os custos unitários utilizados nesse estudo foram previamente apresentados no Estudo de alternativas e medidas de controle estruturais, estimados a partir de valores praticados pela Prefeitura Municipal de Campo Grande. Esses custos unitários foram obtidos a partir de tabelas do SINAPI com data de junho de 2008, acrescidos de 30%, conforme orientação da equipe de acompanhamento da prefeitura.

Por sua vez, os custos adicionais médios anuais das atividades de manutenção e operação foram adotados iguais a 1% do custo total. Esses resultados são apresentados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Alternativa II: Características dos reservatórios dimensionados para o controle do escoamento na bacia do córrego Prosa – obras TR = 50 anos.

Reservatório	Volume necessário (hm³)	Área da seção transversal do descarregador de fundo (m²)	Vazão de by-pass (m³/s)	Comprimento do vertedor (m)
1	225,60	4,5	0	
2	191,90	4,5	0	
3	245,00	4,5	0	
4	210,00	1,0		
5	65,40	0,01		165
6	269,60	13,85	0	
7	23,70	0,80	0	
8	26,10	0,80	0	
9	70,30	0,80	0	

Tabela 5.8 – Custos das Obras e das atividades de manutenção para diferentes tempos de Retorno.

Alternativa	Custo Total (x 1000 R\$)	Manutenção e Operação (x 1000 R\$)
TR = 5 anos	29.720,00	297,20
TR = 10 anos	41.810,00	418,10
TR = 25 anos	68.790,00	687,90
TR = 50 anos	89.740,00	897,40

4.3 Análise Custo-Benefício

A análise das relações benefícios-custos foi efetuada para as obras da alternativa com a configuração mais conveniente. Nesse sentido, o dimensionamento dessa alternativa foi feito para quatro cenários com base no período de recorrência do evento de precipitação. Assim, foram dimensionadas as alternativas para recorrências de 5, 10, 25, 50 anos. Para cada alternativa foi estimado o valor dos custos totais das obras e das atividades de manutenção conforme apresentado na Tabela 5.8.

Na estimativa dos benefícios das obras de drenagem das águas pluviais podem ser utilizadas diferentes metodologias, conforme apresentado em Tucci (1993). Nesse trabalho foi empregado um método baseado na determinação dos danos evitados, através da comparação dos cenários “com projeto” e “sem projeto”.

A mitigação das inundações com a execução de medidas estruturais produz a diminuição dos danos a edificações, pedestres, equipamentos, obras da via pública, etc. e, essa redução, é considerada igual aos benefícios gerados pelo empreendimento.

Quanto maior a recorrência do evento adotado no cenário de dimensionamento, maiores são os custos de construção e manutenção da obra. Porém, maiores são os benefícios esperados pelo maior número de eventos que serão mitigados.

A análise dos benefícios resultantes da implantação de uma obra de drenagem pluvial urbana é uma das atividades mais complexas dentro desse tipo de empreendimento, dado que muitos dos benefícios são intangíveis, dificilmente quantificáveis. Benefícios como os decorrentes da redução dos danos a saúde física e psíquica das pessoas, redução do índice de mortalidade, melhoramento das condições ambientais, redução nas interrupções de energia, embora sejam considerados intangíveis devem ser considerados.

Escolhido um horizonte de análise, nesse estudo igual a 30 anos, com o cálculo das relações Benefício – Custo e de outros indicadores econômicos, como por exemplo a Taxa interna de retorno (TIR) e o Valor presente líquido (VPL) é possível identificar o cenário de dimensionamento mais apropriado das obras propostas nesse plano.

4.3.1 Benefícios Diretos

Os benefícios diretos da execução das medidas estruturais de uma alternativa de dimensionamento, na metodologia utilizada, são iguais aos prejuízos evitados na área diretamente afetada pelas inundações. Nesse trabalho, os benefícios diretos foram estimados utilizando uma equação empírica desenvolvida por James (1972) *apud* Tucci (1993). Essa equação estima os danos totais provocados por uma enchente baseado na consideração de um crescimento linear entre o dano e o nível médio de inundação. A equação é apresentada a seguir:

$$C_d = K_d \cdot h \cdot M \cdot U \cdot A \quad (1)$$

onde C_d é o dano total devido a enchente para um evento (\$); K_d é o índice de dano de enchente em unidades monetárias por unidades de profundidade de inundação (\$/m); h é a profundidade média de inundação (m); M é o índice de va-

lor de mercado das edificações por unidade de área (\$/m²); U é a relação entre a área urbanizada e a área total inundada; A é a área total de inundação (m²).

Os parâmetros dessa equação foram definidos para o estudo de caso: córrego Prosa e Sóter. As maiores incertezas na estimativa desses parâmetros se encontram no valor do K_d, que representa a derivada do valor total do dano em função da profundidade média do alagamento. Para a correta estimativa desse parâmetro são necessárias curvas específicas que relacionem essas variáveis para cada um dos pontos críticos. Essas curvas precisam de um grande número de informações que não sempre se encontram disponíveis, como é o caso desse trabalho.

A bibliografia recomenda valores de K_d = 0,052 (Homan e Waybur, 1960 *apud* Tucci, 1993) e K_d = 0,044 (James, 1964). Porém, Tucci (1993) mostra que quando na cheia existe grande quantidade de sedimentos ou alta velocidade, como no caso do córrego Prosa, o valor de K_d cresce. Ainda, trabalhos mais recentes desenvolvidos no Brasil têm adotado um valor K_d = 0,15 (PMSP, 2008). Assim, o valor de K_d adotado nesse trabalho foi igual a 0,15.

O valor de mercado das edificações (M) localizadas nas proximidades dos pontos críticos do córrego Prosa e Sóter foram estimados em R\$ 650,00/m² com base numa pesquisa de mercado. Por sua vez, o valor médio da taxa de ocupação da área inundada (U) foi estimado em 80%.

O produto entre h (profundidade média de inundação) e A (área total da inundação) é igual ao volume excedente obtido das simulações da rede de drenagem para os diferentes eventos de projeto avaliados e para as diferentes alternativas de dimensionamento, conforme apresentado na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Volumes excedentes totais em função do evento de projeto e da alternativa de dimensionamento.

Alternativa	Volumes excedente totais (x 1000 m ³)			
	TR = 5 anos	TR = 10 anos	TR = 25 anos	TR = 50 anos
Sist. Existente	148,00	314,00	604,00	803,00
TR = 5 anos	0,00	132,00	428,00	721,00
TR = 10 anos	0,00	0,00	169,00	370,00
TR = 25 anos	0,00	0,00	0,00	259,00
TR = 50 anos	0,00	0,00	0,00	0,00

Os danos totais estimados, com base na equação empírica (equação 1) e em função do evento de projeto e da alternativa de dimensionamento são apresentados na Figura 5.3. A frequência média anual de ocorrência do evento é definida como a inversa do período de recorrência do evento. Observa-se nessa figura, para uma curva específica, como os danos totais aumentam, à medida que aumenta a recorrência dos eventos (menores frequências). Ainda observa-se nessa figura, comparando as diferentes curvas, como os danos totais diminuem na medida em que são implantadas obras que protegem o sistema contra maiores eventos de projeto.

A área embaixo das curvas apresentadas na Figura 5.3 representa o dano anual esperado para o sistema do córrego Prosa e Sóter em função da alternativa de

dimensionamento. O dano anual esperado foi estimado para cada uma das alternativas de dimensionamento e apresentado na Tabela 5.10.

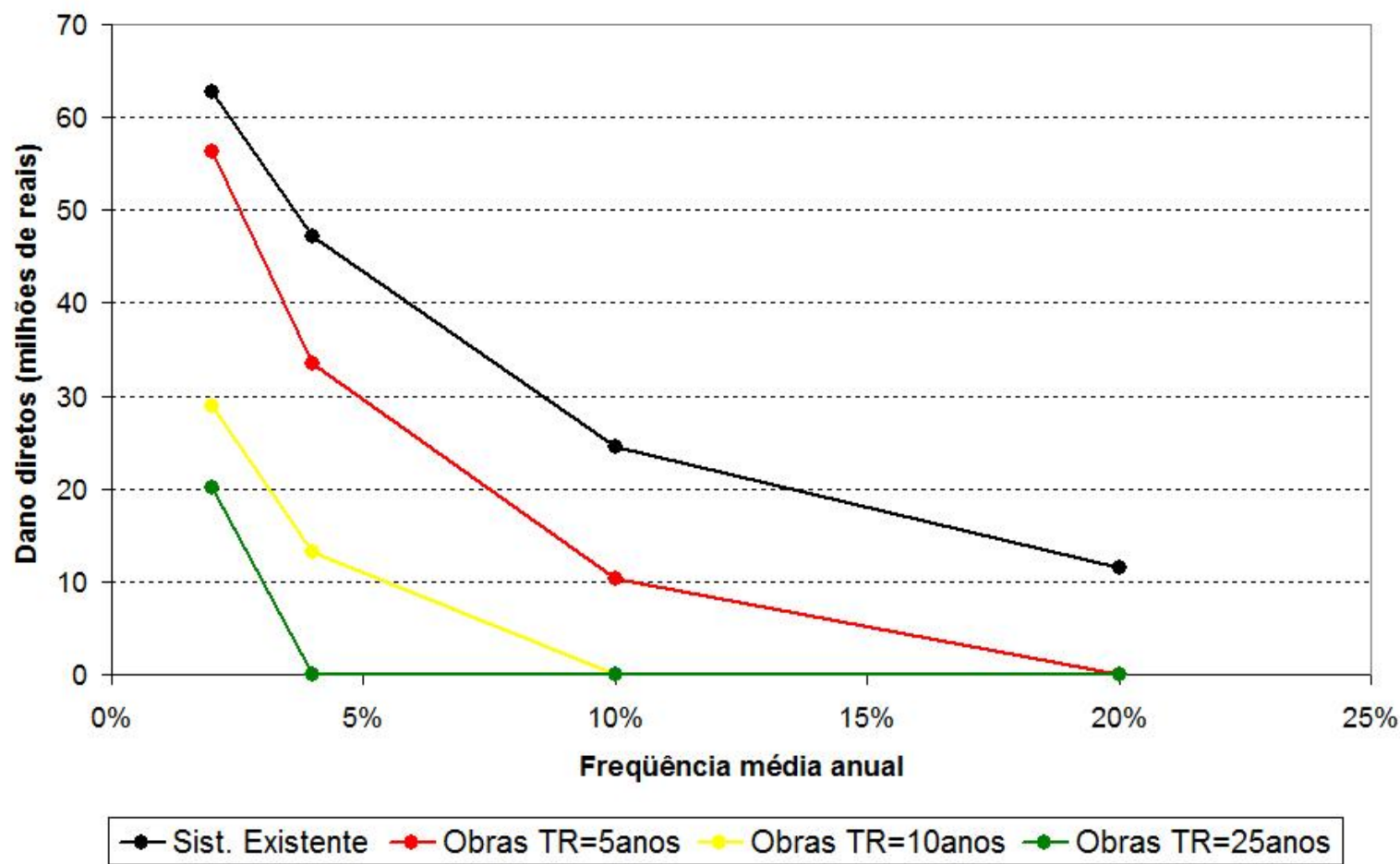


Figura 5.3 – Custos diretos totais em função do evento de projeto e alternativa de dimensionamento.

A diferença entre os valores do dano anual esperado do sistema existente (situação “sem projeto”) e de cada uma das alternativas de dimensionamento (situação “com projeto”) é igual ao dano anual evitado pela implantação dessa alternativa e constitui o benefício anual esperado dessa obra. Analisando a curva do sistema existente e a de cinco anos na Figura 5.3, a diferença entre estas duas curvas representa o benefício das obras com este tempo de retorno.

O benefício anual médio esperado da cada alternativa de dimensionamento é apresentado na

Tabela 5.11. Estes valores retratam a área da curva resultante da diferença entre os prejuízos atuais e os prejuízos evitados pelo projeto com um determinado risco de projeto.

Tabela 5.10 – Dano anual esperado para as alternativas de dimensionamento.

Alternativa	Dano anual esperado (x 1000 R\$)
Sist. Existente	4.107,00
TR = 5 anos	2.058,00
TR = 10 anos	553,00
TR = 25 anos	202,00
TR = 50 anos	~0,00

Tabela 5.11 – Benefício anual esperado das alternativas de dimensionamento.

Alternativa	Benefício anual esperado (x 1000 R\$)
TR = 5 anos	2.049,00
TR = 10 anos	3.555,00
TR = 25 anos	3.905,00
TR = 50 anos	4.107,00

4.3.2 Benefícios Indiretos

A análise dos benefícios resultantes da implantação de uma obra de drenagem pluvial urbana é uma das atividades mais complexas dentro desse tipo de empreendimento, dado que muitos dos benefícios são intangíveis, dificilmente quantificáveis.

Além dos benefícios diretos, previamente estimados, as obras propostas certamente têm associados outros benefícios indiretos como, por exemplo, os benefícios decorrentes da redução dos danos à saúde física e psíquica das pessoas, redução do índice de mortalidade, melhoramento das condições ambientais, redução nas interrupções de energia, etc.

Uma das formas de avaliar esses tipos de benefícios é estimá-los com base em um percentual dos benefícios diretos. Segundo PMSP (2008), no Brasil é comum utilizar os levantamentos elaborados por Vieira (1970) e pela COPLASA, para o DAEE (1969). Os benefícios indiretos estimados, nestes estudos são da ordem de 20% dos benefícios diretos, valor que foi adotado nesse trabalho.

4.3.3 Benefícios Totais

Os benefícios anuais totais esperados para cada uma das alternativas de dimensionamento são apresentados na Tabela 5.12. Esses valores foram obtidos somando os valores correspondentes dos benefícios diretos e indiretos correspondentes a cada alternativa.

Tabela 5.12 – Benefício anual total esperado das alternativas de dimensionamento.

Alternativa	Benefício anual total esperado (x 1000 R\$)
TR = 5 anos	2.459,00
TR = 10 anos	4.265,00
TR = 25 anos	4.687,00
TR = 50 anos	4.929,00

4.3.4 Indicadores econômicos

Para a identificação da alternativa de dimensionamento das obras do córrego Prosa e Sóter com a configuração mais conveniente do sistema foram calculados

três indicadores econômicos. O horizonte de análise adotado nesse estudo foi de 30 anos. Os valores presentes foram calculados a uma taxa anual de 7,2 %. Foi considerado ainda que os investimentos sejam feitos no primeiro ano (custos da obras) e que os custos de operação e manutenção, são agregados anualmente, juntamente com os benefícios anuais esperados, começam a partir do segundo ano. Os indicadores econômicos estimados foram: (1) taxa interna de retorno (TIR); (2) relação custo/benefício (C/B) e (3) valor presente líquido (VPL).

Os valores dos indicadores econômicos obtidos para cada uma das alternativas de dimensionamento são apresentados na Tabela 5.13.

Tabela 5.13 – Indicadores econômicos de cada alternativa de dimensionamento.

Alternativa	TIR (7,2%)	C/B	VPL (7,2%) (x 1000R\$)
TR = 5 anos	5,89	1,14	-3.686,00
TR = 10 anos	8,29	0,90	4.508,00
TR = 25 anos	3,89	1,43	-20.643,00
TR = 50 anos	1,86	1,85	-41.196,00

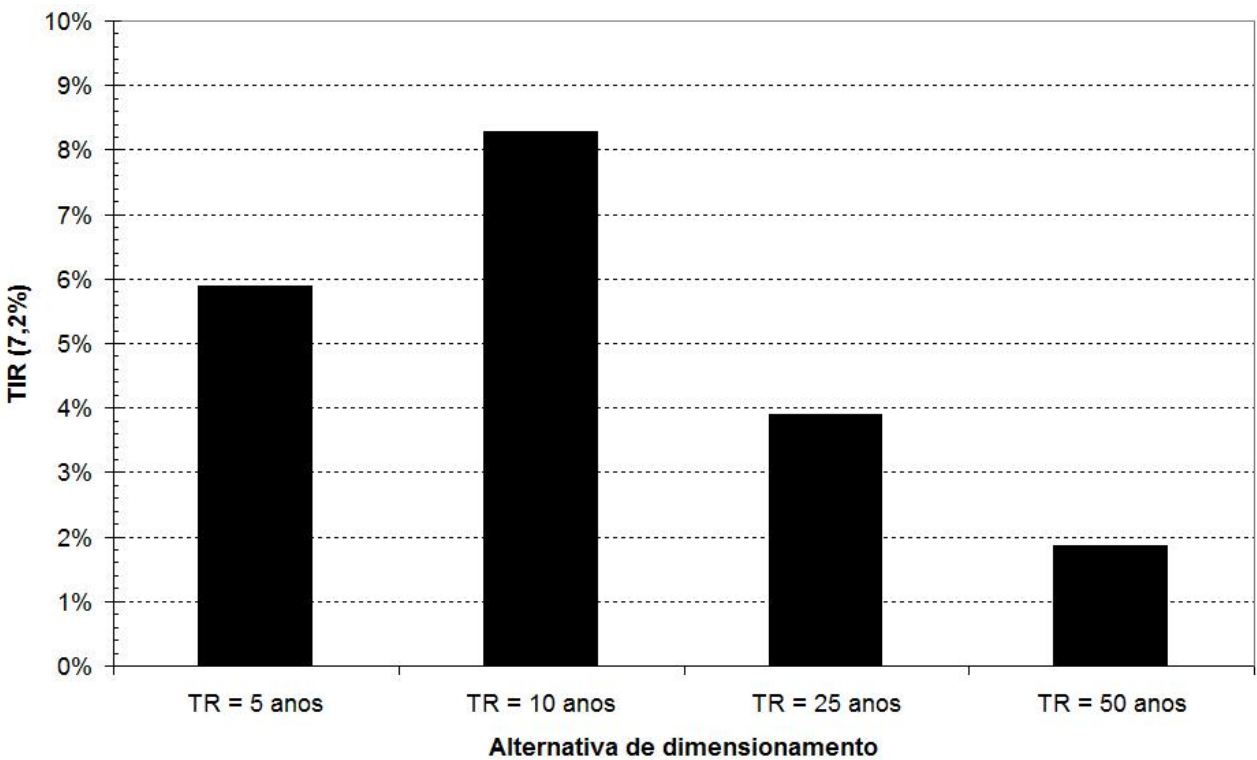


Figura 5.4 – Taxa interna de retorno (TIR) dos projetos das alternativas de dimensionamento.

Os valores dos indicadores econômicos obtidos para cada uma das alternativas de dimensionamento são ainda apresentados na Figura 5.4 a Figura 5.6. Observa-se nessas figuras que a única alternativa economicamente viável é aquela onde o evento de projeto tem dez anos de recorrência. A alternativa com obras TR=10anos apresenta uma relação Custo-Benefício (C/B) igual a 0,90 e é ainda a única alternativa com C/B menor que um.

A taxa interna de retorno (TIR (7,2%)) é inferior à taxa adotada nas análises (taxa = 7,2%) para as alternativas de dimensionamento com obras TR= 5 anos, TR=25 anos e TR=50 anos. Apenas a alternativa de dimensionamento com obras TR=10anos apresenta uma TIR (7,2%) superior ao valor da taxa da analise.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

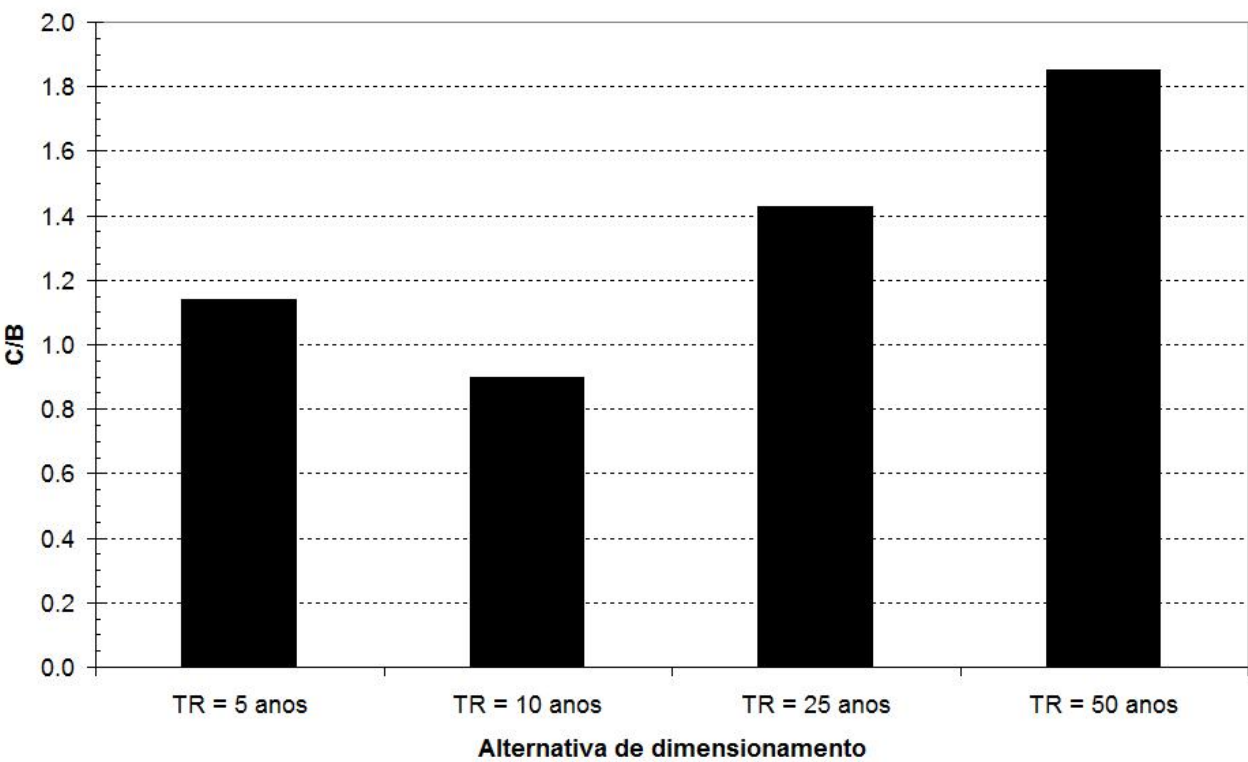


Figura 5.5 – Relação Custo-Benefício (C/B) dos projetos das alternativas de dimensionamento.

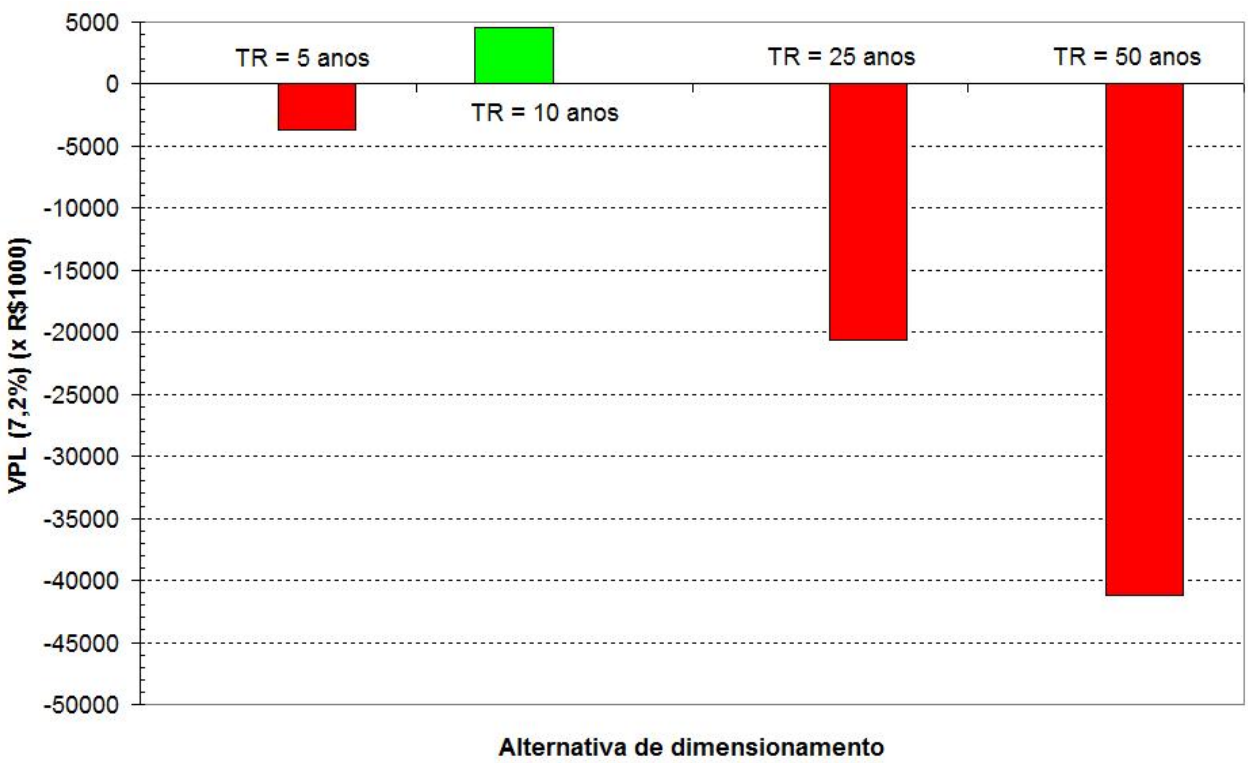


Figura 5.6 – Valor presente líquido (VPL) dos projetos das alternativas de dimensionamento.

O indicador econômico dado pelo valor presente líquido (VPL (7,2%)) é quem mostra mais claramente, na Figura 5.5, a viabilidade econômica da alternativa com obras TR=10 anos. Essa alternativa se apresenta como a única economicamente viável com base nos custos e benefícios estimados nesse estudo, sendo o valor presente líquido de 4,50 milhões de reais, aproximadamente. Nas restantes alternativas, o valor presente dos benefícios da implantação da obra é inferior ao valor presente dos custos de construção, operação e manutenção e, em consequência, esse indicador econômico apresenta um valor negativo.

4.4 Conclusões e Recomendações

Os resultados dos indicadores econômicos estimados nesse estudo mostraram a viabilidade econômica da alternativa de dimensionamento que considera a utilização de reservatórios de retenção, mantendo a vazão máxima efluente do sistema na situação atual sem obras, para o evento do projeto com recorrência de dez anos.

Os resultados obtidos nesse estudo indicam que a obra dimensionada para TR de 10 anos apresenta a menor relação custo-benefício (0,90); a maior taxa interna de retorno (8,29%) e o maior valor presente líquido (~4,50 milhões de reais), mostrando ser a alternativa mais favorável em termos financeiros.

As alternativas de dimensionamento baseadas em eventos com recorrências de 5 anos, 25 anos e 50 anos se apresentaram economicamente inviáveis em função dos valores dos indicadores.

4.5 Referências

- TUCCI, C.E.M. (1993). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Ed. Universidade/UFRGS – ABRH. Porto Alegre, 943 p.
- JAMES, L.D. (1972). ***Role of economics in planning flood plain land use***. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, v. 98, n. 6, p. 981-992.
- HOMAN, G.A.; WAYBUR, B. (1960). ***A study of procedure in estimating flood damage to residential, commercial and industrial properties in California***. Stanford Research Institute.
- JAMES, L.D. (1964). ***A time-dependent planning process for combining structural measures, land use and flood proofing to minimize the economic cost of flood***. Stanford University, Institute in Engineering Economic Systems.
- PMSP – Prefeitura do Município de São Paulo (2008). ***Plano de controle das inundações do vale do Anhangabaú***. Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental. São Paulo, 42p.

5 ANTEPROJETO DAS MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS

5.1 Introdução

No Plano Diretor de Drenagem Urbana, foram elaboradas as alternativas de projeto para controle das inundações na bacia do rio Prosa, que faz parte do sistema de drenagem urbana de Campo Grande.

No estudo de alternativas foram analisadas duas alternativas principais (próximo capítulo):

Alternativa I: Apenas ampliação dos condutos e aumento do hidrograma para jusante;

Alternativa II: Combinação de aumento de condutos e amortecimento ao longo da calha da macrodrenagem. Esta última foi a alternativa escolhida em função do custo e sua sustentabilidade.

Os resultados foram obtidos com base na otimização dos custos das alternativas tomando a bacia hidrográfica do Prosa como um todo com base na combinação de um modelo de simulação e outro de otimização das funções de custo. O detalhamento desta solução é reproduzido no terceiro capítulo de volume.

Com base nos resultados obtidos, o relatório neste volume, apresenta no quarto capítulo os anteprojetos das estruturas planejadas e definidas no estudo de alternativa.

5.2 Anteprojeto da Alternativa I

Nesta alternativa considerou-se que todos os trechos com falta de capacidade seriam dimensionados, de forma a permitir o adequado escoamento para o cenário Tendencial de uso do solo, eliminando assim os alagamentos detectados na etapa anterior. O cenário Tendencial corresponde ao cenário mais desfavorável futuro de ocupação do solo.

A ampliação foi realizada, considerando que sejam implantadas redes de drenagem com seções viáveis, no contexto daquelas atualmente utilizadas no município. De forma a realizar um dimensionamento econômico, foram utilizadas sempre as menores seções possíveis. Essa análise foi seguida de uma estimativa de custos de implantação das obras e, mostrou-se que os custos estimados com as obras de ampliação são da ordem dos 53 milhões de reais, e cerca de 27% mais caros que com a adoção da Alternativa II.

A estimativa de custos de implantação dessas obras foi realizada com base nos custos do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, custos de 11/07/2008), acrescidos de 30%, de acordo com orientação da equipe de acompanhamento da Prefeitura Municipal de Campo Grande.

Conforme pode ser identificado, vários trechos de canal, especialmente no córrego Prosa deverão ser ampliados (Tabela 6.1 e Figura 6.1). Embora com aumento da capacidade de armazenamento nas barragens do córrego Sóter, não é possível evitar a ampliação dos trechos à jusante, especialmente pelo ingresso de hidrogramas das sub-bacias que estão à jusante das barragens. De qualquer forma a ampliação da capacidade de armazenamento nos locais já existentes, e o levantamento da cota do vertedor, contribuirão no sentido de evitar o alagamento à montante do barramento e evitarão o acréscimo das vazões à jusante em razão de possíveis vertimentos.

Todos os trechos compreendidos entre a afluência dos córregos Prosa e Sóter, junto ao Lago do Parque das Nações Indígenas, até o exutório no Parque Oswaldo Arantes (ou Parque das Cachoeiras) (Ca63 a Ca68) deverão ser ampliados para comportar o aumento das vazões, incluindo as galerias que se encontram sob o Shopping Center Campo Grande.

Dentro da área do Parque Oswaldo Arantes não foram identificados problemas, visto que as características do local permitem o extravasamento da calha sem expor a população em risco. A partir do trecho que se encontra sob a Rua Ceará até a Rua Padre João Crippa, todos os trechos de canal necessitam obras de ampliação. Isso inclui as pontes, que se mostraram como obstrução ao escoamento, devido ao estreitamento de seção nesses locais.

Tabela 6.1 – Relação dos trechos com necessidade de ampliação na bacia do córrego Prosa: Cenário Tendencial.

Trecho de montante para jusante (figura 6.1)	Vazão (m³/s)	
	Capacidade instalada	Capacidade necessária
Ca46	70	100
Ca47	70	100
Ca052	50	60
Ca53	50	60
Ca110	55	60
Ca63	100	110
Ca64	90	110
Ca66	90	110
Ca68	178	192
Ca156	178	192
Nova Era	178	192
Ca274	178	192
Ca275	215	228
Ca276	215	228
Ca277	215	228
Ca278	215	228
Ca279	215	228
Ferreira	184	228
Ca187	192	228
Ca263	192	228
Ca264	190	228
Ca265	163	228
Ca266	167	228
Ca267	162	228
Ca204	157	228
Bahia	157	231
Ca268	157	239
Ca269	149	244
Ca270	163	268
Murtinho	163	268
Ca259	172	268
Ca258	172	268
Ca257	172	268
Ca260	180	268
Ca255	230	289
Ca262	210	293
José Antônio	207	295
Ca261	210	295
Ca244	208	295
Ca252	208	295
Ca251	208	295
Ca250	165	295

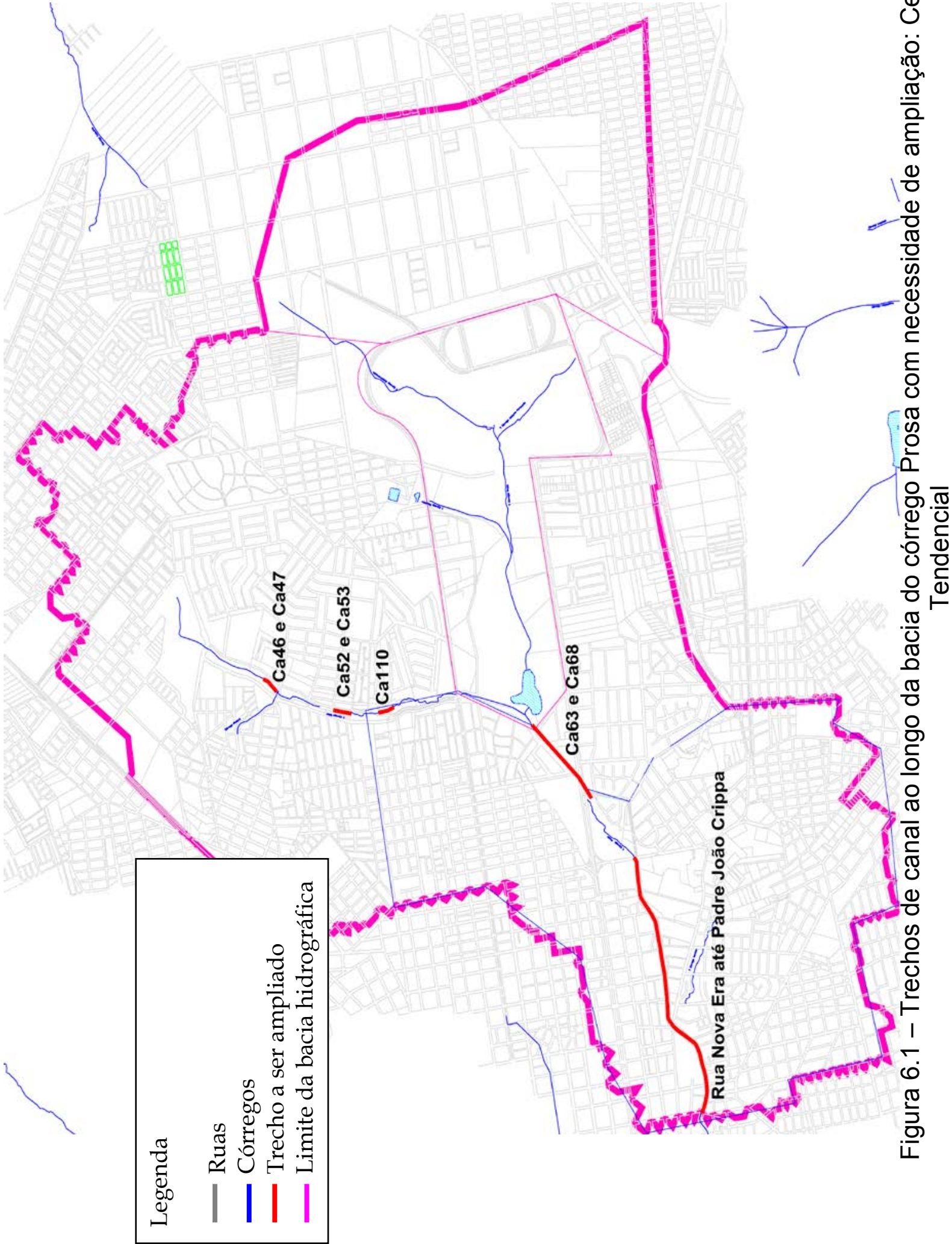


Figura 6.1 – Trechos de canal ao longo da bacia do córrego Prosa com necessidade de ampliação: Cenário Tendencial

5.3 Anteprojeto da Alternativa II

Os reservatórios de retenção são uma medida estrutural, utilizadas para controlar o pico das enchentes através do armazenamento de volumes em áreas devidamente projetadas. Embora com a utilização dos reservatórios, deve-se considerar que, principalmente os trechos localizados nas regiões de cabeceira das bacias hidrográficas necessitarão serem ampliados, sempre que existirem problemas, relacionados com os sistemas de microdrenagem. Além destes trechos mencionados, trechos à jusante dos reservatórios também foram ampliados, quando necessário.

Os principais aspectos relacionados com o dimensionamento dos reservatórios são discutidos a seguir.

5.3.1 Aspectos do dimensionamento dos reservatórios de retenção

O dimensionamento do reservatório envolve as seguintes etapas:

- Disposição espacial do reservatório;
- Características do efluente pluvial;
- Determinação do volume;
- Câmaras de reservação;
- Dimensionamento hidráulico dos dispositivos de saída.

5.3.1.1 Disposição espacial do reservatório

Para este estudo, foram utilizados dois tipos de reservatórios: i) off-line; ii) on-line.

O uso de um ou outro tipo de reservatório foi definido em função do local disponível para reservação.

O reservatório on-line está conectado diretamente no curso d'água (Figura 6.2), e todo o escoamento passa por ele, independentemente da magnitude do evento. O reservatório off-line (Figura 6.3) está implantado em paralelo, para desvio dos escoamentos, e pode ser dimensionado de forma a receber o escoamento somente para eventos de projeto pré-definidos.

O princípio de funcionamento dos reservatórios *off-line* é simples: existe uma estrutura de desvio da vazão, que aqui será chamada de by-pass; a função do by-pass é permitir que a água continue escoando pela rede de drenagem até uma determinada vazão e, a partir deste pico de vazão, o restante da água é jogado para o reservatório.

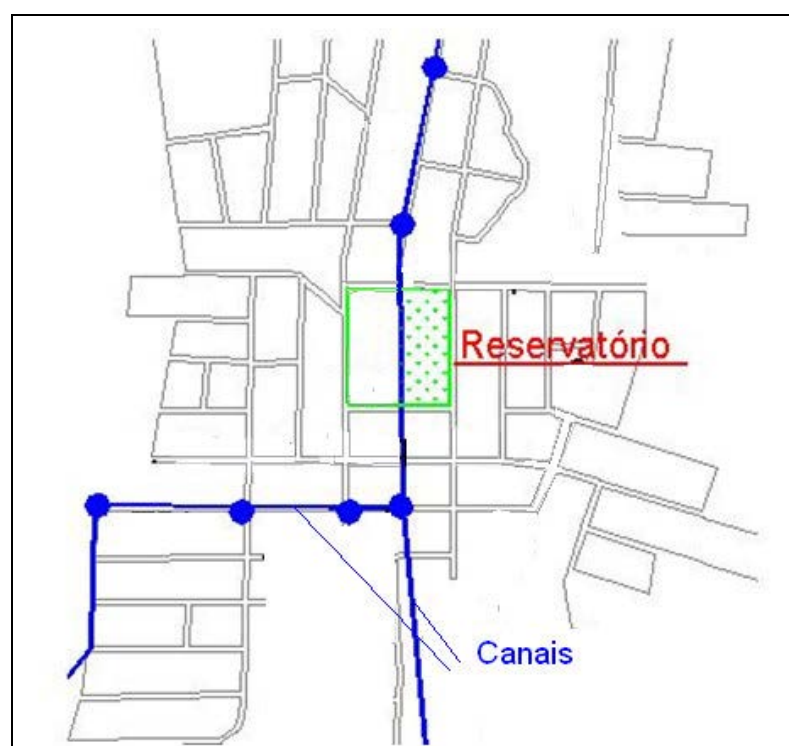


Figura 6.2 – Esquema mostrando a distribuição espacial de um reservatório on-line.

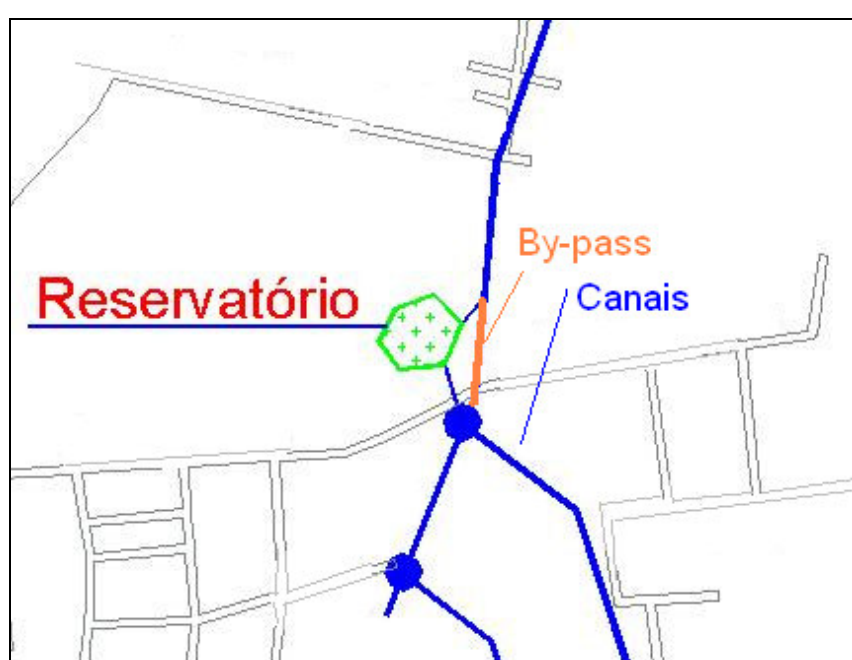


Figura 6.3 – Esquema mostrando a distribuição espacial de um reservatório off-line.

Com relação ao uso dos reservatórios on-line, os *off-line* possuem a grande vantagem de menor necessidade de manutenção, pois são utilizados somente quando ocorrer o evento de projeto.

5.3.1.2 Características do efluente pluvial

Além da disposição espacial, os reservatórios devem ser projetados considerando os seguintes condicionantes:

- 1) nos trechos em que não existe separador absoluto da rede de drenagem pluvial com relação à rede cloacal, o controle da qualidade da água não pode ser realizado por uma detenção aberta *on-line*. Neste caso, a detenção é projetada para receber somente o excedente da capacidade de des-

carga do sistema de galerias e/ou canais e deve funcionar *off-line*. O canal ou galeria que drena a vazão paralelamente ao reservatório será o *by-pass*. Durante a estiagem, o escoamento que é transportado pelo sistema de drenagem é uma combinação de esgoto cloacal com a contribuição natural da bacia. O *by-pass* poderá funcionar com um vertedor lateral ou com uma galeria ou canal, extravasando para a área de detenção a partir de uma vazão, constituindo assim, um sistema de detenção parcialmente *on-line*, mas que funcionam como o anterior. Existem grandes variações destes dispositivos em função dos condicionantes locais de capacidade de escoamento para jusante, volume e afluência ao sistema.

- 2) quando existe separador absoluto, as detenções também podem ser projetadas para reter a parte inicial do escoamento pluvial, com o objetivo de melhorar a qualidade da água e reduzir o volume de sedimentos transportados, além de amortecer o volume excedente, visando o controle de volume. Esse tipo de dispositivo é denominado de Detenção Estendida, porque mantém a água da primeira parte da cheia, que contém maior quantidade de contaminação por um período de 6 a 40 horas na detenção. Geralmente este tipo de reservatório funciona *on-line*, com uma câmara de entrada para reter os resíduos sólidos e uma canaleta para o escoamento na estiagem.

5.3.1.3 Volume do reservatório

Como foi descrito anteriormente os reservatórios podem possuir as seguintes funções básicas: controle de vazão máxima, qualidade da água e sedimentos. O volume do reservatório é dimensionado de acordo com o tipo de reservatório e de controle desejado.

No caso do dimensionamento dos reservatórios de macrodrenagem, o volume foi determinado, observando os seguintes aspectos: i) disponibilidade de espaço; ii) eficiência no controle do escoamento; iii) impacto na rede de macrodrenagem à jusante.

A situação clássica para o dimensionamento dos reservatórios *on-line* e *off-line* consiste na determinação do volume a ser armazenado, a partir da diferença entre os hidrogramas dos cenários de urbanização atual e futura. O volume a ser armazenado, representado em azul na Figura 6.4 e Figura 6.5, corresponde ao acréscimo do escoamento superficial, causado pela urbanização, caso não haja problemas atuais de drenagem. Na situação em que os problemas já ocorrem, esse volume contemplaria também os excedentes.

Todos os reservatórios propostos na Alternativa II foram dimensionados a partir de modelagem hidráulica, utilizando a equação de armazenamento onde $LS = LQ/Lt$.

Durante a modelagem o volume e dispositivos de descarga (descarregador de fundo e *by-pass*) foram dimensionados de forma a atender à necessidade de controle do escoamento, observando sempre que a vazão máxima de descarga não supere a vazão máxima permissível a jusante.

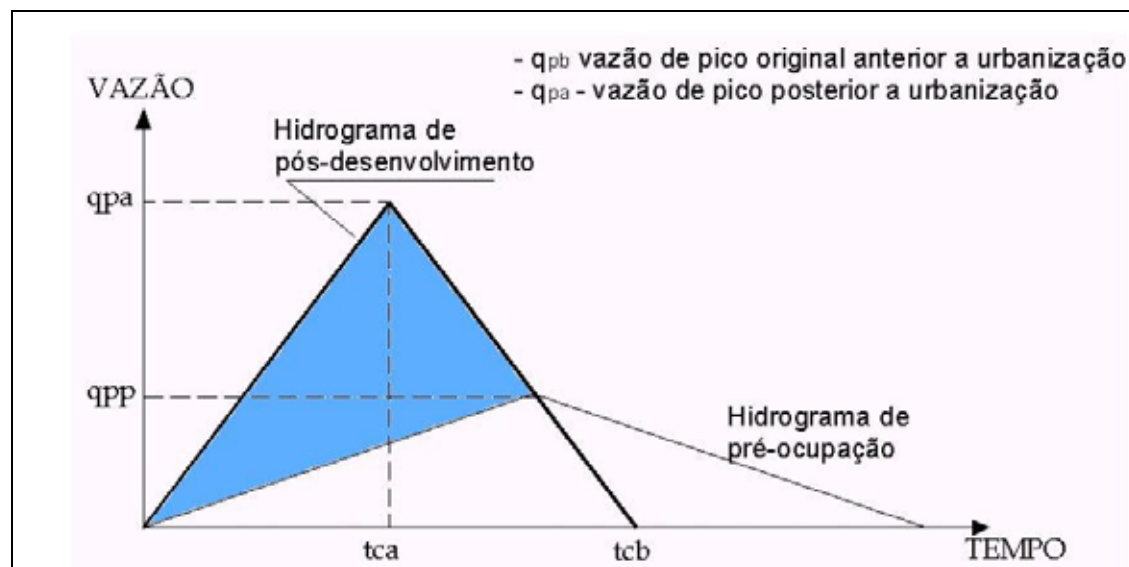


Figura 6.4 – Hidrogramas de pré e pós-ocupação – on-line.

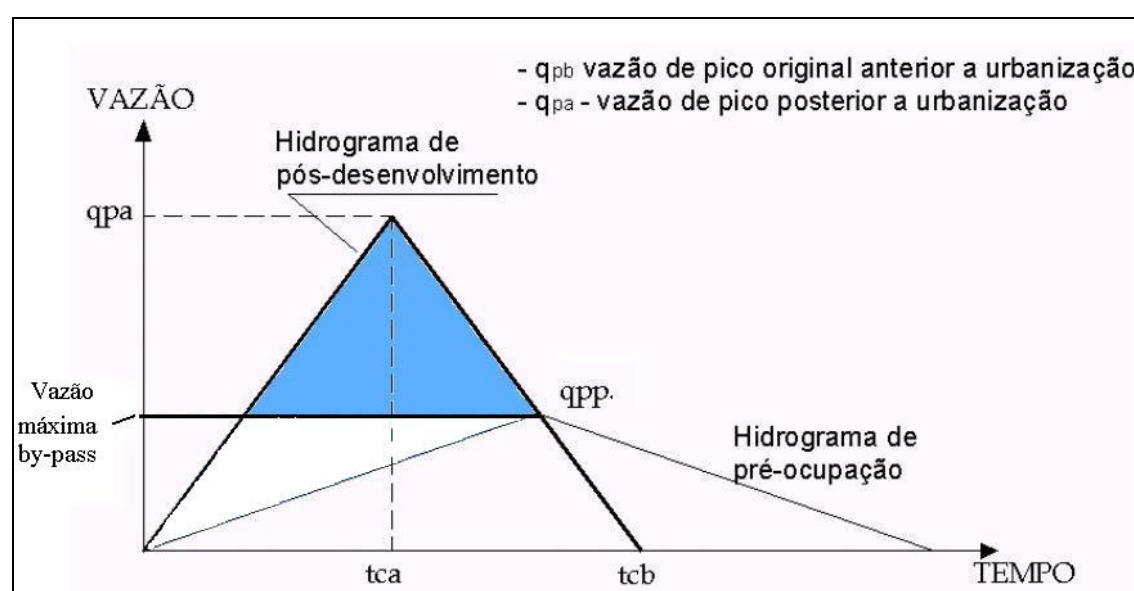


Figura 6.5 – Hidrogramas de pré e pós-ocupação – off-line.

Nesse estudo não foi previsto, mas se no futuro opta-se pela utilização do reservatório para a melhoria da qualidade da água, deve-se estimar o volume adicional do reservatório em função do tempo previsto de manutenção de parte do volume dentro do sistema.

5.3.1.4 Câmaras de reservação

Os reservatórios podem ser construídos de forma a facilitar a sua manutenção.

Assim, uma alternativa consiste na construção de reservatórios com duas câmaras, ou seja, duas áreas de armazenamento. Esse conceito é simples, e para sua implementação basta compartimentalizar a área de reservação (Figura 6.6 e Figura 6.7).

Nesses casos, a primeira câmara pode ser executada com fundo revestido, o que facilita a operação de limpeza após a inundação. Além disso, uma estrutura para a retenção de lixo pode ser implantada na entrada da mesma, evitando a entrada de material sólido.

Para a primeira câmara, pode ser previsto o enchimento para cheias com períodos de recorrência inferiores a 10 anos, já que sua limpeza é facilitada. Isso auxiliaria no controle de enchentes de menor magnitude. A segunda câmara passaria

a receber água somente ultrapassado o evento de cheia utilizado no dimensionamento da primeira câmara.

As câmaras de reservação poderão ser utilizadas para fins de recreação, sendo que para isso, o anteprojeto apresenta uma proposta para o uso múltiplo, integrando a estrutura à paisagem do entorno. Dessa forma, quadras de esporte, pistas de skate, entre outros, serão sugeridos como alternativas para os usos dos reservatórios de detenção.

Durante o projeto executivo final, pode-se contemplar uma alternativa na qual a entrada de água entre câmaras seja independente; assim na primeira câmara entraria a porção mais poluída da água, não havendo mistura da água da primeira e segunda câmara, melhorando significativamente a qualidade da água.

5.3.1.5 Dimensionamento hidráulico dos dispositivos de saída

Basicamente, as estruturas hidráulicas a serem utilizadas em um reservatório consistem em: um ou mais tubos de entrada, um ou mais descarregadores de fundo e um vertedor (Figura 6.8).

O dimensionamento dessas estruturas dependerá dos seguintes elementos: relação cota x volume do reservatório, hidrograma de projeto, limite da vazão de saída para jusante. Esses aspectos estão relacionados e são discutidos a seguir.

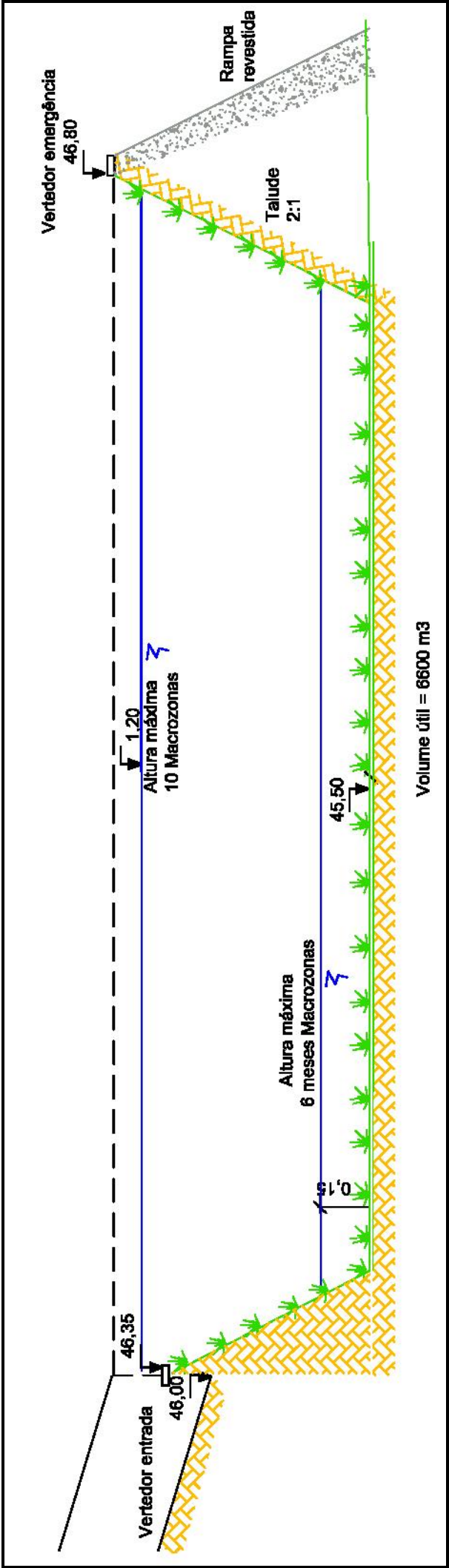


Figura 6.6 – Exemplo de seção transversal de um reservatório com uma câmara.

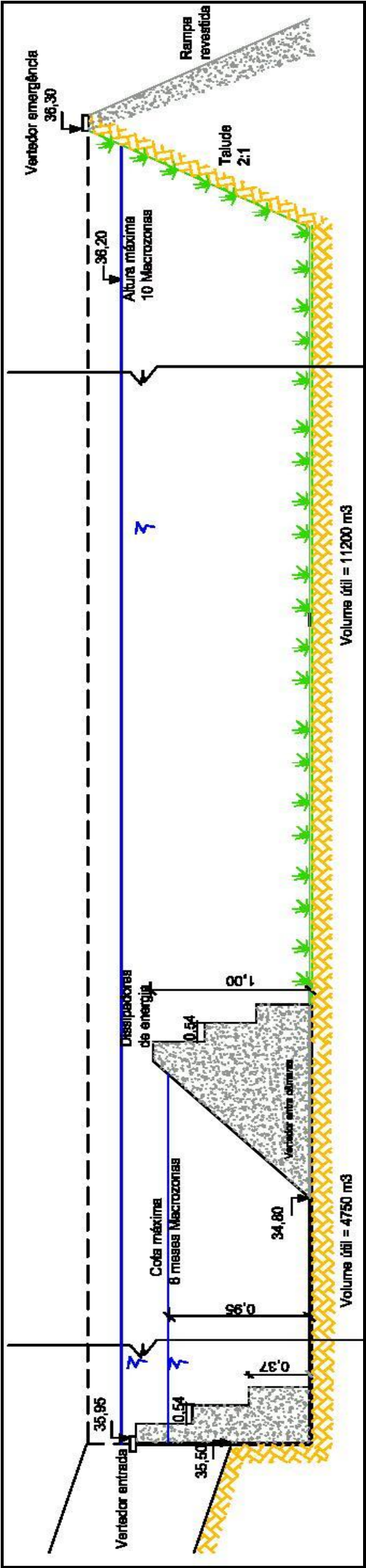


Figura 6.7 – Exemplo de seção transversal de um reservatório com duas câmaras.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

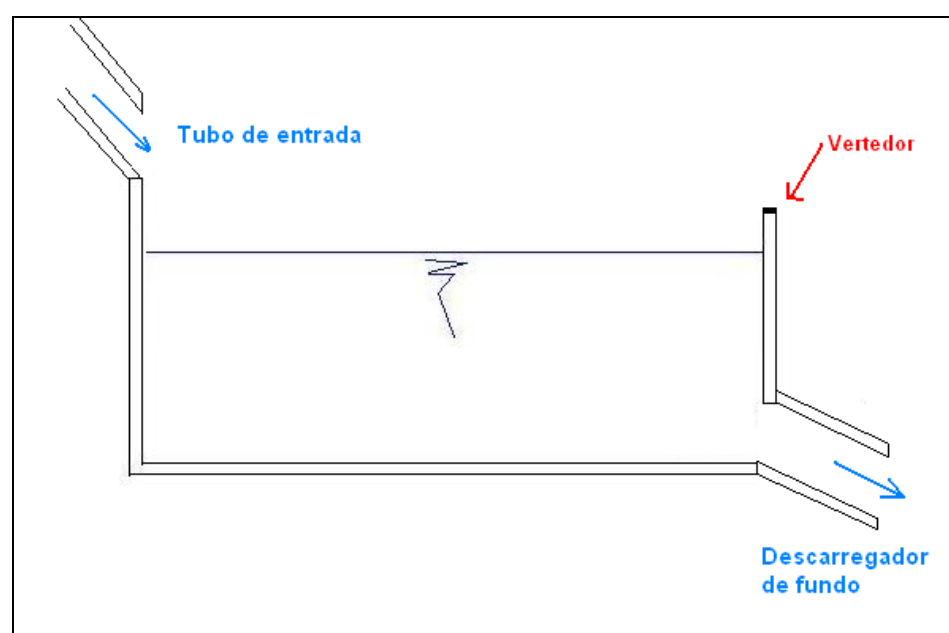


Figura 6.8 – Esquema de reservatório mostrando as estruturas hidráulicas.

A relação cota x volume do reservatório é importante, à medida que é possível avaliar a carga hidráulica existente sobre o descarregador de fundo. Como a carga hidráulica afeta as vazões de descarga, ou seja, dependendo da lâmina de água no interior do reservatório diferentes vazões efluirão do reservatório, o dimensionamento deve contemplar esses condicionantes, de forma a garantir que a vazão máxima permissível de descarga não seja ultrapassada. Se por razões construtivas uma cota elevada deve ser mantida, então o descarregador de fundo deverá ter sua seção ajustada, de forma a garantir que a vazão máxima não seja ultrapassada.

Todos esses aspectos foram retratados durante a modelagem hidráulica, otimizando as soluções para os reservatórios, a partir das condições topográficas existentes e previstas em projeto. Portanto, durante a fase projeto executivo final, caso seja realizada alguma alteração no anteprojeto de cada reservatório deverá ser realizada nova avaliação hidráulica, a fim de assegurar o correto funcionamento da estrutura de retenção.

5.3.2 Obras identificadas na alternativa

Os locais selecionados para a implantação dos reservatórios foram apresentados no Relatório R3, que faz parte do conjunto de volumes do Plano Diretor de Drenagem Urbana. Foram utilizados seis reservatórios (Figura 6.9), com um aproveitamento de três estruturas já existentes ao longo do córrego Sóter (1, 2 e 3) e o Lago no Parque das Nações Indígenas (5) no córrego Prosa. Foi prevista a construção de mais um reservatório no Parque das Nações Indígenas, à montante do Lago (4) e um reservatório na área do Parque das Cachoeiras (6-Parques das Águas).

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana



Figura 6.9 – Locais selecionados para análise de alternativas com o uso de reservatórios.

Na Tabela 6.2 são apresentadas as características dos reservatórios dimensionados na Alternativa II. A concepção de projeto que considera essa alternativa teve um custo estimado de aproximadamente 42 milhões de reais, com uma redução das vazões escoadas para jusante em quase $125\text{m}^3/\text{s}$. Esses custos foram estimados considerando a escavação, aterro e instalação de estruturas hidráulicas também estão sendo considerados. A estimativa de custos de implantação dessas obras será realizada com base nos custos do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, custos de 11/07/2008), acrescidos de 30%, de acordo com orientação da equipe de acompanhamento da Prefeitura Municipal de Campo Grande.

Para as barragens do córrego Sóter é prevista a ampliação da capacidade de armazenamento já existente, considerando a manutenção das estruturas de descarga encontradas no local. Assim, esses reservatórios seriam lineares, ao longo do curso do córrego.

Para o reservatório 4, é previsto o uso da área junto à afluência dos córregos Joaquim Português e Desbarrancados, de forma que nesse local poderá ser construído um lago, ou ainda, um reservatório linear, acompanhando o curso do córrego Prosa no interior do Parque das Nações Indígenas.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 6.2 – Características dos reservatórios dimensionados para o controle do escoamento na bacia do córrego Prosa.

Reservatório	Volume necessário (x 1000 m³)	Área da seção transversal do descarregador de fundo (m²)	Vazão de by-pass (m³/s)	Comprimento do vertedor (m)
1	117,21	4,5	0	
2	96,05	4,5	0	
3	131,60	4,5	0	
4	101,60	1	0	
5	58,31	0,01		165
6	98,28	11,34	0	

Para o reservatório 5, que aproveita o Lago já existente no Parque das Nações Indígenas, é previsto o levantamento (ou rebaixamento) das bordas do referido lago, de tal forma que seja obtido o volume necessário para o amortecimento das vazões (Tabela 6.2). Nas simulações hidráulicas realizadas, verificou-se que para uma altura útil de reservação de 1,30m, a lâmina d’água sobre a soleira do vertedor posicionado a 1m sobre o fundo do reservatório, foi de aproximadamente 18cm. Portanto, em função das concepções de projeto esses valores deverão ser novamente determinados, a fim de garantir o adequado funcionamento do reservatório.

Para o reservatório 6, na área do Parque das Cachoeiras, podem ser utilizadas as quedas d’água já existentes para promover o barramento das vazões, minimizando assim, os custos relacionados com as obras no local.

Portanto, diante dos resultados obtidos a partir de otimização de solução para a Alternativa II, verifica-se que todos os reservatórios serão on-line. Todos os reservatórios deverão ser dimensionados de forma a garantir a reservação dos volumes especificados. A área da seção transversal do descarregador de fundo deve ser respeitada no anteprojeto e execução, pois a sua manutenção é a garantia do controle das vazões efluentes para jusante. O descarregador de fundo deve ser posicionado junto ao fundo do reservatório, de forma a garantir o seu esvaziamento durante os períodos sem chuva.

O descarregador de fundo deve ter declividade suficiente, de forma a garantir que não ocorram inversões de vazão para o interior do reservatório. O trecho de canal que conduz as vazões afluentes ao reservatório também deverá ser instalado em cota topográfica suficiente para garantir que não trabalhe afogado, o que comprometeria sua capacidade hidráulica. Na Figura 6.10 é apresentado um esquema de um reservatório construído segundo as concepções adotadas nesse plano, onde se observa a cota do tubo de entrada e o descarregador de fundo.

No caso do aproveitamento do Lago do Parque das Nações Indígenas o vertedor é a principal estrutura hidráulica a ser dimensionada e suas características mantidas, visto que ele garante que as vazões especificadas nesse plano sejam mantidas a jusante.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana



Figura 6.10 – Exemplo de reservatório de detenção utilizado como quadra de esportes gramada.

6 PROGRAMA MUNICIPAL DE DRENAGEM

6.1 Fundamentos do Programa

6.1.1 Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana

A gestão das águas pluviais é realizada através do Plano de Drenagem Urbana, cuja estrutura é apresentada na Figura 7.1, onde se destacam os seguintes componentes básicos:

- Política de Águas Pluviais;
- Medidas não-estruturais e estruturais;
- Produtos;
- Programas;
- Informações.

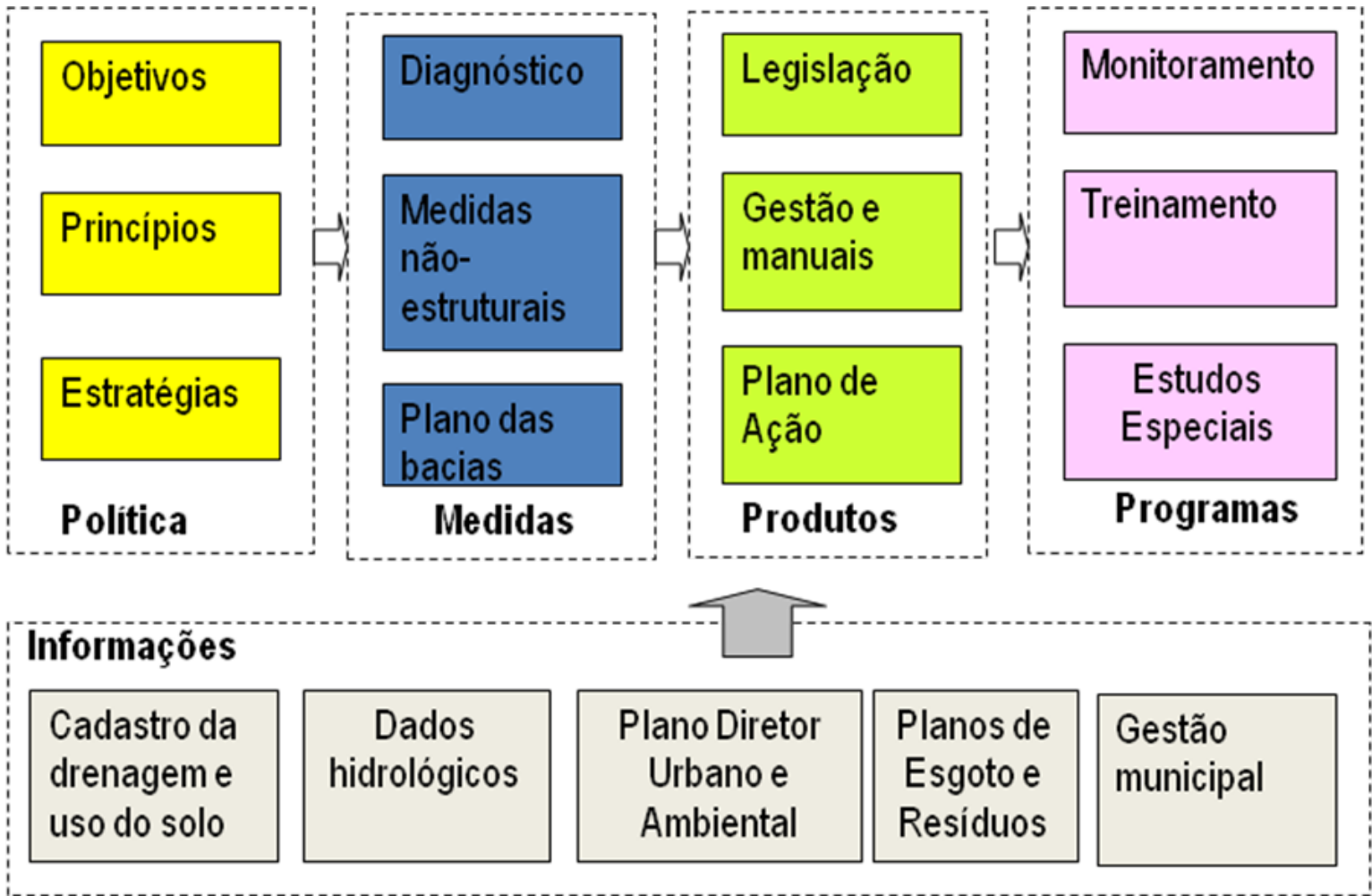


Figura 7.1 – Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana (Tucci, 2002).

Na formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações foram apresentados os elementos citados acima do Plano Diretor de Drenagem Urbana. Nesse estudo são apresentados o Programa de Águas Pluviais como destacado na Figura.

Um dos principais componentes do Plano de Drenagem de Campo Grande é o Programa Municipal de Drenagem. Este programa tem como objetivo estabelecer atividades que:

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Complemente as atividades desenvolvidas no Plano ao longo do seu desenvolvimento; e
- Tenham características de longo prazo, além do período de elaboração do Plano.

A seguir são destacados os objetivos do Plano de Drenagem, já destacados na formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações. Também são caracterizadas as metas do Plano.

6.1.2 Objetivos

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de:

Criar os mecanismos de gestão da infra-estrutura urbana relacionado com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana. Esta gestão visa evitar perdas econômicas, e melhorar as condições de saúde e meio ambiente da cidade, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais.

O planejamento da infra-estrutura envolve a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infra-estrutura para evitar prejuízos econômicos de ambientais.

6.1.3 Metas

As metas do plano são relacionadas com os diferentes impactos na cidade, que são: inundação urbana, erosão e meio ambiente, qualidade da água.

As metas relacionadas com o Plano de Drenagem Urbana são os seguintes:

- Eliminação dos locais de alagamento na cidade para o tempo de retorno de 10 anos em toda a cidade. Nesta fase foi desenvolvido o Plano de Obras estrutural para a bacia do rio do Prosa;
- Evitar o aumento da vazão pré-existente para os novos desenvolvimentos na cidade por meio de legislação apropriada para estes empreendimentos (ver medidas de controle não estruturais);
- Eliminar as áreas degradadas geradas pela erosão do solo devido à drenagem urbana;
- Evitar o aumento da erosão devido à ocupação (ver medidas de controle não estruturais);
- Reduzir em 80% a poluição devido às águas pluviais da cidade para novos empreendimentos (ver medidas de controle não estruturais).

6.1.4 Componentes do Programa

Os programas são os estudos complementares de médio e longo prazo que são recomendados no Plano visando melhorar as deficiências encontradas na elaboração do Plano desenvolvido.

Os programas identificados no Plano Diretor de Drenagem urbana são os seguintes:

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- **Capacitação:** Este programa busca a melhoria do conhecimento em todos os níveis da gestão das águas pluviais na cidade de Campo Grande de princípios sustentáveis;
- **Programa de monitoramento:** Este programa tem a finalidade de aumentar a informação na cidade visando melhorar os projetos de drenagem trazendo maior segurança e menor custo dos investimentos
- **Gestão:** Fiscalização e Manutenção – Este programa visa melhorar a gestão das entidades municipais para atendimento do Planejamento previsto;
- **Estudos Complementares:** Estas são atividades complementares identificadas no Plano que necessitam ser revisadas e ampliadas com o objetivo de melhorar o planejamento e permitir na revisão futura do Plano Diretor de Drenagem, introduzindo maiores informações para a redução dos riscos dos projetos de drenagem urbana. Estes estudos utilizam dos dados obtidos no programa de monitoramento.
- **Recuperação de áreas degradadas:** Este programa deve buscar a recuperação das áreas degradadas na cidade através do planejamento de ações de mitigação visando a sua eliminação;
- **Redução da Contaminação de aquíferos:** Identificação das principais fontes de contaminação dos aquíferos e desenvolver ações para mitigação destes impactos.

Os programas dentro deste Plano foram previstos como atividades de médio e longo prazo necessárias para a melhoria do planejamento da drenagem urbana cada cidade. A programação destas atividades dependerá da definição da Prefeitura, mas os programas de Capacitação e Gestão devem ser programados para iniciar primeiro, seguido do programa de monitoramento, e dos demais. Os dois últimos programas devem apresentar uma longevidade maior e devem necessitar de mais recursos.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.2 Capacitação

6.2.1 Avaliação

A falta de conhecimento quanto aos impactos da urbanização na drenagem é muito grande, tanto no ambiente técnico como na população. Isto dificulta o entendimento de decisões inovadoras por parte da população e de planejadores urbanos.

De outro lado, muitas das soluções sustentáveis em drenagem urbana depende da implementação do espaço dos empreendimentos e dos próprios projetos. Como o conhecimento tem sido fragmentado, o arquiteto e os engenheiros que atuam em outras áreas de engenharia desconhecem os princípios de drenagem sustentáveis que devem ser incorporados desde o início na implantação urbana que dê sustentabilidade ao ciclo hidrológico urbano e a drenagem das águas pluviais.

Atualmente existe a conceituação de que a melhor drenagem é aquela que drena o escoamento o mais rápido possível. Este tipo de conceito tem levado aos impactos hoje existentes nas cidades brasileiras. Para mudar esta forma de pensar e de projetar torna-se necessário treinar estes profissionais.

No que se refere aos profissionais de drenagem observa-se que a maioria ainda desconhece os conceitos de um planejamento e projeto sustentável que armazena e infiltra o escoamento, recuperando as funções naturais do escoamento pluvial. Portanto é necessário que os mesmos revisem suas práticas, atuando de forma adequada dentro dos princípios do Plano de Drenagem Urbana.

6.2.2 Justificativa e objetivo do Programa

A viabilização deste Plano depende de aceitação por parte da população e dos técnicos, independentemente da regulamentação. Torna-se necessário que todos tenham as informações adequadas para que a gestão seja viável. O treinamento permitirá consolidar conhecimentos e disseminar práticas sustentáveis de drenagem urbana dentro de uma nova perspectiva sustentável da cidade.

Os objetivos do programa de capacitação são os seguintes:

- Transmitir conceitos sobre o impacto da urbanização na drenagem urbana para população de forma geral;
- Treinar engenheiros, arquitetos e outros profissionais que atuam de forma sistemática dentro do planejamento e projeto da infra-estrutura da cidade e no seu meio ambiente;
- Treinar técnicos da prefeitura e da iniciativa privada no projeto de técnicas de controle da drenagem urbana.

6.2.3 Caracterização da capacitação quanto ao público alvo

O programa de capacitação deverá atuar para cobrir os seguintes grupos de profissionais que têm atribuições específicas dentro da cidade:

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Grupo A – Formar profissionais para atuar dentro da *Prefeitura de Campo Grande* nas atividades de:

- Análise e aprovação dos projetos propostos dos empreendimentos;
- Fiscalização da implementação destes projetos;
- Manutenção do sistema de drenagem pluvial; e
- Desenvolver as atividades previstas no Plano, inclusive a sua revisão.

Grupo B – Treinar profissionais para atuarem nas empresas que elaboram planejamento e desenvolvimento de projetos na cidade, além dos profissionais que atuam na implementação das obras;

Grupo C – Atualizar os decisores como os vereadores, secretários municipais e dirigentes de empresas municipais e empresários, da mesma forma atualizar todos os profissionais que projetam a cidade nos diferentes campos da infra-estrutura urbana sobre as diferentes funções relacionadas com o saneamento ambiental e águas pluviais, principalmente os arquitetos que atuam em projetos de empreendimentos;

Grupo D – Preparar membros da sociedade para participar em comitê de bacia, órgãos e conselhos a nível federal, estadual e municipal, no âmbito de recursos hídricos. Destacam-se as Organizações não governamentais atuantes dentro da cidade.

Na Tabela 7.1 abaixo é apresentado de forma resumida os diferentes níveis de treinamento dentro do programa. Para este processo, a Prefeitura Municipal de Campo Grande, por meio de seu núcleo técnico deve:

- Identificar, planejar e desenvolver o programa de capacitação;
- Em associação com empresas, profissionais ou através de centros universitários de pesquisa e desenvolvimento.

Nos itens seguintes são apresentadas as bases dos termos de referência destes treinamentos, considerando o público alvo, conteúdo necessário a ser abordado dentro do treinamento e as características do curso e sua certificação por parte da Prefeitura. A certificação da atuação dos profissionais dentro do treinamento permitirá garantir que o mesmo recebeu as informações adequadas para continuar atuando dentro das suas funções dentro da Prefeitura e os profissionais que atuam para a Prefeitura possuam o conhecimento e a linguagem necessária para dar continuidade as suas atividades dentro da cidade no âmbito da drenagem pluvial sustentável.

Nos itens seguintes são apresentados os cursos de cada grupo e o conteúdo dos mesmos. O conteúdo foi desmembrado em módulos que permitem treinar os diferentes grupos. Os módulos previstos são sintetizados na Tabela 7.2 e descritos em detalhe no Anexo A.

Certificação: A Prefeitura de Campo Grande juntamente com o CREA poderá certificar os profissionais que acompanharem o curso com uma determinada frequência e com base numa avaliação mínima de conteúdo. Isto permitirá dar credibilidade ao processo e devem ser incentivados os profissionais da Prefeitura que acompanharem o programa.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 7.1 – Caracterização dos cursos de capacitação.

Nome	Caracterização	Público Alvo
Profissionais Grupo A e B	Componentes das Águas Urbanas; Conceitos hidrológicos e ambientais; Métodos de Projeto em Drenagem Urbana considerando os aspectos sustentáveis; Aspectos Institucionais; Plano Diretor de Drenagem	Profissionais da Prefeitura de Campo Grande que atuarão em análise, fiscalização, manutenção e revisão do Plano
Decisores: Grupo C	Planejamento Urbano e Águas Urbanas; Gestão Integrada; Princípios de drenagem urbana sustentável; medidas de controle e Plano Diretor de Drenagem Urbana.	Profissionais que atuam na estrutura urbana como urbanistas, administradores, arquitetos e projetistas de obras e ambientalistas,
Grupo D: População	Noções gerais sobre o desenvolvimento das cidades e sua infraestrutura de água, características; indicadores do saneamento ambiental e do meio ambiente urbano e das bacias hidrográficas; impactos e causas das inundações na drenagem urbana; principais tipos de soluções e participação pública e Plano de Drenagem Urbana	Participante de comitê de bacia, representante municipal, membros de ONG e população em geral.

6.2.4 Planejamento e Projetos em Drenagem urbana: grupo A

Justificativa

Os profissionais da prefeitura necessitam de conhecimento para desenvolver as suas atividades de análise, fiscalização, manutenção e revisão periódicas dos elementos e do próprio Plano de Drenagem Urbana.

Atualmente a Prefeitura de Campo Grande não possui corpo técnico com conhecimento para atuar neste conteúdo e nem mesmo uma instituição com a atribuição específica de atuar dentro da drenagem, já que este tema está englobado numa Secretaria com outras atividades.

Objetivos

O objetivo principal finalidade deste programa é de permitir formar um corpo técnico qualificado para o desenvolvimento da drenagem urbana dentro da administração da Prefeitura de Campo Grande.

Especificamente o objetivo do treinamento é capacitar o técnico da Prefeitura para analisar, fiscalizar, atuar em manutenção de drenagem e revisar o Plano de Drenagem Urbana.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 7.2 – Módulos de Treinamento.

Módulo	Título	Descrição
1	Gestão de Águas Urbanas	Trata de uma visão de conjunto da gestão de águas pluviais para decisores, planejadores e profissionais que atuam nas cidades. Este curso tem como meta mudar a forma como as águas pluviais impactam as cidades devido à ocupação inadequada do solo urbano através de projetos sustentáveis.
2	Hidrologia Urbana	Conceitos hidrológicos dos processos na bacia hidrográfica urbana e os efeitos da urbanização, medidas técnicas de controle e seus efeitos considerando os princípios técnicos e sustentabilidade do espaço
3	Métodos de Projeto em Drenagem urbana	Projeto de dispositivos hidrológicos e hidráulicos na drenagem urbana com o uso de modelos hidrológicos, hidrodinâmicos, sedimentos e qualidade da água.
4	Aspectos Legais	Entendimentos dos componentes legais e sua aplicação nas funções da gestão do município. Organização e atribuições da análise e das questões ambientais.
5	Gestão municipal da drenagem	Atuação na análise, fiscalização, manutenção da drenagem urbana na cidade.
6	Plano Diretor de Drenagem	A estrutura e bases do Plano Diretor de Drenagem urbana, aspectos principais e componentes que devem fazer parte de sua revisão.
7	Palestras	Palestras definidas de duração limitada com debate sobre principalmente os aspectos do módulo 1, onde são transmitidos os fundamentos da sustentabilidade das águas urbanas.

Conteúdo

Os módulos para esta formação são:

- Módulo 1: Gestão de Águas Urbanas:
- Módulo 2: Hidrologia Urbana
- Módulo 3: Métodos de Projeto em Drenagem Urbana

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Módulo 4: Aspectos legais

Módulo 5: Gestão da Drenagem Urbana

Módulo 6: Plano Diretor de Drenagem Urbana.

No anexo A é apresentado o detalhe de conteúdo e o tempo proposto para cada um dos módulos propostos.

6.2.5 Planejamento e Projetos em Drenagem urbana: grupo B

6.2.5.1 Justificativa

Os projetistas de drenagem urbana necessitam de atualização do conhecimento em drenagem urbana para considerar a sustentabilidade nos projetos. Atualmente observa-se uma grande defasagem técnica com conceitos que priorizam a transferência dos impactos para jusante.

Para melhorar os projetos é necessário atualizar o conhecimento destes projetistas para que os projetos que chegarem a Prefeitura tenham a concepção e os princípios previstos no Plano.

Objetivos

O objetivo principal finalidade deste programa é de permitir atualizar os profissionais que desenvolvem os projetos para a Prefeitura dentro dos novos princípios do Plano Diretor de Drenagem Urbana, o qual este programa faz parte.

Conteúdo

Os módulos recomendados para este grupo de profissionais são os seguintes:

Módulo 1: Gestão de Águas Urbanas:

Módulo 2: Hidrologia Urbana

Módulo 3: Métodos de Projeto em Drenagem Urbana

Módulo 6: Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Nada impede que os profissionais deste grupo acompanhem os outros módulos.

No anexo A é apresentado os detalhes de conteúdo e tempo proposto para cada um dos módulos propostos.

6.2.6 Gestão de Águas Pluviais: grupo C

Justificativa

Um grande número de profissionais atua no desenvolvimento e planejamento da cidade. São arquitetos planejadores, engenheiros de infra-estrutura, geólogos, biólogos, geógrafos, administradores, advogados, entre outros. Estes profissionais de alguma forma orientam o planejamento, projeto e funcionamento da cidade, influenciando na qualidade de vida e no meio ambiente.

O escoamento pluvial sobre o terreno é uma das funções ambientais que influencia a saúde, o meio ambiente e a qualidade de vida. A implantação do homem no

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

espaço deve entender estas funções para permitir uma harmonia que leve a qualidade de vida e ao meio ambiente sustentável.

Neste sentido estes profissionais que no fundo são decisores devem ter uma noção da infra-estrutura de águas urbanas e, em especial de drenagem, para melhor desenvolverem suas atividades.

Objetivos

O objetivo principal deste treinamento é uniformizar os conhecimentos para decisores e profissionais de outras áreas que atuam na cidade, apoiando de forma sustentável as decisões e ações sobre o ambiente urbano.

Conteúdo

Os módulos recomendados para este grupo de profissionais são os seguintes:

Módulo 1: Gestão de Águas Urbanas:

Módulo 4: Aspectos legais

Módulo 6: Plano Diretor de Drenagem Urbana.

6.2.7 Workshops sobre Drenagem urbana: grupo D

Justificativa

A população forma um grupo fundamental para dar longevidade ao planejamento da cidade, na medida em que, representa a sociedade civil que de alguma forma se beneficiará de um desenvolvimento sustentável. O termo “população” é vago e muitas vezes demagógico. Na realidade é importante atingir de forma mais ampla os formadores de opinião na cidade quanto aos novos princípios do desenvolvimento sustentável das águas urbanas e, em especial dos conceitos sobre os aspectos de drenagem urbana.

Atualmente a população possui uma vaga noção sobre sustentabilidade e ações que pode contribuir para sustentabilidade quanto a, por exemplo, impermeabilização, disposição de material sólido, esgoto sanitário, água segura, entre outros.

Objetivo

Educar a população sobre os conceitos sustentáveis das águas urbanas e, em especial da drenagem urbana para que possa ser atuante dentro das atividades previstas no Plano.

Conteúdo

Os módulos recomendados para este grupo de profissionais são os seguintes:

Módulo 1: Gestão de Águas Urbanas:

Módulo 7: Palestras selecionadas sobre Águas urbanas

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.3 Monitoramento

6.3.1 Avaliação

O planejamento do controle quantitativo e qualitativo da drenagem urbana passa pelo conhecimento do comportamento dos processos relacionados com a drenagem pluvial.

A quantidade de dados hidrológicos e ambientais é reduzida e o planejamento nesta etapa foi realizado com base em informações secundárias, o que tende a apresentar maiores incertezas quanto à tomada de decisão na escolha de alternativas.

A precipitação mostra que existe variabilidade espacial importante na cidade em face da sua urbanização e áreas impermeáveis que podem produzir efeitos sobre as mesmas. A rede existente mostra que existem dados pluviométricos de quatro postos de pluviômetros, mas não existem dados de pluviógrafos, que melhor caracterizam a distribuição espacial da precipitação.

No tocante as informações de vazão, não existem dados e a estimativa dos parâmetros do modelo que transforma chuva em vazão, foi realizada, primeiro com dados de literatura e depois ajustado com a magnitude dos eventos, por meio das manchas de inundação. No entanto, isto mostra que existem incertezas no dimensionamento da drenagem urbana na cidade.

Quanto à qualidade da água pluvial, também não existem dados que permita estimar a sua caracterização, já que as medidas que existem, geralmente retratam o escoamento em período sem chuva, onde predomina a contaminação do esgoto sanitário da cidade que ainda não foi coletado ou que está na drenagem por conexões indevidas.

6.3.2 Justificativa e objetivo

A falta de dados, como mencionado acima, faz com que os projetos de drenagem urbana, dentro do plano, apresentem incertezas maiores. O efeito das incertezas é de projetos super-dimensionados ou sub-dimensionados com evidentes prejuízos para a sociedade como um todo.

O programa de Monitoramento deve buscar disponibilizar informações para a gestão do desenvolvimento urbano, estabelecendo critérios que garantam a qualidade das informações e dos projetos futuros.

O programa de monitoramento proposto no plano tem os seguintes sub-programas de monitoramento:

- De bacias representativas da cidade quanto às variáveis climáticas como temperatura, umidade, precipitação e variáveis hidrológicas como a quantidade e qualidade da água da chuva e dos rios urbanos;
- Das áreas impermeáveis e sua relação com a ocupação urbana;
- De sedimentos e resíduos sólidos na drenagem.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.3.3 Monitoramento de bacias representativas da cidade

Esta atividade envolve a avaliação da rede existente, planejamento de uma rede mínima com coleta das variáveis climáticas e hidrológicas, como citado acima.

O serviço de monitoramento pode ser realizado por empresas especializadas, já que a cidade dificilmente pode assumir este tipo de gestão. Em associação com o monitoramento é necessário planejar um banco de dados e a disponibilização dos dados de forma pública.

Justificativa

Para determinação das vazões nas bacias urbanas são utilizados modelos hidrológicos que possuem parâmetros que são estimados com base em dados observados de precipitação e vazão ou estimados através de informações de literatura. Os estudos realizados utilizaram algumas das informações pré-existentes na cidade, no entanto observou-se a necessidade de uma amostra mais representativa e com um período de observação mais prolongado. Nas cidades brasileiras não existe dados de qualidade da água dos pluviais. Estas informações são importantes para conhecer o nível de poluição resultante deste escoamento, as cargas dos diferentes componentes, visando estabelecer medidas de controle adequadas.

Objetivos

Os objetivos do programa são de aumentar a informação de precipitação, vazão, parâmetros de qualidade da água de algumas bacias representativas do desenvolvimento urbano e acompanhar qualquer alteração do seu comportamento frente ao planejamento previsto.

Metodologia

A rede de coleta deve procurar identificar as necessidades de coleta de: cobertura temporal e espacial da precipitação; vazão de bacias representativas; produção de sedimentos e qualidade da água pluvial. A representatividade deve buscar comparar cenários rurais com urbanos, criando base de conhecimento para ajustar o plano e desenvolver conhecimento que coloque preço dos impactos urbanos de acordo a ocupação e contribua a gestão eficiente da qualidade da água dos sedimentos e da urbanização.

Para o desenvolvimento deste programa recomendamos as seguintes atividades para o termo de referência deste componente do programa

1. Levantamento e revisão dos dados hidrológicos disponíveis;
2. Avaliação da rede existente e planejamento de rede complementar dentro de uma visão de representatividade de ocupação urbana e condições hidrológicas;
3. Especificação do monitoramento da rede;
4. Criar um banco de dados para receber as informações existentes e coletadas;
5. Implementar a rede prevista e torná-la operacional.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.3.4 Monitoramento de áreas impermeáveis

O desenvolvimento urbano da cidade é dinâmico e o monitoramento da densificação urbana visa a avaliação deste processo sobre o impacto na infraestrutura da cidade. Em estudos hidrológicos desenvolvidos nos últimos anos com dados de cidades brasileiras, incluindo Porto Alegre, Campana e Tucci (1994) apresentaram uma relação bem definida entre a densificação urbana. Na formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações deste plano foram apresentados os valores amostrais de Campo Grande. Portanto, o aumento da densificação tem relação direta com o aumento da impermeabilização do solo, que é a causa principal do aumento das vazões da drenagem pluvial.

Justificativa

Durante a realização do Plano é utilizados para o cenário de futuro desenvolvimento a previsão de densificação (densidade habitacional) prevista no Plano Diretor Urbano. A área impermeável é estimada com base na densidade por uma relação como a obtida da relação apresentada na formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações. Considerando que estes cenários podem se afastar da previsão é necessário acompanhar a alteração efetiva da impermeabilização nas bacias planejadas. Além disso, a área impermeável é o parâmetro definido para estimativa da cobrança da taxa de drenagem urbana para recuperação dos custos de implantação do Plano e da manutenção da rede de drenagem.

Objetivo

Acompanhar a variação das áreas impermeáveis das bacias hidrográficas na cidade, verificando alterações das condições de planejamento.

Metodologia

Este programa pode ser estabelecido com base no seguinte:

- Obter anualmente imagem de satélite da cidade;
- Para cada uma das bacias da cidade determinação sistemática das áreas impermeáveis;
- Atualizar o cadastro de propriedades quanto à alteração das áreas impermeáveis e cobrança pelos serviços de drenagem;
- Verificar se estão dentro dos cenários previstos no Plano Diretor Urbano;
- Sempre que houver novos levantamentos populacionais, atualizar a relação densidade x área impermeável. Ajustar esta relação para áreas comerciais e industriais.

6.3.5 Monitoramento de resíduos sólidos na drenagem

Existem grandes incertezas quanto à quantidade de material sólido que chega ao sistema de drenagem. A avaliação destas informações é muito limitada no Brasil. Geralmente, é conhecida a quantidade de material sólido coletado em cada área de coleta, mas não se conhece quanto efetivamente chega à drenagem. Os números podem chegar a diferenças de magnitude significativas.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Justificativa

Os estudos de drenagem urbana partem dos princípios que um conduto tem capacidade de transportar a vazão que chega no seu trecho de montante e não é possível estimar quanto deste conduto estará entupido em função da produção de material sólido. Desta forma, muitos alagamentos que ocorrem são devidos, não à falta de capacidade projetada do conduto hidráulico, mas por causa de obstruções provocadas pelo material sólido. Para que seja possível atuar sobre este problema é necessário conhecer melhor como os componentes da produção e transporte deste material ocorrem em bacias urbanas.

Objetivos

Quantificar a quantidade de material sólido que chega à drenagem pluvial, como base para implantação de medidas mitigadoras.

Metodologia

Para quantificar os componentes que envolvem a produção e transporte do material sólido é necessário definir uma ou mais áreas de amostra. A metodologia prevista é a seguinte:

- Definir as metas de um programa de estimativa dos componentes do processo de geração e transporte de material sólido para a drenagem;
- Escolher uma ou mais áreas representativas para amostragem;
- Definir os componentes;
- Quantificar os componentes para as áreas amostradas por um período suficientemente representativo;
- Propor medidas mitigadoras para a redução dos entupimentos.

6.3.6 Revisão e ampliação do Cadastro e da topografia relacionada do sistema de drenagem

O sistema de drenagem atual é cadastrado baseado na determinação da profundidade do conduto e seu diâmetro. No Plano foram realizados levantamentos que permitiram identificar a macro-drenagem e relacionada com a topografia disponível na cidade. No entanto, observa-se que o levantamento topográfico tem uma resolução interpolada o que pode levar a erros importantes na avaliação das áreas de inundação.

Além disso, os seguintes aspectos podem comprometer a drenagem:

- (a) praticamente não existem informações de importante parte da micro-drenagem, onde o escoamento poderá estar produzindo inundações. É comum observar-se na cidade condutos insuficientes na micro-drenagem;
- (b) o estado de obstrução em que se encontram os condutos e os canais pode comprometer sua capacidade de escoamento.

Justificativa

As diferenças de informações e as condições de obstrução do sistema de drenagem podem produzir incertezas que alteram o risco de inundação na cidade. Quando o escoamento é simulado admite-se que os condutos possuem uma

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

capacidade de escoamento que pode não existir, se as informações não estão corretas, além de ser possível corrigir os problemas existentes.

Objetivo

Revisar o cadastro de condutos pluviais da cidade quanto as informações topográficas e ao estado de obstrução dos sistemas de drenagem.

Metodologia

As atividades propostas são:

1. Com base nas simulações existentes identificar as áreas de potencial inundação na cidade;
2. Melhorar a topografia da cidade para uma resolução de pelo menos 1:5.000, com espaçamento entre curvas de níveis de 1m.
3. Avaliar as condições dos condutos;
4. Com base no levantamento realizado na cidade identificar os locais de micro-drenagem que necessitam de levantamento e avaliação das obstruções
5. Revisar os estudos hidrológicos com base nos novos dados.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.4 Gestão

6.4.1 Implantação dos processos da avaliação dos projetos de drenagem

Justificativa

Nas medidas de controle não-estruturais foi prevista uma nova estrutura para a gestão da drenagem urbana na cidade. Com o pessoal e a estrutura proposta é necessário desenvolver a prática das etapas da avaliação e fiscalização de projetos propostos de novos empreendimentos na cidade.

Objetivos

Estabelecer padrões para o processo de avaliação, aprovação e fiscalização dos projetos de drenagem urbana dentro da Prefeitura de Campo Grande.

Metodologia

As atividades de preparação são:

1. Identificação da demanda de projetos de drenagem urbana
2. Caracterização dos das magnitudes de projetos e procedimentos de acordo com a magnitude dos projetos
3. Estabelecer etapas de análise e relato pelo técnico do projeto e os itens de verificação do projeto;
4. Critérios de aprovação, rejeição e re-análise.
5. Normas e critérios de avaliação dos projetos por parte do conselho de técnicos da Prefeitura.
6. Critérios de fiscalização da implantação dos projetos.

Produto

Manual de procedimentos da Prefeitura para análise de projetos.

6.4.2 Programa de Manutenção

A manutenção da drenagem urbana é essencial para permitir que as obras previstas, se tornem efetiva ao longo do tempo. Na proposta de gestão foi previsto a criação de um grupo gerencial de manutenção da rede de drenagem e da manutenção das detenções construídas dentro das seguintes visões:

- Drenagem urbana;
- Controle dos resíduos sólidos;
- Proteção ambiental;
- Paisagismo e recreação urbana.

Ao longo tempo serão também construídas detenções privadas, que neste caso serão operadas pelos seus proprietários ou pelo próprio serviço municipal de manutenção. A experiência dos Estados Unidos e França têm mostrado que com o passar do tempo o empreendedor privado não faz a manutenção e a tendência é que o poder público faça. Nesta situação, o custo é pago pelo empreendedor com o aumento da taxa operacional.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Justificativa

A falta de manutenção e acúmulo de material sólido da rede de drenagem e das detenções pode implicar em: perda da eficiência, propagação de doenças e deterioração ambiental.

Objetivo

Manter o sistema de drenagem operando de acordo com sua capacidade projetada ao longo do tempo.

Metodologia

- Caracterizar a rede de drenagem do município;
- Definir a cobertura de manutenção;
- Estimar o volume de sedimentos e resíduos sólidos que ficará na drenagem;
- Desenvolver os termos de referência para licitação dos serviços. Preferencialmente os serviços de manutenção de rede de drenagem devem ser licitados juntamente com os serviços de lixo urbano, pois a empresa deverá buscar eficiência de limpeza e coleta para reduzir seus custos de manutenção da drenagem. Caso contrário, a culpa será atribuída sempre a outra empresa;
- Programação das ações de limpeza das detenções nos períodos chuvosos;
- Sistematizar a quantificação do volume gerado e sua relação com programas preventivos.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.5 Estudos Complementares

6.5.1 Revisão dos parâmetros hidrológicos

O planejamento e o projeto das áreas estudadas foram elaborados com a utilização do modelo SCS (Soil Conservation Service), que possui dois parâmetros básicos relacionados com a separação do escoamento e áreas impermeáveis e com o deslocamento do escoamento na bacia. Estes parâmetros caracterizam a vazão máxima de um determinado local em função das características físicas do solo, cobertura e áreas impermeáveis.

Justificativa

A estimativa dos parâmetros foi realizada com base em dados existentes que são em número limitado. Com a coleta de dados hidrológicos das bacias previstos no programa de monitoramento e aqueles que estão sendo implementados em programas recentes, será possível verificar a relação entre os parâmetros e as características das bacias, reduzindo as incertezas das estimativas.

Objetivo

O objetivo deste estudo é o de atualizar a relação entre os parâmetros do modelo utilizado e os tipos de solo, cobertura, características da drenagem e área impermeável.

Metodologia

As etapas da metodologia previstas são:

- Seleção dos eventos das bacias com dados disponíveis na cidade e do programa de monitoramento previsto;
- Determinação para a mesma época das características físicas da bacia;
- Determinação dos parâmetros com base nos dados observados de precipitação e vazão;
- Verificação das relações existentes e sua adaptação, caso seja necessário.

6.5.2 Metodologia para estimativa da qualidade da água pluvial

Não existe nenhuma metodologia desenvolvida para a estimativa da qualidade de água pluvial com base em dados da realidade urbana brasileira. As estimativas são realizadas com base em dados de parâmetros de qualidade da água de cidades americanas ou européias com realidade de desenvolvimento diferente dos condicionantes brasileiros.

Justificativa

Considerando as limitações destacadas no item anterior, observa-se que para obter estimativas consistentes da qualidade da água da drenagem pluvial são necessários métodos que se baseiem em dados da realidade das bacias, dentro dos seus condicionantes urbanos.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Objetivos

Desenvolver metodologia para a estimativa da qualidade de água pluvial com base em dados de bacias. Os dados seriam os obtidos dentro do programa de monitoramento destacado no terceiro capítulo.

Metodologia

A metodologia proposta consiste no seguinte:

- Análise e seleção dos dados de qualidade da água monitorados segundo programa do item anterior e outros obtidos dentro da cidade;
- Avaliação da variabilidade temporal e espacial dos parâmetros de qualidade da água associados às práticas de limpeza urbana, sistema de saneamento e outros fatores que influenciam os parâmetros;
- Definição de modelo e metodologia adequada para a estimativa em diferentes níveis da qualidade da água.

6.5.3 Dispositivos de retenção de resíduos sólidos em detenções

O plano desenvolvido previu o uso de detenções para amortecimento do escoamento em áreas urbanas, visando conter a ampliação das inundações. As detenções serão locais onde poderão ficar retidos os volumes de material sólido das bacias drenadas. No projeto destes dispositivos é necessário definir estratégias de retenção do lixo, sem obstruir o escoamento e produzir inundações na vizinhança.

Justificativa

Existem várias alternativas para o projeto de detenções, devido às condições de alta produção de material sólido e grande parte deverá ser coletada antes de obstruir o escoamento da macrodrenagem. Neste sentido, é importante utilizar as detenções como locais concentrados de retirada do lixo. Para tanto, é necessário projetar dispositivos que trabalhem com o máximo de eficiência neste sentido.

Objetivos

Estudar dispositivos de retenção de material sólido, associados aos projetos de retenção.

Metodologia

Os procedimentos propostos são os seguintes:

- Identificação e análise dos dispositivos existentes na cidade para retenção de material sólido;
- Revisão da literatura sobre a eficiência dos dispositivos de retenção de lixo;
- Seleção de um grupo de alternativas pré-existentes e propostas para estudo experimental;
- Desenvolver modelo reduzido para ensaiar a eficiência dos dispositivos selecionados.
- Preparar manual de apoio ao projeto com base na avaliação do funcionamento experimental dos dispositivos.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.5.4 Verificação dos dispositivos de controle

Na literatura existem vários dispositivos de controle. A experiência de funcionamento destes dispositivos foi documentada em vários países. No entanto no Brasil não existe experiência sobre o assunto. Estes elementos podem apresentar variações de comportamento de acordo com as características de uso, produção de material sólido, clima, entre outros fatores.

Justificativa

Os dispositivos de controle do escoamento na drenagem urbana necessitam de avaliação. Com base nesta avaliação podem ser propostas mudanças de funcionamento.

Objetivos

Avaliar o funcionamento dos dispositivos de controle implantados na cidade com o advento deste Plano.

Metodologia

As etapas da metodologia propostas são:

- Cadastrar todos os dispositivos de controle tais como: pavimentos permeáveis, detenções e retenções e áreas de infiltração. Para este cadastro devem ser definidas as informações básicas para um banco de dados;
- Por amostragem dos dispositivos existentes e pelo acompanhamento dos profissionais de fiscalização, realizar anualmente uma avaliação da eficiência dos dispositivos. Neste caso, serão definidos os critérios de avaliação e os elementos a serem obtidos dos dispositivos selecionados.
- Com base, em pelo menos uma amostra representativa e funcionamento de um período de 3 a 5 anos, serão revistas recomendações preparadas no Manual de Drenagem Urbana com relação a construção dos dispositivos. Estas avaliações devem ser mantidas por um período que o projeto identifique que foram esgotados os aprimoramentos.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.6 Recuperação de Áreas Degradadas

6.6.1 Causas e Impactos

A cidade de Campo Grande apresenta várias áreas degradadas devido à ação da erosão pluvial. Este processo ocorre principalmente devido a dois fatores principais:

- Retirada da proteção do solo como a cobertura vegetal, fragilizando a resistência da superfície a ação da precipitação e do escoamento, quando em canais naturais; e
- Aumento de velocidade do escoamento devido a impermeabilização a montante do local da área degradada. Com isto a superfície recebe uma energia superior a que tinha estabilizado sua sustentabilidade natural.

A erosão ocorre pela incapacidade do solo ou das paredes de um canal de resistir ao aumento de energia do escoamento. Com a erosão laminar (superficial) ou concentrada por ravinamento ocorre perda de solo que é transportado pelos rios urbanos que vão depositar em condutos e canais a jusante quando a velocidade do escoamento diminui. Este processo ocorre naturalmente nas bacias hidrográficas, no entanto isto pode ser ampliado devido as ações citadas acima.

Nos locais onde a energia aumenta, combinando com a fragilidade espacial são geradas as áreas degradadas. Este processo tem gerado sérios problemas de perda de solo e prejuízos sobre propriedades e infra-estrutura da cidade. A erosão regressiva é um dos fatores que tem comprometido muitas áreas da cidade.

No diagnóstico ambiental foram identificados estes problemas na cidade. Para dar solução é necessário ter um conhecimento sobre as fontes dos impactos e dar solução aos problemas de forma sustentável no tempo.

Para atuar sobre este problema é necessário desenvolver um programa de médio prazo que permita eliminar estes impactos dentro da cidade.

6.6.2 Objetivos e metas

Os objetivos deste programa são de desenvolver uma metodologia para mitigar os efeitos da erosão na cidade e da produção de sedimentos adicional devido à urbanização.

A meta é de eliminar as áreas degradadas existentes na cidade de Campo Grande por medidas corretivas específicas em cada local.

6.6.3 Metodologia

O programa tem os seguintes componentes metodológicos de atuação:

- A: Caracterização e identificação das áreas por ordem de prioridade;
- B: Definição das medidas de controle;
- C: Implementação das medidas;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

D: Monitoramento de resultados.

E: Avaliação dos resultados do programa

A fase de caracterização trata de mapear em detalhe as áreas degradadas, identificar as fontes e magnitude dos impactos, como uma revisão do Diagnóstico. Esta atividade tem as seguintes atividades:

A.1 – Identificação das áreas degradadas;

A.2 – Para cada área degradada mapear as causas do impacto;

A.3 – Caracterizar a magnitude do Impacto.

Para a fase de Medidas de controle trata de definir as alternativas de medidas corretivas, desenvolver o projeto e o termo de referência da sua implementação. As ações propostas são:

B.1 – Definir as alternativas de controle do Impacto;

B.2 – Analisar a alternativa mais viável para ser desenvolvido para o controle da área, seu custo e etapas de implantação;

B.3 – Elaboração o projeto da alternativa escolhida;

B.4 – Desenvolver o termo de referência para licitação das medidas.

A fase de Implementação das Medidas trata de buscar a identificação de recursos para implementação em toda a cidade, priorizar as áreas de intervenção, implementar as obras de acordo com cronograma.

C.1 – Avaliar o investimento necessário para implementação de todas as obras da cidade;

C.2 – Identificar as fontes de financiamento e a cobrança dos responsáveis dos impactos;

C.3 – Escalonar no tempo as obras de acordo com a disponibilidade de recursos;

C.4 – programação de Implementação das obras.

Para a fase de Monitoramento trata de analisar o efeito do impacto e das medidas corretivas ao longo tempo. Foram previstas as seguintes atividades:

D.1 – Planejamento de monitoramento amostral da erosão das áreas degradadas quanto a evolução e produção de sedimentos;

D.2 – Planejamento de monitoramento amostral de área representativa natural sem impactos;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

D.3 – Programação de monitoramento amostral de áreas com intervenções para comparação e quantificação dos efeitos;

D.4 – Documentação da evolução de todas as áreas no qual foram realizadas intervenções.

A fase de avaliação de resultados trata de analisar o conjunto de fontes de impactos, resultados econômicos de investimentos custos e responsabilização pelas causas e utilizar a experiência para desenvolver uma estratégia para que estes problemas sejam eliminados na cidade.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.7 Redução da Contaminação de Aquíferos

6.7.1 Causas e Impactos

Nas áreas urbanas a contaminação da água subterrânea é difusa devido a um grande número de fontes de impactos que dispõem seus efluentes e contaminantes no subsolo. Os principais são (Figura 7.2):

- Fossas sépticas que recebem o esgoto de residências ou de outros efluentes. Estas fossas contaminam a camada superior do solo, geralmente não-saturada e o início da parte da saturada. Quando existe um grande número de residências e mesmo edifícios dispondo efluentes no sub-solo, o lençol freático pode ficar muito contaminado;
- Disposição de material sólido urbano: resíduos sólidos coletados e dispostos e aterro pode ser uma fonte importante de contaminação do aquífero. O efluente deste aterro tem uma alta concentração poluente;

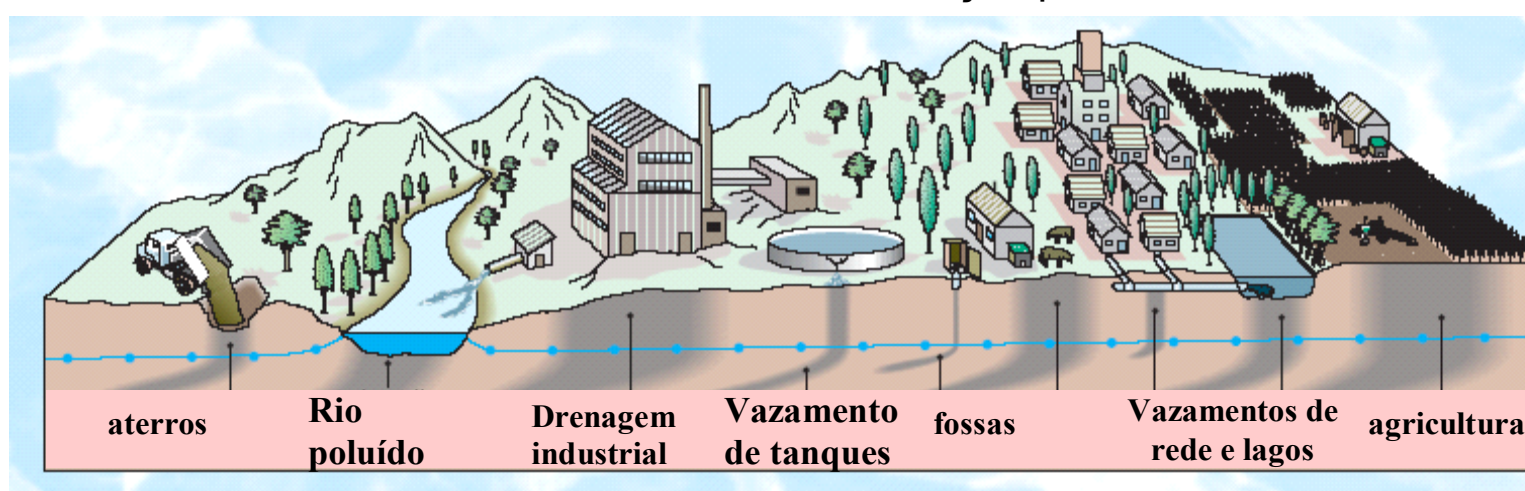


Figura 7.2 – Fontes de contaminação subterrânea.

- Tanques de armazenamento como de postos de gasolinas são potenciais fontes de contaminação. Na medida em que estes tanques envelhecem a sua resistência diminui e tende a apresentar vazamentos no sub-solo, gerando uma permanente fonte de contaminação. Um programa de controle específico para este tipo de dispositivo pode ser necessário, após uma amostragem das condições.
- Disposição de resíduos e efluentes industriais no sub-solo: é necessário verificar quais são as cargas efluentes das diferentes indústrias na cidade identificando a disposição de efluentes;
- Todo e qualquer disposição de efluentes líquidos e sólidos no solo.

6.7.2 Objetivos e metas

Uma cidade tende a contaminar o seu sub-solo, considerando que Campo Grande encontra-se nas bordas do aquífero Guarani e que parte de sua água é obtida de águas subterrâneas é necessário buscar dar sustentabilidade e conservação a este sistema hídrico.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

O objetivo deste programa é o de recuperar e reduzir a contaminação do sub-solo da cidade de Campo Grande visando a sua conservação ambiental.

As metas deste programa são as seguintes:

- Com a entrada do sistema e coleta de esgoto na cidade, eliminar todas as fossas sépticas na área de cobertura de esgoto da cidade;
- Minimizar a contaminação dos tanques de combustível na cidade por meio de um programa de monitoramento dos volumes dos tanques e da qualidade da água subterrânea de toda a cidade;
- Monitorar e controlar os efluentes dos aterros de resíduos: doméstico e industrial na cidade. Buscar reduzir os para 35% a quantidade de material orgânico no aterro doméstico nos próximos 15 anos.

6.7.3 Metodologia

A metodologia deste programa envolverá várias etapas que são as seguintes:

1. *Avaliação das condições de qualidade da água subterrânea*

- 1.1. Mapeamento das áreas de recarga
- 1.2. Identificação das retiradas de água dos aquíferos e sua qualidade
- 1.3. Mapeamento das fontes de contaminação
- 1.4. Planejamento da pizometria de áreas representativas com amostras de qualidade da água de parâmetros indicativos relacionados com as fontes potenciais
- 1.5. Implementação do programa de monitoramento de qualidade da água
- 1.6. Estimativa das contaminações sobre o aquífero

2. *Medidas de Controle*

- 2.1 Desenvolvimento de medidas de incentivos econômicos
- 2.2 Programa de eliminação das fossas sépticas
- 2.3 Programa de eliminação da contaminação dos aterros e efluentes
- 2.4 Programa de eliminação das fontes de contaminação de depósito de combustíveis

3. *Avaliação dos resultados do Programa*

- 3.1 Monitoramento específico das áreas dos programas
- 3.2 Avaliação das condições anteriores e posteriores as medidas adotadas nos programas planejados.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.8 Anexo A: Módulos de treinamento propostos

A.1 Módulo 1: Gestão de Águas Urbanas: conhecimento integrado da gestão na cidade.

Programa:

- 1.1 - Componentes da Gestão urbana
- 1.2 - Desenvolvimento urbano: caracterização dos principais indicadores como: população, densificação urbana e renda
- 1.3 - Mananciais Urbanos: águas superficiais e subterrâneas, conservação de mananciais
- 1.4 - Abastecimento de água: principais condicionantes: adução, tratamento e distribuição, uso e racionalização
- 1.5 - Esgoto Sanitário: coleta, rede, tratamento e disposição dos efluentes no ambiente, resíduos, indicadores de eficiência
- 1.6 - Drenagem urbana e Inundações ribeirinhas: caracterização destes processos e o efeito da urbanização e impactos, gestão atual e gestão sustentável, erosão e sedimentação e qualidade da água pluvial. Redes pluvial e sanitária e seus condicionantes.
- 1.7 - Resíduos sólidos: componentes e eficiência, resíduos sólidos na drenagem.
- 1.8 - Meio Ambiente: condicionantes dos serviços para a qualidade da água dos sistemas urbanos; áreas degradadas; contaminação das águas subterrâneas; fragmentação urbana; emissão de gases e contaminação da chuva.
- 1.9 - Saúde: doenças veiculadas pela água e seu efeito na gestão das águas pluviais urbanas
- 1.10 - Gestão das Águas Urbanas: gestão integrada da cidade, fragmentação da gestão, interfaces entre os serviços da cidade, gestão da cidade e da bacia hidrográfica.

Tempo previsto: 24 horas aula

Perfil do professor: tenha conhecimento interdisciplinar sobre todos os aspectos das águas urbanas e sua relação com o desenvolvimento urbano.

A.2 Módulo 2: Hidrologia Urbana: conhecimento de fundamentos para entendimentos dos diferentes aspectos de planejamento e projeto da drenagem.

Programa:

- 2.1 – *Ciclo hidrológico terrestre*: componentes do ciclo hidrológico natural e urbano. Análise dos principais componentes quanto a quantidade, sedimentos e qualidade da água.
- 2.2 – *Avaliação da precipitação* quanto a distribuição temporal e espacial sobre bacias urbanas, considerando as condições de projeto.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

2.3 – *Avaliação da Vazão em bacias urbanas*: vazão máxima e hidrograma de projeto em bacias urbanas. Métodos empíricos e conceituais.

2.4 – *Erosão e sedimentação em bacias urbanas*: estimativa da produção de sedimentos e transporte na bacia urbana.

2.5 – *Qualidade das águas pluviais*: fontes de contaminação, substâncias indicativas, estimativa da contaminação na bacia urbana.

2.6 – *Escoamento em condutos e canais*: componentes hidráulicos do sistema de drenagem, formulações do escoamento em condutos, reservatórios e canais.

Tempo previsto: 40 horas

Perfil do professor: tenha conhecimento de hidrologia, hidráulica, sedimentos e qualidade da água de processos urbanos.

A.3 Módulo 3 – Métodos de Projeto em Drenagem urbana: treinamento sobre técnicas de controle e projeto em drenagem urbana.

Programa:

3.1 – Caracterização da bacia hidrográfica urbana: delimitação, características físicas, ocupação urbana e impermeabilização, tipo de solo, geologia, vegetação e sistema de drenagem (macro-drenagem)

3.2 – Estratégias de projeto e planejamento: Cenários urbanos, risco de projeto, estratégias, etapas da avaliação e do Plano de Bacia.

3.2 – Elementos hidráulicos do sistema de drenagem: lay-out dos elementos hidráulico da drenagem e implantação.

3.3 – *Medidas de projeto na fonte*: projeto de drenagem de empreendimento com medidas de redução do escoamento por infiltração e armazenamento

3.4 – *Micro-drenagem*: projeto de micro-drenagem considerando os aspectos de medidas na fonte ou na micro-drenagem

3.5 – *Macro-drenagem*: Concepção e controle da macro-drenagem, modelos de simulação da bacia hidrográfica incluindo as sub-bacias e a macro-drenagem; simulação das etapas previstas no Plano diretor de drenagem de bacia hidrográfica, como previsto no Plano.

3.6 – *Estimativa de Custo*: Métodos de estimativa da análise econômica dos projetos de drenagem.

Tempo previsto: 40 horas

Perfil do professor: tenha conhecimento de projeto associado a Plano Diretor de drenagem e a busca de soluções sustentáveis.

A4. Módulo 4 - Aspectos Legais: trata de orientar os profissionais quanto aos diferentes aspectos de aplicação da regulamentação proposta para a drenagem urbana na cidade.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Programa:

- 4.1 – *Justificativas e objetivos* da legislação de drenagem urbana
- 4.2 – *Elementos técnicos* que suportam os valores previstos em lei
- 4.3 – Aplicação da legislação em projetos de empreendimentos e loteamentos
- 4.4 – *Critérios para análise, fiscalização das normas e recomendações* aos projetistas.

Tempo previsto: 16 horas

Perfil do professor: tenha conhecimento da legislação e experiência em análise e fiscalização de drenagem urbana.

A5. Módulo 5 - Gestão Municipal da Drenagem: mecanismos de atuação na gestão municipal da drenagem.

Programa:

- 5.1 – Organização proposta de funcionamento da gestão municipal da drenagem nos quatro componentes: análise, fiscalização, manutenção e revisão e implantação do Plano
- 5.2 – Indicadores de Eficiência e metas da gestão
- 5.3 – Rodízio de pessoal entre os quatro componentes
- 5.4 – Etapas e processos das atividades
- 5.5 – Mecanismos de fiscalização da cobrança da taxa de drenagem
- 5.6 – Gestão da tercerização e fiscalização da manutenção
- 5.8 – Plano de Ação do Plano de Drenagem Urbana.

Tempo previsto: 24 horas

Perfil do professor: tenha conhecimento das etapas de análise, fiscalização e manutenção de drenagem urbana, com especial destaque para limpeza de Detenções.

A6. Módulo 6 - Plano Diretor de Drenagem Urbana: descrição detalhada do Plano Diretor de Drenagem urbana de Campo Grande.

Programa:

- 6.1 – Definição do Plano e sua integração ao Plano de Saneamento Ambiental
- 6.2 – Estrutura do Plano
- 6.3 – Política do Plano
- 6.4 – Medidas Não-estruturais
- 6.5 – Medidas Estruturais

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

6.6 – Plano de Ação

6.7 – Programas

Tempo previsto: 16 horas

Perfil do professor: tenha conhecimento sobre a preparação e desenvolvimento do Plano de Drenagem Urbana de Campo Grande.

A7. Palestras: tem a finalidade de informar o público sobre os novos conceitos de drenagem urbana, a integração dos diferentes aspectos das águas urbanas e os resultados para a cidade.

O programa é o mesmo do módulo 1, mas na forma sintética de palestra. Todo o conteúdo deve ser comprimido numa palestra da ordem de 1h onde seja possível transmitir o conjunto das idéias e do Plano de forma a que a população entenda as mudanças e os benefícios para a cidade.

Deve ser preparado um conjunto de transparências e apresentado para professores de escolas, líderes comunitário, com folheto ilustrativo que possam ser utilizados por estas pessoas nas suas funções de comunicação com a sociedade.

Da mesma forma, os decisores e profissionais da prefeitura devem apresentar periodicamente para a comunidade palestras abertas sobre o assunto.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

ELABORAÇÃO

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

 Rhama ConSultoria Ambiental Ltda. CNPJ 05.093.565/0001-84; CREA 132508-RS Rua Lavradio, 150/1 Bairro Petrópolis- CEP 90.690-370 Porto Alegre-RS Fones: (51) 8146-7659 / 8112-7749	 EcoPrime - Engenharia em Meio Ambi- ente Ltda; CNPJ 08.345.907/0001-02; CREA 6661-MS Rua Caixeta, 244 Vila Carandá Bosque II - CEP 79032-180 Campo Grande-MS Fones: (67) 8146-3770 / (67) 3042-1096	 Schettini Engenharia Ltda CNPJ: 37.534.039/0001-07 CREA: 3865-MS Rua Dr. Paulo Machado, 1092 Jardim Autonomista - CEP: 79021-300 Campo Grande-MS Fone: (67) 3042-0681

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

ANEXOS

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Anexo 1 – R10

1 Manual De Drenagem Urbana (Versão 1.0 – 2008)

1.1 Introdução

1.1.1 Estratégias para mitigar os impactos do crescimento urbano no sistema de drenagem

O crescimento urbano das cidades brasileira tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente. Estes impactos vêm deteriorando a qualidade de vida da população, devido ao aumento da frequência e do nível das inundações, prejudicando a qualidade da água, e aumento da presença de materiais sólidos no escoamento pluvial.

Estes problemas são desencadeados, principalmente, pela forma como as cidades se desenvolvem: falta de planejamento, controle do uso do solo, ocupação de áreas de risco e sistemas de drenagem inadequados. Com relação à drenagem urbana, pode-se dizer que existem duas condutas que tendem a agravar ainda mais a situação:

- Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério aumenta em várias ordens de magnitude a vazão máxima, a frequência e o nível de inundação de jusante;
- As áreas ribeirinhas, que o rio utiliza durante os períodos chuvosos como zona de passagem da inundação, têm sido ocupadas pela população com construções e aterros, reduzindo a capacidade de escoamento. A ocupação destas áreas de risco resulta em prejuízos evidentes quando o rio inunda seu leito maior.

Para alterar esta tendência é necessário adotar princípios de controle de enchentes que considerem:

- O aumento de vazão devido à urbanização (impermeabilização do solo e canalização) não deve ser transferido para jusante;
- Deve-se priorizar a recuperação da infiltração natural da bacia, visando a redução dos impactos ambientais;
- A bacia hidrográfica deve ser o domínio físico de avaliação dos impactos resultantes de novos empreendimentos;
- O horizonte de avaliação deve contemplar futuras ocupações urbanas;
- As áreas ribeirinhas somente poderão ser ocupadas a partir de um zoneamento que contemple as condições de enchentes;
- As medidas de controle devem ser preferencialmente não-estruturais.

Para a implementação destes padrões de controle, que busquem uma visão de desenvolvimento sustentável no ambiente urbano, é necessário *um Plano Diretor de Drenagem Urbana*. Neste plano devem ser tratados assuntos como a caracterização do desenvolvimento de um local, planejamento da drenagem urbana em etapas, vazões e volumes máximos para várias probabilidades de

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

ocorrência, verificação da possibilidade de utilização de reservatório para amortecimento de cheias (critérios de dimensionamento, tamanhos, localização, condições de escoamento), medidas para melhorar a qualidade da água, regulamentações pertinentes. Todos estes itens devem ser desenvolvidos em consistência com objetivos secundários como recreação pública, limpeza, proteção pública e recarga subterrânea (ASCE, 1992).

1.1.2 Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU)

O principal objetivo do Plano Diretor de Drenagem Urbana é criar os mecanismos de gestão da infra-estrutura urbana, relacionados com o escoamento das águas pluviais, dos rios e córregos em áreas urbana. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saneamento e qualidade do meio ambiente da cidade, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) tem como principais produtos:

- Regulamentação dos novos empreendimentos;
- Planos de controle estrutural e não-estrutural para os impactos existentes nas bacias urbanas da cidade;
- Manual de drenagem urbana.

A Regulamentação consiste de um decreto municipal que estabeleça os critérios básicos para o desenvolvimento da drenagem urbana para novos empreendimentos na cidade. Esta regulamentação tem o objetivo de evitar que os impactos indesejáveis, devidos à implantação da edificação e parcelamento do solo com drenagem inadequada, sejam gerados na cidades.

O Plano de controle estabelece as alternativas de controle de cada bacia da cidade, reduzindo o risco de ocorrência de inundação na mesma. O Manual de Drenagem representa o documento que orienta a implementação dos projetos de drenagem na cidade.

1.1.3 Manual de Drenagem Urbana

Dentro dos estudos desenvolvidos durante a preparação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, foi elaborado um manual para orientar os profissionais que planejam e projetam a drenagem urbana da cidade de Campo Grande, bem como as diretrizes para a ocupação de áreas ribeirinhas.

Os objetivos principais deste manual são as definições dos seguintes critérios para a cidade de Campo Grande:

- Metodologias para o planejamento da drenagem no lote, na microdrenagem e na macrodrenagem;
- Variáveis hidrológicas para os projetos de drenagem urbana na cidade;
- Parâmetros hidráulicos para o dimensionamento das estruturas de drenagem urbana;
- Aspectos de ocupação urbana relacionados com a drenagem urbana;
- Legislação e regulamentação associada;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Critérios de avaliação e controle do impacto da qualidade da água.

Este manual orienta, mas não obriga a utilização dos critérios aqui estabelecidos. Os únicos elementos limitantes são os da legislação pertinente. Cabe ao projetista desenvolver seus projetos dentro do conhecimento existente sobre o assunto, do qual este manual é apenas uma parte.

1.1.4 Organização do Manual de Drenagem

No segundo capítulo deste manual, é apresentada a política para o controle do escoamento pluvial na drenagem urbana, adotada para a cidade de Campo Grande, iniciando pela identificação dos impactos, limitação das atuais medidas de controle, princípios das medidas de controle desenvolvidas neste plano e as estratégias de ação dentro do mesmo.

No terceiro capítulo, é apresentada a regulamentação relacionada com a drenagem urbana. No quarto capítulo são apresentados os elementos conceituais básicos sobre drenagem urbana. No capítulo seguinte são apresentadas as precipitações características da cidade, com a definição da equação correspondente. Nos capítulos seis, sete e oito, são apresentados os critérios de dimensionamento e medidas de controle da drenagem urbana *na fonte*, *microdrenagem* e *macrodrenagem*, respectivamente.

O Manual de Drenagem não esgota o assunto, mas procura antecipar elementos que possam apresentar dificuldades na definição de projeto dentro da concepção do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.2 Princípios do Controle da Drenagem Urbana

O planejamento urbano, embora envolva fundamentos interdisciplinares, na prática é realizado dentro de um âmbito mais restrito do conhecimento. O planejamento da ocupação do espaço urbano no Brasil, através do Plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo não tem considerado aspectos de drenagem urbana e qualidade da água, que trazem grandes transtornos e custos para a sociedade e para o ambiente.

Neste capítulo são apresentados:

- Os impactos devido às políticas anteriores de desenvolvimento da drenagem urbana no Brasil, baseadas na transferência do escoamento ao longo da cidade;
- Os princípios da nova política de controle da drenagem implementada através do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU); e
- A estratégia adotada dentro do PDDrU para atingir as metas de um desenvolvimento urbano sustentável.

1.2.1 Inundações Urbanas

As inundações em áreas urbanas resultam de dois processos, que podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada:

- **áreas ribeirinhas:** os rios geralmente possuem dois leitos: o leito menor, onde a água escoar na maior parte do tempo; e o leito maior, que é inundado em média a cada 2 anos. O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita à enchentes;
- **devido à urbanização:** a ocupação do solo, com consequente impermeabilização das superfícies e implementação de rede de drenagem, faz com que aumentem a magnitude das inundações, bem como a sua frequência. O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento como aterros, pontes, drenagens inadequadas, entupimentos em condutos e assoreamento;

A política na drenagem urbana, que prioriza a simples transferência de escoamento, e a falta de controle da ocupação das áreas ribeirinhas têm produzido impactos significativos:

- aumento das vazões máximas (em até 7 vezes, Leopold (1968)) devido à ampliação da capacidade de escoamento de condutos e canais, para comportar os acréscimos de vazão gerados pela impermeabilização das superfícies;
- aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos (lixo);
- deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido, contaminação de aquíferos e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial;
- danos materiais e humanos para a população que ocupa as áreas ribeirinhas sujeitas às inundações;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- impactos que ocorrem devido à forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada, podendo ser citadas: pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; redução de seção do escoamento por aterros; deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixo e sedimentos; projetos e obras de drenagem inadequadas.

1.2.1.1 Impactos nas áreas ribeirinhas

As inundações ocorrem, principalmente, pelo processo natural, no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos (em média com tempo de retorno superior a dois anos). Este tipo de inundação ocorre normalmente em bacias grandes ($>500\text{km}^2$), sendo *decorrência de processo natural do ciclo hidrológico*. Os impactos sobre a população são causados, principalmente, pela ocupação inadequada do espaço urbano. Essas condições ocorrem, em geral, devido às seguintes ações:

- como no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, da quase totalidade das cidades brasileiras, não existe nenhuma restrição quanto ao loteamento de áreas com risco de inundação, a sequência de anos sem inundações é razão suficiente para que empresários loteiem áreas potencialmente alagáveis;
- invasão de áreas ribeirinhas, que pertencem ao poder público, pela população de baixa renda;
- ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com frequência menor, mas que quando o são, provocam prejuízos significativos.
- Os principais impactos sobre a população são:
- prejuízos de perdas materiais e humanas;
- interrupção da atividade econômica das áreas inundadas;
- contaminação por doenças de veiculação hídrica como leptospirose, cólera, entre outras;
- contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamentos e outros equipamentos urbanos.

1.2.1.2 Impactos devido à urbanização

Impacto do desenvolvimento urbano no ciclo hidrológico

O desenvolvimento urbano modifica a cobertura vegetal, provocando vários efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural. Com a urbanização, a cobertura da bacia é alterada para pavimentos impermeáveis e são introduzidos condutos para escoamento pluvial, gerando as seguintes modificações no referido ciclo:

- Redução da infiltração no solo;
- O volume que deixa de infiltrar fica na superfície, aumentando o escoamento superficial. Além disso, como foram construídos condutos para o escoamento das águas pluviais, é reduzido o tempo de deslocamento com velocidades maiores. Desta forma, as vazões máximas também aumentam, antecipando seus picos no tempo (Figura 1.1);

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Com a redução da infiltração, há uma redução do nível do lençol freático por falta de alimentação (principalmente quando a área urbana é muito extensa), reduzindo o escoamento subterrâneo. Em alguns casos, as redes de abastecimento de água e de esgotamento cloacal possuem vazamentos que podem alimentar o aquífero, tendo efeito inverso do mencionado, no entanto, podem levar à contaminação do mesmo;
- Devido a substituição da cobertura natural ocorre uma redução da evapotranspiração das folhagens e do solo, já que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal.

Na Figura 1.1 são caracterizadas as alterações no uso do solo devido a urbanização e seu efeito sobre o hidrograma e nos níveis de inundação.

Impacto Ambiental sobre o ecossistema aquático

Com o desenvolvimento urbano, vários elementos antrópicos são introduzidos na bacia hidrográfica e passam a atuar sobre o ambiente. Alguns dos principais problemas são discutidos a seguir:

a) Aumento da Temperatura: As superfícies impermeáveis absorvem parte da energia solar, aumentando a temperatura ambiente, produzindo ilhas de calor na parte central dos centros urbanos, onde predomina o concreto e o asfalto. O asfalto, devido a sua cor, absorve mais energia que as superfícies naturais, e o concreto, à medida que a sua superfície envelhece, tende a escurecer e aumentar a absorção de radiação solar.

O aumento da absorção de radiação solar por parte da superfície aumenta a emissão de radiação térmica de volta para o ambiente, gerando o calor. O aumento de temperatura também cria condições de movimento de ar ascendente que pode criar de aumento de precipitação. Como na área urbana as precipitações críticas mais intensas são as de baixa duração, esta condição contribui para agravar as enchentes urbanas.

b) Aumento de Sedimentos e Material Sólido: Durante o desenvolvimento urbano, o aumento dos sedimentos produzidos na bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias entre outras causas. Na Figura 1.1 pode-se observar a tendência de produção de sedimentos de uma bacia nos seus diferentes estágios de desenvolvimento.

As principais consequências ambientais da produção de sedimentos são as seguintes:

- assoreamento das seções da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos. A lagoa da Pampulha é um exemplo de um lago urbano que tem sido assoreado. O córrego Dilúvio em Porto Alegre, devido a sua largura e pequena profundidade, durante as estiagens, tem depositado no canal a produção de sedimentos da bacia e criado vegetação, reduzindo a capacidade de escoamento durante as enchentes;
- transporte de poluentes agregados ao sedimento, que contaminam as águas pluviais.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

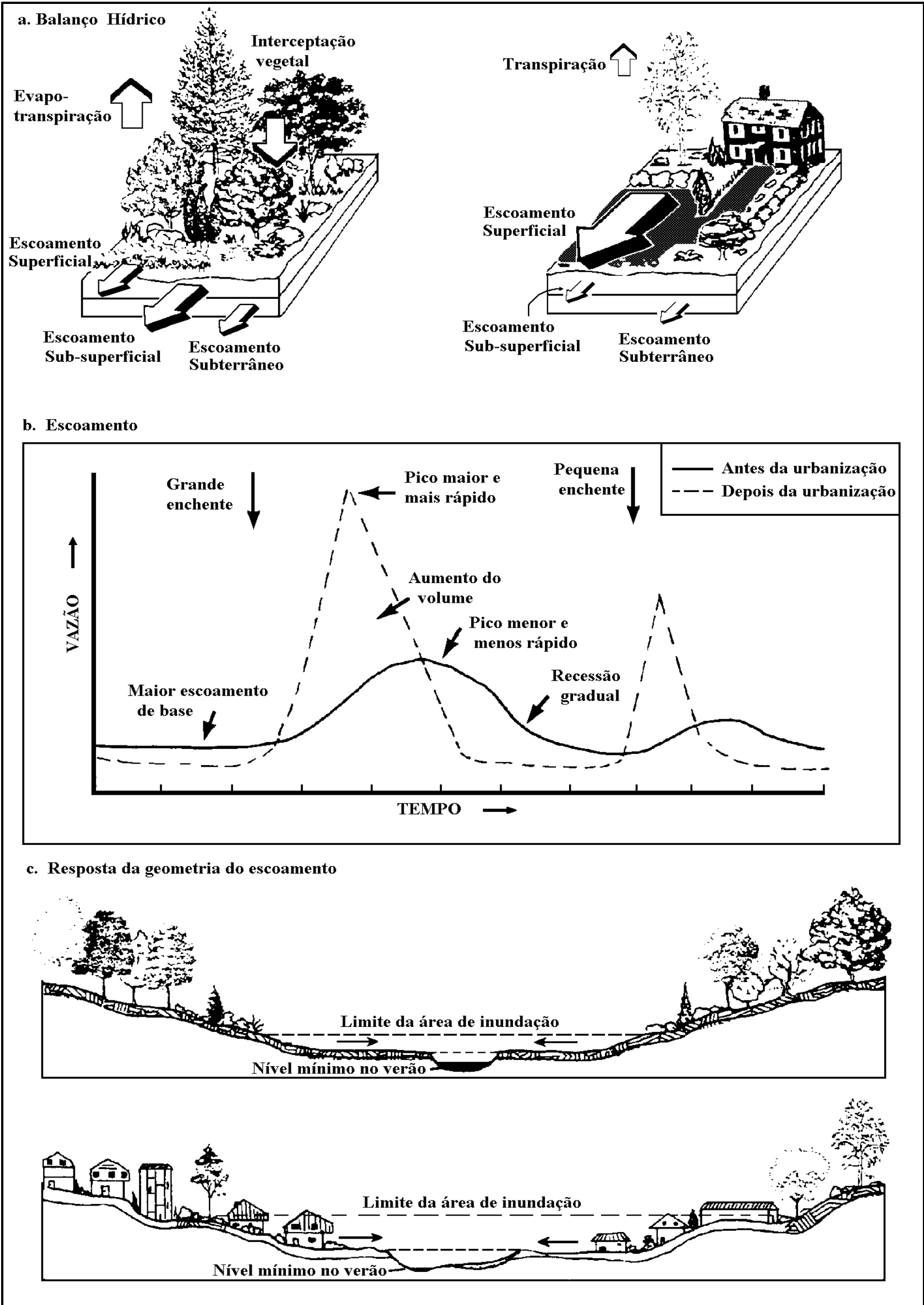


Figura 1.1 – Características das alterações de uma área rural para urbana (S-
chueler, 1987).

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

À medida que a bacia é urbanizada, e a densificação consolidada, a produção de sedimentos pode reduzir (Figura 1.2), mas um outro problema aparece, que é a produção de lixo. O lixo obstrui ainda mais as redes de drenagem e cria condições ambientais ainda piores. Esse problema somente é minimizado com a adequada frequência da coleta, educação da população e multas pesadas.

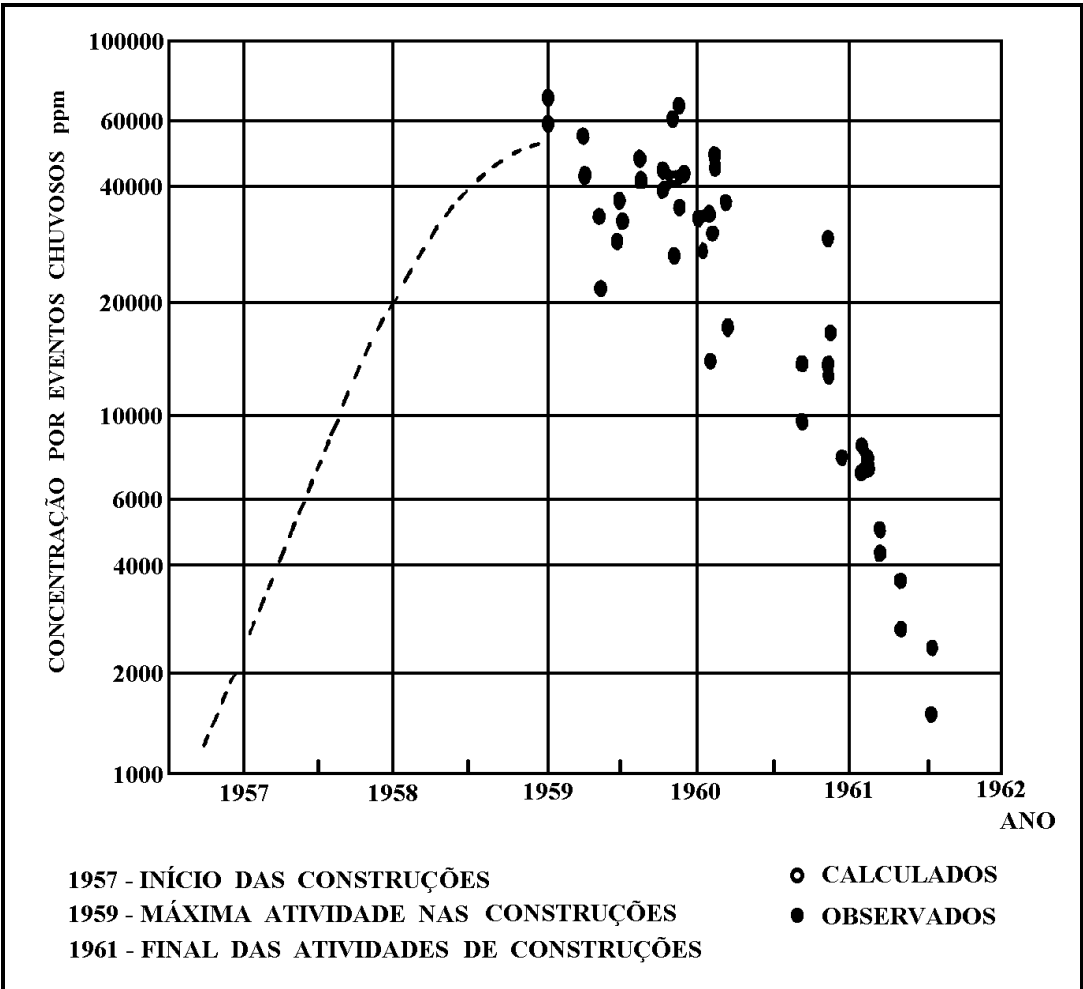


Figura 1.2 – Variação da produção de sedimentos em decorrência do desenvolvimento urbano (Dawdy, 1967).

c) Qualidade da Água Pluvial: A qualidade da água do pluvial não é melhor que a do efluente de um tratamento secundário. A quantidade de material suspenso na drenagem pluvial é superior à encontrada no esgoto in natura, sendo que esse volume é mais significativo no início das enchentes.

Os esgotos podem ser combinados (cloacal e pluvial num mesmo conduto) ou separados (rede pluvial e cloacal separadas). No Brasil, a maioria das redes é do segundo tipo; sendo que somente em áreas antigas de algumas cidades ainda existem sistemas combinados. Atualmente, devido à falta de capacidade financeira para ampliação da rede de cloacal, algumas prefeituras têm permitido o uso da rede pluvial para transporte do cloacal. Isso pode ser uma solução inadequada à medida que esse esgoto não é tratado, além de inviabilizar algumas soluções de controle quantitativo do pluvial.

A qualidade da água que escoar na rede pluvial depende de vários fatores: da limpeza urbana e sua frequência; da intensidade da precipitação, sua distribuição temporal e espacial; da época do ano; e do tipo de uso da área urbana. Os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

d) Contaminação de aquíferos: As principais condições de contaminação dos aquíferos urbanos ocorrem devido aos fatos a seguir mencionados:

- Aterros sanitários contaminam as águas subterrâneas pelo processo natural de precipitação e infiltração. Portanto, deve-se evitar que sejam construídos aterros sanitários em áreas de recarga além de procurar escolher as áreas com baixa permeabilidade. Os efeitos da contaminação nas águas subterrâneas devem ser examinados quando é realizada a escolha do local do aterro;
- Grande parte das cidades brasileiras utilizam fossas sépticas como destino final do esgoto. Esse efluente tende a contaminar a parte superior do aquífero. Esta contaminação pode comprometer o abastecimento de água urbana quando existe comunicação entre diferentes camadas dos aquíferos através de percolação e de perfuração inadequada dos poços artesianos;
- A rede de condutos de pluviais pode contaminar o solo através de perdas de volume no seu transporte e até por entupimento de trechos da rede que pressionam a água contaminada para fora do sistema de condutos.

1.2.2 Limitações de algumas medidas de controle

As limitações das medidas de controle, frequentemente usadas no Brasil, baseadas na transferência de escoamento para controle das inundações urbanas, são caracterizadas a seguir.

Drenagem urbana

A canalização de córregos, rios urbanos ou uso de galerias para transportar rapidamente o escoamento para jusante, priorizando o aumento da capacidade de escoamento de algumas seções, não consideraram os impactos que são transferidos. Este processo produz a ampliação da vazão máxima com duplo prejuízo, fazendo com que haja necessidade de novas construções, que não resolvem o problema, apenas o transferem.

Mesmo considerando que a solução escolhida deva ser a canalização (rios, condutos e galerias para a drenagem secundária), o custo desta solução chega a ser, em alguns casos, cerca dez vezes maior que o custo de soluções que controlam na fonte a ampliação da vazão devido à urbanização.

Como em drenagem urbana o impacto da urbanização é transferido para jusante, quem produz o impacto geralmente não é o mesmo que sofre o impacto. Portanto, para um disciplinamento do problema é necessário a interferência da ação pública através da regulamentação e do planejamento.

Áreas ribeirinhas

A política de controle das inundações nas áreas ribeirinhas tem sido de construir obras de proteção, que geralmente representam custos muito altos para toda a comunidade.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Quando as obras de proteção de inundações não são construídas, os prejuízos ocorrem nos anos mais chuvosos. Nesta situação, a política é a de fornecer recursos para atender aos flagelados. Este recurso chega aos municípios na forma de fundo não-reembolsável e não é necessário realizar concorrência pública para o seu gasto. Considerando que as áreas de risco geralmente são ocupadas por população de baixa renda, com esta política dificilmente haverá processo preventivo de planejamento do espaço de risco.

1.2.3 Princípios do controle da drenagem urbana

Os princípios a seguir caracterizados visam evitar os problemas descritos no item anterior. Estes princípios são essenciais para o bom desenvolvimento de um programa consistente de drenagem urbana.

1. *Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) faz parte do Plano de Diretor de Uso e Ocupação do Solo da cidade.* A drenagem faz parte da infra-estrutura urbana, portanto, deve ser planejada em conjunto com os outros sistemas, principalmente o plano de controle ambiental, esgotamento sanitário, disposição de material sólido e tráfego;
2. O escoamento durante os eventos chuvosos não pode ser ampliado pela ocupação da bacia, tanto num simples loteamento, como nas obras de macrodrenagem existentes no ambiente urbano. Isto se aplica a um simples aterro urbano, como a construção de pontes, rodovias, e à implementação dos espaços urbanos. *O princípio é de que cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural.*
3. Plano de controle da drenagem urbana deve contemplar as bacias hidrográficas sobre as quais a urbanização se desenvolve. As medidas não podem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra, ou seja, *os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos.* Caso isso ocorra, deve-se prever uma medida mitigadora.
4. O Plano deve prever a *minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial* através da compatibilização com o planejamento do saneamento ambiental, controle do material sólido e a redução da carga poluente nas águas pluviais.
5. O Plano Diretor de Drenagem Urbana, *na sua regulamentação, deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas.* Depois que a bacia, ou parte dela, estiver ocupada, dificilmente o poder público terá condições de responsabilizar aqueles que estiverem ampliando a cheia. Portanto, se a ação pública não for realizada preventivamente, através do gerenciamento, as consequências econômicas e sociais futuras serão muito maiores para todo o município.
6. Nas áreas ribeirinhas, o controle de inundações é realizado através de medidas estruturais e não-estruturais, que dificilmente estão dissociadas. As medidas estruturais envolvem grande quantidade de recursos e resolvem somente problemas específicos e localizados. Isso não significa que esse tipo de medida seja totalmente descartável. A política de controle de inundações, certamente, poderá chegar à soluções estruturais para alguns locais, mas dentro da visão de conjunto de toda a bacia, onde estas sejam racio-

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

nalmente integradas com outras medidas preventivas (não-estruturais) e compatibilizadas com o esperado desenvolvimento urbano.

7. O controle deve ser realizado considerando a bacia como um todo e não em trechos isolados.
8. *Os meios de implantação do controle de enchentes são o PDDU, as Legislações Municipal/Estadual e o Manual de Drenagem.* O primeiro estabelece as linhas principais, as legislações controlam e o Manual orienta.
9. O controle permanente: *o controle de enchentes é um processo permanente;* não basta que sejam estabelecidos regulamentos e que sejam construídas obras de proteção; é necessário estar atento às potenciais violações da legislação e na expansão da ocupação do solo de áreas de risco. Portanto, recomenda-se que:
 - nenhum espaço de risco seja desapropriado se não houver uma imediata ocupação pública que evite a sua invasão;
 - a comunidade tenha uma participação nos anseios, nos planos, na sua execução e na contínua obediência das medidas de controle de enchentes.
10. A educação: a educação de engenheiros, arquitetos, agrônomos e geólogos, entre outros profissionais; da população e de administradores públicos - é essencial para que *as decisões públicas sejam tomadas conscientemente por todos.*
11. O custo da implantação das medidas estruturais e da operação e manutenção da drenagem urbana deve ser transferido aos proprietários dos lotes, proporcionalmente a sua área impermeável, que é a geradora de volume adicional, com relação as condições naturais.
12. O conjunto destes princípios trata o *controle do escoamento urbano na fonte*, distribuindo as medidas de controle para aqueles que produzem o aumento do escoamento e a contaminação das águas pluviais.
13. É essencial uma gestão eficiente na manutenção de drenagem e na fiscalização da regulamentação.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.3 Regulamentação

As regulamentações para os projetos de drenagem urbana foram propostas no sentido de controlar os impactos mencionados no item 1.6. Estes impactos são produzidos pelas alterações que a urbanização produz quanto ao aumento da vazão, qualidade da água, sólidos e áreas degradadas.

No item seguinte é apresentado um resumo sobre a ordenação do solo em Campo Grande, enquanto que no segundo item é apresentada a proposta de regulamentação para evitar os impactos mencionados ocorram para os novos desenvolvimentos.

1.3.1 Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo

A ocupação do solo do município de Campo Grande é definida com base no Plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo, que norteia o desenvolvimento da cidade, estabelecendo limites máximos para a densificação urbana e/ou grau de impermeabilização do solo A.

Figura 1.3 apresenta as 12 zonas de ocupação urbana, conforme estabelecido na Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo, no 2.567, de 8 de Dezembro de 1988, e Lei Complementar 74/2005.

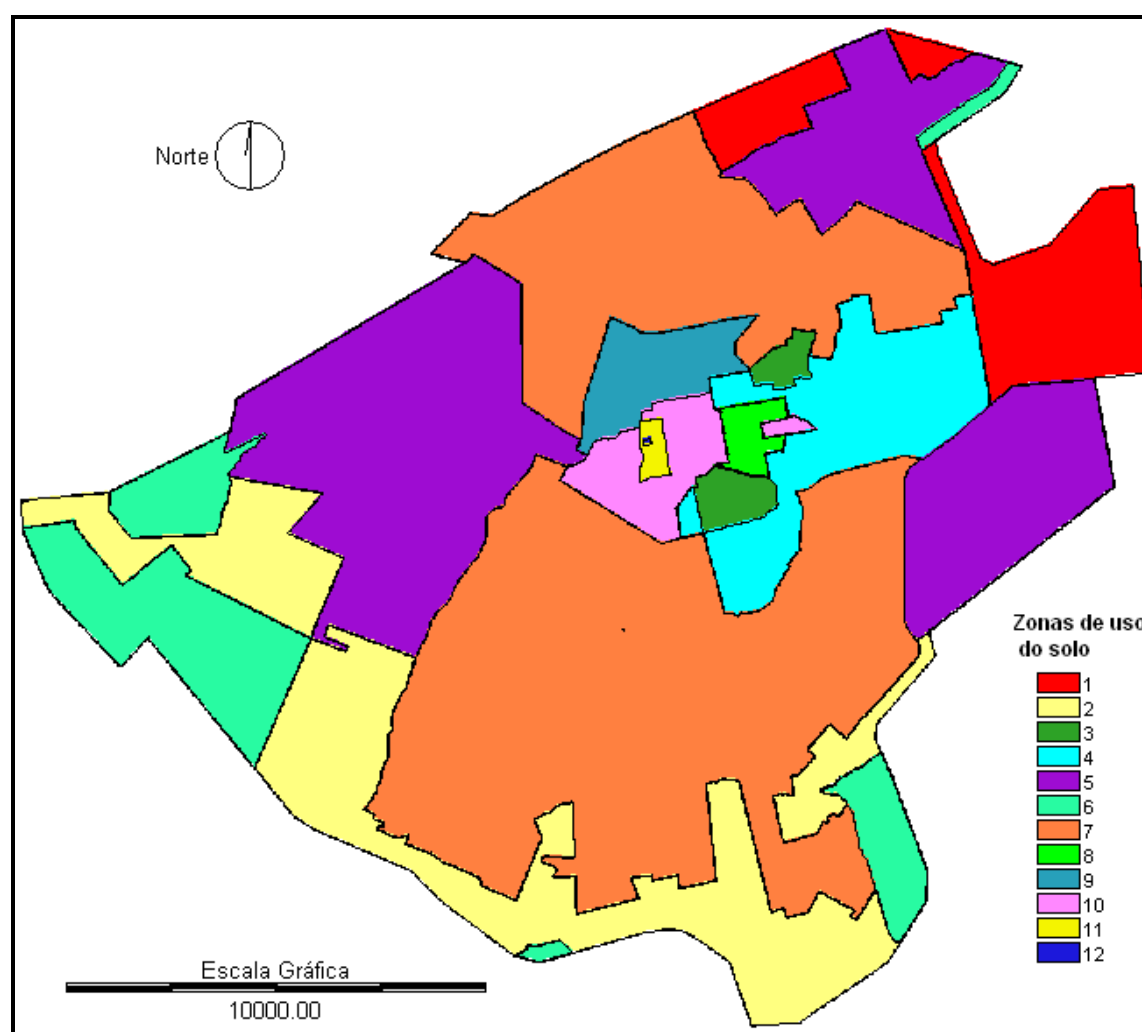


Figura 1.3 – Zoneamento da cidade de Campo Grande de acordo com a Lei 74/2005.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

No Artigo 36, item II, em que são citadas as condições para a aprovação de todo e qualquer empreendimento é feita a seguinte observação: “sejam tomadas as providências que assegurem o escoamento das águas atuais ou futuras, no caso de lotes alagadiços ou sujeitos à inundação, sem causar prejuízo ao meio ambiente e a terceiros”. Percebe-se, portanto, que nos outros casos, não é feita qualquer menção a respeito da transferência de impactos devido ao escoamento pluvial.

O referido plano apresenta também alguns elementos que mostram a preocupação com o crescente aumento da urbanização, chegando a sugerir no Artigo 37, item IV (a) (Lei Complementar 74/2005), que nos empreendimentos unirresidenciais com área construída igual ou superior a 150m² deverão ser executadas caixas de captação de águas pluviais com volume mínimo de 1.000l de água, as quais podem ser usadas para complementar o atendimento da taxa de permeabilidade prevista no Plano. O texto sugere que o reservatório de acumulação tenha um volume mínimo de 30l (trinta litros) de água por metro quadrado de terreno que não atenda a taxa de permeabilidade prevista na Lei Complementar. Embora haja uma preocupação com o controle do escoamento pluvial, não existe elementos que possam avaliar o grau de redução das vazões escoadas que o uso do reservatório sugerido no plano possa trazer.

1.3.2 Proposta Legal

Os princípios da regulamentação proposta baseiam-se no controle na fonte do escoamento pluvial, através do uso de dispositivos que amortecem o escoamento das áreas impermeabilizadas e/ou recupere a capacidade de infiltração, através de dispositivos permeáveis ou pela drenagem em áreas de infiltração.

A Proposta Legal, elaborada para promover o controle do escoamento na fonte se baseia na padronização de elementos básicos para a regulamentação que são: i) a vazão máxima de saída a ser mantida em todos os desenvolvimentos urbanos (novas edificações ou parcelamentos); ii) o volume de retenção necessário à manutenção da vazão máxima citada no item anterior; iii) incentivar os empreendedores a utilizarem pavimentos permeáveis e outras medidas de controle na fonte da drenagem urbana, conforme trecho transcrito abaixo.

“Legislação de controle dos impactos da drenagem urbana nos novos empreendimentos na drenagem pluvial pública.

Capítulo 1

Quantidade de água

Art. 1º Toda ocupação que resulte em superfície impermeável, deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de pluviais igual a 28,3 l/(s.ha).

§ 1º A vazão máxima de saída é calculada multiplicando a vazão específica pela área total do terreno.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

§ 2º A água precipitada sobre o terreno não pode ser drenada diretamente para ruas, sarjetas e/ou redes de drenagem excetuando o previsto no § 3º deste artigo.

§ 3º As áreas de recuo mantidas como áreas verdes poderão ser drenadas diretamente para o sistema de drenagem.

§ 4º. Para terrenos com área inferior a 600 m² e para habitação unifamiliar, a limitação de vazão referida no caput deste artigo poderá ser desconsiderada a critério da Prefeitura Municipal de Campo Grande.

Art. 2º Todo parcelamento do solo deverá prever na sua implantação o limite de vazão máxima específica disposto no Art. 1º deste decreto.

Art. 3º A manutenção das condições de pré-ocupação no lote ou no parcelamento do solo devem ser apresentados a Prefeitura Municipal de Campo Grande através de estudo hidrológico específico.

§1º Quando o controle adotado pelo empreendedor for reservatório e a área for inferior a 100 hectares e o volume necessário do reservatório pode ser determinado através de:

$$v = 5,858.A.I \quad (3.1)$$

onde v é o volume por unidade de área de terreno em m³/hectare e AI é a área impermeável do terreno em %.

§ 2º A manutenção da vazão de pré-ocupação para áreas superiores a 100 hectares deve ser determinada através de estudo hidrológico específico, com precipitação de projeto com probabilidade de 1(uma) em 10 (vezes) em qualquer ano (Tempo de retorno = 10 anos).

§ 3º Poderá ser reduzida a quantidade de área a ser computada no cálculo referido no §1º se for (em) aplicada (s) a (s) seguinte (s) ação (ões):

- Aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) – reduzir em 60% a área que utiliza estes pavimentos;
- Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem – reduzir em 40% a área de telhado drenada;
- Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis sem drenagem – reduzir em 80% a área de telhado drenada;
- Aplicação de trincheiras de infiltração – reduzir em 80% as áreas drenadas para as trincheiras.

§ 4º A aplicação das estruturas listadas no § 3º estará sujeita a autorização da Prefeitura de Campo Grande, após a devida avaliação das condições mínimas de infiltração do solo no local de implantação do empreendimento, a serem declaradas e comprovadas pelo interessado.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

§ 5º As regras de dimensionamento e construção para as estruturas listadas no § 3º bem como para os reservatórios deverão ser obtidas no Manual de Drenagem Urbana do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande.

Art. 4º Após a aprovação do projeto de drenagem pluvial da edificação ou do parcelamento, é vedada qualquer impermeabilização adicional de superfície.

§ Único: A impermeabilização poderá ser realizada se houver retenção do volume adicional gerado de acordo com a equação do Art. 3º§1º.

Art 5º A falta de manutenção dos dispositivos de controle do escoamento superficial que produza o aumento do escoamento para jusante to empreendimento está sujeito a penalidade da Prefeitura Municipal de Campo Grande correspondente a no mínimo ao custo dos serviços de manutenção.

Capítulo 2 Qualidade da Água

Art. 6º O projeto de parcelamento ou loteamento de prever na sua drenagem a redução de 80% dos sólidos totais gerados na área desenvolvida.

§ Único A Prefeitura Municipal de Campo Grande poderá exigir um controle superior ao deste artigo para áreas específicas a seu critério.

Art. 7º O projeto de controle dos sólidos totais deve se basear nos critérios técnicos descritos no manual de drenagem urbana aprovados pela Prefeitura Municipal de Campo Grande.

Capítulo 3 Erosão e sedimentação

Art. 8º A velocidade do escoamento a jusante de qualquer obra de drenagem executada na cidade de Campo Grande não poderá aumentar em relação à condição existente.

§ 1º O aumento de velocidade inevitável de um projeto hidráulico deverá ser reduzido por outro dispositivo compondo o mesmo projeto.

§ 2º O aumento de velocidade somente poderá ser admitido quando demonstrado tecnicamente e aprovado pela Prefeitura de Campo Grande que qualquer trecho de jusante tem condições de resistir ao aumento de velocidade.

Art. 9º Os projetos de drenagem e controle da erosão e sedimentação urbana devem se basear nos critérios técnicos descritos no manual de drenagem urbana aprovados pela Prefeitura Municipal de Campo Grande.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Capítulo 4

Cobrança pelos serviços na Drenagem urbana

Art 10º A contribuição pelas benfeitorias das obras de controle da drenagem urbana das bacias da cidade de Campo Grande serão distribuídos de acordo com a área impermeável total de cada propriedade.

§ *único* O critério de cálculo do rateio dos custos será definido pela Prefeitura Municipal de Campo considerando as áreas impermeáveis e o acréscimo deste volume com relação às condições naturais de pré-desenvolvimento.

Art 11º A manutenção do sistema de drenagem urbana da cidade de Campo Grande deverá ser cobrado na forma de uma taxa permanente pelos serviços prestados.

§ 1º Os serviços serão cobrados de acordo com o rateio baseado na área impermeável das propriedades, segundo critério estabelecido pela Prefeitura de Campo Grande

§ 2º Os valores arrecadados somente poderão ser utilizados para manutenção dos serviços. Havendo sobra de recursos no final de cada ano, os mesmos devem retornar aos contribuintes na proporção da sua contribuição

§ 3º Os serviços de manutenção da drenagem urbana poderão ser terceirizados de acordo com os recursos potencialmente arrecadados e sob a fiscalização da Prefeitura Municipal de Campo Grande

Art 12º Os empreendimentos já existentes que contribuem para o aumento da vazão com relação à condição de pré-desenvolvimento estão sujeitos à taxa que compense pelo impacto existente, enquanto as obras de controle não forem concluídas para a sua bacia.

§ 1º Os recursos provenientes desta taxa devem ser utilizados obrigatoriamente para as medidas estruturais de controle e para manutenção da rede de drenagem pluvial.

§ 2º Para os empreendimentos privados que controlarem e recuperarem a vazão de pré-desenvolvimento de forma voluntária deverá ter sua taxa reduzida.

Capítulo 5

Dispositivos finais

Art. 13º Os casos omissos no presente decreto deverão ser objeto de análise técnica da Prefeitura Municipal de Campo Grande.

Art. 14º O manual de drenagem urbana que orientará os projetos deverá ser aprovado e publicado pela Prefeitura Municipal de Campo Grande

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Art. 15º Esta legislação entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

1.4 Elementos Conceituais

Alguns dos temas abordados são definidos a seguir visando um melhor entendimento dos elementos utilizados nos projetos de drenagem urbana.

1.4.1 Sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem são definidos como na fonte, microdrenagem e macrodrenagem. A drenagem na fonte é definida pelo escoamento que ocorre no lote, condomínio ou empreendimento individualizado (como lote), estacionamentos, área comercial, parques e passeios.

A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais em um loteamento ou de rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender à drenagem de precipitações com risco moderado.

A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. Quando é mencionado o sistema de macrodrenagem, as áreas envolvidas são de pelo menos 2km² ou 200ha. Estes valores não devem ser tomados como absolutos porque a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações.

O sistema de macrodrenagem deve ser projetado com capacidade superior ao de microdrenagem, com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais. O que tem caracterizado este tipo de definição é a metodologia utilizada para a determinação da vazão de projeto. O Método Racional tem sido utilizado para a estimativa das vazões na microdrenagem, enquanto os modelos hidrológicos que determinam o hidrograma do escoamento são utilizados para as obras de macrodrenagem. Justamente por ser uma metodologia com simplificações e limitações, o Método Racional pode ser utilizado somente para bacias com áreas de até 2 km² (que está de acordo com a definição anteriormente mencionada).

1.4.2 Escoamento e condicionantes de projeto

O escoamento em um rio, córrego ou canalização depende de vários fatores que podem ser agregados em dois conjuntos:

- **condicionantes de jusante:** Os condicionantes de jusante atuam no sistema de drenagem de forma a modificar o escoamento a montante. Os condicionantes de jusante podem ser: estrangulamento do rio devido a pontes, aterros, mudança de seção, reservatórios, oceano. Esses condicionantes reduzem a vazão de um rio independentemente da capacidade local de escoamento;
- **condicionantes locais:** definem a capacidade de cada seção do rio de transportar uma quantidade de água. A capacidade local de escoamento depende da área, da seção, da largura, do perímetro e da rugosidade das

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

paredes. Quanto maior a capacidade de escoamento, menor o nível de água.

Para exemplificar este processo, pode-se usar uma analogia com o tráfego de uma avenida. A capacidade de tráfego de automóveis de uma avenida, em uma determinada velocidade, depende da sua largura e número de faixas. Quando o número de automóveis é superior a sua capacidade, o tráfego torna-se lento e ocorre congestionamento. Em um rio, à medida que chega um volume de água superior a sua capacidade, o nível sobe e inunda as áreas ribeirinhas. Portanto, o sistema está limitado, nesse caso, à capacidade local de transporte de água (ou de automóveis).

Considere, por exemplo, o caso de uma avenida que tem uma determinada largura, com duas faixas em um sentido; no entanto, existe um trecho em que as duas faixas se transformam em apenas uma. Há um trecho de transição, antes de chegar na mudança de faixa, que obriga os condutores a reduzirem a velocidade dos carros, criando um congestionamento - não pela capacidade da avenida naquele ponto, mas pelo que ocorre no trecho posterior. Neste caso, a capacidade está limitada pela transição de faixas (que ocorre a jusante) e não pela capacidade local da avenida. Da mesma forma, em um rio, se existe uma ponte, aterro ou outra obstrução, a vazão de montante é reduzida pelo represamento de jusante e não pela sua capacidade local. Com a redução da vazão, ocorre aumento dos níveis, provocando o efeito muitas vezes denominado de **remanso**.

O trecho de transição, que sofre efeito de jusante depende de fatores que variam com o nível, declividade do escoamento e capacidade do escoamento ao longo de todo o trecho.

O escoamento pode acontecer de acordo com dois regimes: regime permanente ou não-permanente. O escoamento *permanente* é utilizado para projeto, geralmente com as vazões máximas previstas para um determinado sistema hidráulico. O regime *não-permanente* permite conhecer os níveis e vazões ao longo do rio e no tempo, representando a situação real. Geralmente uma obra hidráulica que depende apenas da vazão máxima é dimensionada para condições de regime permanente e verificada em regime não-permanente.

1.4.3 Risco e incerteza

O risco de uma vazão ou precipitação é entendido neste manual como a probabilidade (p) de ocorrência de um valor igual ou superior num ano qualquer. O tempo de retorno (T_r) é o inverso da probabilidade p e representa o tempo, *em média*, que este evento tem chance de se repetir.

$$T_r = 1 / P \quad (4.1)$$

Para exemplificar, considere um *dado* que tem seis faces (números 1 a 6). Numa jogada qualquer, a probabilidade de sair o número 4 é $p=1/6$ (1 chance em seis possibilidades). O tempo de retorno é, *em média*, o número de jogadas que o número desejado se repete. Nesse caso, usando a equação 1.1 acima fica $T = 1/(1/6)=6$. Portanto, **em média**, o número 4 se repete a cada seis jogadas. Sabe-se que esse número não ocorre exatamente a cada seis jogadas, mas se jogarmos milhares de vezes e tirarmos a média, certamente isso ocorrerá. Sendo as-

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

sim, o número 4 pode ocorrer duas vezes seguidas e passar muitas sem ocorrer, mas na média se repetirá em seis jogadas. Fazendo uma analogia, cada jogada do *dado* é um ano para as enchentes. O tempo de retorno de 10 anos significa que, **em média**, a cheia pode se repetir a cada 10 anos ou em cada ano esta enchente tem 10% de chance de ocorrer.

O risco ou a probabilidade de ocorrência de uma precipitação ou vazão igual ou superior num determinado período de n anos é

$$P_n = 1 - (1 - p)^n \quad (4.2)$$

Por exemplo, qual a chance da cheia de 10 anos ocorrer nos próximos 5 anos? ou seja deseja-se conhecer qual a probabilidade de ocorrência para um período e não apenas para um ano qualquer. Neste caso,

$$P_n = 1 - (1 - 1/10)^5 = 0,41 \text{ ou } 41\%$$

A probabilidade ou o tempo de retorno é calculado com base na série histórica observada no local. Para o cálculo da probabilidade, as séries devem ser representativas e homogêneas no tempo. A série é **homogênea**, quando as alterações na bacia hidrográfica não produzem mudanças significativas no comportamento da mesma e, em consequência, nas estatísticas das vazões do rio, e **representativa** quando a série engloba período de cheia e de seca.

Em projeto de áreas urbanas, como haverá alterações na *bacia*, *o risco adotado se refere à ocorrência de uma determinada precipitação* e não necessariamente da vazão resultante, que é consequência da precipitação em combinação com outros fatores da bacia hidrográfica. Desta forma, quando não for referenciado de forma específica neste texto, o risco citado é sempre o da precipitação envolvida.

O risco adotado para um projeto define a dimensão dos investimentos envolvidos e a segurança quanto às enchentes. A análise adequada envolve um estudo de avaliação econômica e social dos impactos das enchentes para a definição dos riscos. No entanto, esta prática é inviável devido ao alto custo do próprio estudo, principalmente para pequenas áreas. Desta forma, os riscos usualmente adotados são apresentados na

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.1.

O projetista deve procurar analisar adicionalmente o seguinte:

- Escolher o limite superior do intervalo da tabela quando envolverem grandes riscos de interrupção de tráfego, prejuízos materiais, potencial interferência em obras de infra-estrutura como subestações elétricas, abastecimento de água, armazenamento de produtos danosos quando misturado com água e hospitais;
- Quando existir risco de vida humana deve-se buscar definir um programa de defesa civil e alerta além de utilizar o limite de 100 anos para o projeto.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.1 – Tempo de retorno para projetos de drenagem urbana.			
Sistema	Característica	Intervalo Tr (anos)	Valor frequente (anos)
Microdrenagem	Residencial	2 – 5	2
	Comercial	2 – 5	5
	Áreas de prédios públicos	2 – 5	5
	Aeroporto	5 – 10	5
	Áreas comerciais e Avenidas	5 – 10	10
Macro drenagem		10 - 25	10
Zoneamento de áreas ribeirinhas		5 - 100	100*

* limite da área de regulamentação

Vale lembrar que embora sejam utilizadas técnicas estatísticas para a determinação das curvas de probabilidade, associada a esta determinação está a incerteza. Entende-se como *incerteza* a diferença entre as estatísticas da amostra e da população de um conjunto de dados. A incerteza é fruto dos erros de coleta de dados, da definição de parâmetros, da caracterização de um sistema, das simplificações dos modelos e do processamento destas informações para definição do projeto de drenagem.

1.4.4 Cenários de planejamento e alternativas de controle para projeto

Cenários utilizados na análise do Plano Diretor de Drenagem Urbana das bacias

Os cenários de projeto, apresentados neste manual representam as condições na qual a bacia estaria sujeita a diferentes cenários de desenvolvimento. Os cenários estudados no PDDrU de cada bacia foram:

- I. **Atual:** Condições de urbanização atual, envolve a ocupação urbana no ano de elaboração do Plano obtida de acordo com estimativas demográficas e imagens de satélite;
- II. **Cenário Máximo:** esse cenário foi definido de acordo com o Plano de Uso e Ocupação do Solo, que estabelece limites máximos para a densificação urbana e/ou grau de impermeabilização do solo.
- III. **Cenário Tendencial:** Este cenário representa o uso e ocupação do solo sem qualquer controle sobre o desenvolvimento urbano, e foi obtido a partir de projeção de ocupação, tomando-se como referência os dados censitários de anos anteriores e tomando como referência a relação densidade habitacional x área impermeável.

Alternativas de controle para projeto

As *alternativas de controle para projeto* são as situações propostas à prefeitura, com o intuito de reduzir ou minimizar os impactos advindos do crescimento urbano. Podem ser propostas alternativas de controle para regiões onde ainda não há

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

ocupação urbana e para os locais, ou regiões onde já há urbanização, no entanto, as previsões são de que ela venha a ser intensificada.

No caso da região não ser urbanizada, deve-se considerar as seguintes situações de ocupação:

- a) **Pré-desenvolvimento:** é a situação que existia quando a bacia estava em condições naturais. As condições naturais envolvem superfície permeável e escoamento em leito natural sem canalização.
- b) **Pós-desenvolvimento:** este cenário envolve a avaliação da vazão máxima (para o risco definido de acordo com o projeto), quando a ocupação do solo estiver implementada. A partir da determinação da vazão máxima, as medidas de controle são propostas para mantê-la a um nível menor ou igual à vazão máxima do cenário de pré-desenvolvimento, determinada conforme apresentado no item acima

Quando esta situação não é mais verificada, as alternativas de controle são definidas, dimensionadas e planejadas, a partir do cenário de ocupação existente e a previsão de ocupação futura. Neste caso, a vazão máxima existente corresponderia à vazão máxima de pré-desenvolvimento, e a vazão a ser controlada é calculada a partir da previsão de máxima ocupação. Assim, as alternativas de controle são projetadas de forma a evitar as obras de ampliação das redes de drenagem existente, para comportarem o acréscimo de escoamento decorrente do crescimento urbano.

1.4.5 Projeto de Drenagem Urbana

Um projeto de drenagem urbana deve possuir os seguintes componentes principais:

1. **Projeto arquitetônico, paisagístico e viário da área:** envolve o planejamento da ocupação da área em estudo.
2. **Definição das alternativas de drenagem e das medidas de controle:** devem ser realizadas para manutenção das condições anteriores ao desenvolvimento, com relação à vazão máxima de saída do empreendimento. As alternativas propostas podem ser realizadas em conjunto com a atividade anterior, buscando compatibilizar com os condicionantes de ocupação;
3. **Determinação das variáveis de projeto para as alternativas de drenagem em cada cenário:** os cenários analisados devem ser a situação anterior ao desenvolvimento e após a implantação do projeto. O projeto dentro destes cenários varia com a magnitude da área e do tipo de sistema (fonte, micro ou macrodrenagem). As variáveis de projeto são a vazão máxima ou hidrograma dos dois cenários, as características básicas dos dispositivos de controle e a carga de qualidade da água resultante do projeto.
4. **Projeto da alternativa escolhida:** envolve o detalhamento das medidas de controle no empreendimento, inclusive a definição das áreas impermeáveis máximas projetadas para cada lote, quando o projeto for de parcelamento do solo.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.4.6 Alternativas de controle para a rede de drenagem pluvial

As medidas de controle para os problemas de inundações urbanas devem possuir dois objetivos básicos: **controle do aumento da vazão máxima e melhoria das condições ambientais**.

As medidas de controle do escoamento podem ser classificadas, de acordo com sua ação na bacia hidrográfica, em:

- **distribuída ou na fonte:** é o tipo de controle que atua sobre o lote, praças e passeios;
- **na microdrenagem:** é o controle que age sobre o hidrograma resultante de um parcelamento ou mesmo mais de um parcelamento, em função da área;
- **na macrodrenagem:** é o controle sobre áreas acima de 2 km² ou dos principais córregos urbanos.

No item 7.6 são apresentados os procedimentos para o dimensionamento da drenagem na fonte, enquanto que no item 7.7 e 7.8 são apresentados, respectivamente os mesmos procedimentos para a microdrenagem e macrodrenagem.

As principais medidas de controle são:

- *Aumento da infiltração:* através de dispositivos como pavimentos permeáveis, valo de infiltração, plano de infiltração, entre outros. Estas medidas contribuem para a melhoria ambiental, reduzindo o escoamento superficial das áreas impermeáveis. Este tipo de medida é aplicada somente na fonte.
- *Armazenamento:* o armazenamento amortece o escoamento, reduzindo a vazão de pico. O reservatório urbano pode ser construído na escala de lote, microdrenagem e macrodrenagem. Os reservatórios de lotes são usados quando não é possível controlar na escala de micro ou macrodrenagem, já que as áreas já estão loteadas. Os reservatórios de micro e macrodrenagem podem ser de detenção, quando é mantido a seco e controla apenas o volume. O reservatório é de retenção quando é mantido com lâmina de água e controla também a qualidade da água, mas exige maior volume. Os reservatórios de detenção também contribuem para a melhoria da qualidade da água, se parte do volume (primeira parte do hidrograma) for mantida pelo menos 24 horas na detenção.
- *Aumento da capacidade de escoamento:* mudando variáveis como área, rugosidade da seção do escoamento e a declividade, é possível aumentar a vazão e reduzir o nível. Esta solução, muito utilizada, apenas transfere para jusante o aumento da vazão, exigindo aumento da capacidade ao longo todo o sistema de drenagem, aumentando exponencialmente o custo.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.5 Precipitação

1.5.1 Conceitos

A precipitação é a principal informação hidrológica de entrada utilizado no cálculo das vazões de projeto das obras de drenagem pluvial. A expressão precipitação de projeto identifica a precipitação utilizada na geração do hidrograma ou vazão de projeto.

Neste item são apresentados os fundamentos utilizados para a definição do método de obtenção de uma precipitação de projeto. Se o leitor preferir uma aplicação imediata para Campo Grande pode remeter-se diretamente para o item seguinte.

Os primeiros fundamentos referem-se aos conceitos de precipitação observada e precipitação de projeto.

A precipitação observada é uma sequência cronológica de eventos de chuva que podem ser caracterizados, um a um, pelas seguintes variáveis (unidades usuais entre parêntesis):

- lâmina precipitada P (mm);
- duração D (min);
- intensidade média precipitada $iméd = P/D$ (mm/h);
- lâmina máxima $P_{máx}$ (mm) da sequência de intervalos de tempo Δt que discretizam D ;
- intensidade máxima $imáx = P_{máx} / \Delta t$ (mm/h)
- posição de $P_{máx}$ ou $imáx$ dentro da duração D (entre 0 e 1, do início ao fim de D)

A precipitação de projeto é, por sua vez, um evento crítico de chuva construído artificialmente com base em características estatísticas da chuva natural e com base em parâmetros de resposta da bacia hidrográfica. Estas características estatísticas e parâmetros são levados em conta através de dois elementos básicos (unidades usuais entre parêntesis):

- período de retorno Tr da precipitação de projeto (anos);
- duração crítica D_{cr} do evento (min).

O aposto de projeto significa, justamente, que está associado à precipitação de projeto um período de retorno que foi pré-estabelecido conforme a importância da obra. Por convenção, atribui-se à vazão de projeto ou ao hidrograma de projeto calculado com base nesta precipitação, o período de retorno desta. Os critérios usados para a escolha do período de retorno foram apresentados no item 1.4. Na realidade, o tempo de retorno escolhido está relacionado com a precipitação e não é necessariamente igual ao da vazão, devido à variabilidade dos outros fatores utilizados no cálculo do hidrograma de projeto.

A duração crítica é outro elemento indispensável à definição das precipitações de projeto, pois ela deve ser longa o suficiente para que toda a bacia contribua com o escoamento superficial, o que equivale dizer que a precipitação efetiva (parcela

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

da precipitação total que gera escoamento superficial) deve ter duração igual ao tempo de concentração da bacia contribuinte.

O tempo de concentração deve ser determinado de acordo com a formulação de Mc Cuen (equação 5.1), desenvolvida para bacias urbanas.

$$T_C = 135.i_p^{-0,7164}.L^{0,5552}.S^{-0,2070} \quad (5.1)$$

Onde: L é o comprimento do talvegue em km; S é a declividade (m/m); i_p é a intensidade de precipitação em mm/h e igual a 35mm/h.

As precipitações de projeto podem ser constantes ou variadas ao longo de sua duração. A precipitação de projeto constante é normalmente utilizada em conjunto com o Método Racional e sua duração é igual ao tempo de concentração. A precipitação de projeto variável no tempo (hietograma de projeto) é utilizada para determinar o hidrograma de projeto. No hietograma a precipitação é definida em intervalos de tempo onde a duração total da precipitação utilizada é maior ou igual ao tempo de concentração.

As precipitações de projeto são normalmente determinadas a partir de relações intensidade-duração-frequência (curvas IDF) da bacia contribuinte. Expressas sob forma de tabelas ou equações, as curvas IDF fornecem a intensidade da precipitação para qualquer duração e período de retorno. Pode-se obter uma lâmina ou altura de precipitação, multiplicando-se a intensidade dada pela IDF pela sua correspondente duração.

1.5.2 Precipitação máxima pontual: IDF

A relação Intensidade- duração - frequência (IDF) de um determinado local é obtida a partir de registros históricos de precipitação de pluviógrafos. A curva IDF de determinado local fornece a intensidade da chuva (mmh-1) para uma dada duração t (horas) e período de retorno T_r (anos).

Durante o desenvolvimento deste PDDrU definiu-se uma equação IDF (equação 5.2) a partir dos dados do posto 2054014 devido ao período mais recente de dados.

$$I = \frac{1973,15.T_r^{0,178}}{(t + 22)^{0,8577}} \quad (5.2)$$

onde: I é a intensidade da chuva em mm/h; T_r é o período de recorrência da chuva em anos; e t é a duração da chuva em minutos.

1.5.3 Distribuição temporal: Método dos Blocos Alternados

A metodologia denominada de bloco alternadas distribui a precipitação ao longo do tempo de forma a buscar um cenário crítico de precipitação. Este cenário baseia-se em precipitação pequena e média no início do tempo e precipitação alta próximo do final da duração, quando geram hidrogramas com grande pico.

A sequência da aplicação da metodologia inicia com a determinação da chuva de projeto, a partir da IDF, espaçadas pelo intervalo de tempo de cálculo escolhido,

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

até a duração total. Por exemplo, sendo a duração total da chuva de 60min e o intervalo de tempo de 10min, calcula-se a partir da IDF as precipitações de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos. Estes valores são precipitações acumuladas, $P_a(t)$, para cada duração.

Considerando que a precipitação em cada intervalo de tempo é a diferença entre dois intervalos de tempo, obtém-se a primeira versão do hietograma. Por exemplo, a $P_i(t=30\text{min}) = P_a(30\text{min}) - P_a(20\text{min})$. Geralmente este resultado mostrará o valor máximo no primeiro intervalo de tempo, portanto o hietograma deve ser reordenado para buscar cenários mais desfavoráveis.

Para reordenar o hietograma posicione o maior (primeiro) valor a 50% da duração, o segundo logo após ao anterior e o terceiro antes do maior valor e assim, sucessivamente.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.6 Controle da Drenagem na Fonte

O dimensionamento da drenagem proveniente de um lote, condomínio ou outro empreendimento individualizado, estacionamento, parques e passeios são denominados aqui de drenagem na fonte. De acordo com a regulamentação municipal, a drenagem desta área deve possuir uma vazão máxima de saída igual ou menor que a 28,3l/s/ha.

A Proposta Legal para o controle do escoamento na drenagem pluvial urbana, especifica procedimentos para áreas menores e maiores que 100ha. Para as áreas menores, o dimensionamento pode ser realizado com equações gerais para o município (que já embutem a precipitação e os limites de vazão). Para áreas maiores é necessário um estudo hidrológico específico.

No item seguinte são apresentados os elementos técnicos do decreto e os procedimentos para dimensionamento, considerando desenvolvimentos com área menor ou igual a 100ha. Também são descritos os dispositivos que podem ser utilizados associados com este controle. No capítulo seguinte são descritos os métodos utilizados para o controle das áreas maiores que 100ha.

1.6.1 Dimensionamento da drenagem pluvial na fonte

Para evitar os impactos do desenvolvimento urbano no escoamento pluvial, a Proposta legal para o controle do escoamento pluvial prevê que o controle possa ser realizado dentro do lote ou no loteamento, e é baseado nos seguintes princípios:

- A vazão de saída do novo empreendimento deve ser mantida igual ou menor que a vazão de pré-desenvolvimento;
- A vazão de pré-desenvolvimento determinada para a cidade de Campo Grande segundo a referida proposta é de 28,3l/(s.ha);
- Para manter a vazão de pré-desenvolvimento existem várias alternativas. A proposta Legal recomenda o uso da equação 6.1 para áreas de até 100ha

$$V = 5,858.A.AI \quad (6.1)$$

onde: V: volume em m³; A: área drenada para jusante do empreendimento (ha); AI: área impermeável (%).

Para projetos com áreas maiores que 100ha a Proposta recomenda que seja realizado um estudo hidrológico específico.

- O decreto permite a redução do volume reservatório da equação 6.1 através do uso de medidas de controle na fonte como áreas de infiltração, pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração. Para cada um destes elementos são especificadas as porcentagens de reduções da área impermeável no cálculo do volume:
 - Aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) – reduzir em 60% a área que utiliza estes pavimentos;

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem – reduzir em 40% a área de telhado drenada;
- Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis sem drenagem – reduzir em 80% a área de telhado drenada;
- Aplicação de trincheiras de infiltração – reduzir em 80% as áreas drenadas para as trincheiras.
- Para a verificação da possibilidade de uso de dispositivos de infiltração utilize os critérios apresentados anteriormente.

1.6.2 Tipos de dispositivos de redução do escoamento superficial

O controle na fonte pode usar diferentes dispositivos que mantenham a vazão de saída do lote ou loteamento a valor igual ou menor que a vazão de pré-desenvolvimento. Os dispositivos que podem ser utilizados são os que:

- Aumentam a área de infiltração através de: valos, poços e bacias de infiltração, trincheiras de infiltração ou bacias de percolação, pavimentos permeáveis e mantas de infiltração;
- Armazenam temporariamente a água em reservatórios locais;

1.6.3 Infiltração e percolação

1.6.3.1 Critérios para escolha das estruturas de infiltração ou percolação

A preservação da infiltração da precipitação permite manter condições mais próximas possíveis das condições naturais. As vantagens e desvantagens dos dispositivos que permitem maior infiltração e percolação são as seguintes (Urbonas e Stahre, 1993):

- redução das vazões máximas à jusante;
- redução do tamanho dos condutos;
- aumento da recarga do aquífero;
- preservação da vegetação natural;
- redução da poluição transportada para os rios;
- impermeabilização do solo de algumas áreas pela falta de manutenção;
- aumento do nível do lençol freático, atingindo construções em subsolo.

Infiltração

Sob as seguintes condições, a disposição de águas pluviais por infiltração não é recomendada:

- Profundidade do lençol freático no período chuvoso menor que 1,20m, abaixo da superfície infiltrante;
- Camada impermeável a 1,20m ou menos da superfície infiltrante;
- A superfície infiltrante está preenchida (ao menos que este preenchimento seja de areia ou cascalho limpos);

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- Os solos superficiais e subsuperficiais são classificados, segundo o SCS, como pertencentes ao grupo hidrológico D, ou a taxa de infiltração saturada é menor que 7,60mm/h, como relatado pelas pesquisas de solo do SCS;

Se estas condições não excluïrem o local, deve ser feita uma segunda avaliação, usando o método desenvolvido pela Swedish Association for Water and Sewer Works em 1983, e apresentado por Urbonas e Stahre (1993). A cada característica do local é associada uma pontuação (Tabela 1.2). O somatório dos pontos informa o resultado da avaliação. Assim:

- Se o total for menor que 20, o local deve ser descartado;
- Entre 20 e 30, o local é um candidato a receber um dispositivo de infiltração;
- Se o total for maior que 30, o local pode ser considerado excelente.

Percolação

Urbonas e Stahre (1993) identifica as seguintes condições no qual não podem ser utilizados as trincheiras de infiltração e percolação:

- Profundidade do lençol freático no período chuvoso menor que 1,20m, abaixo do fundo do leito de percolação;
- Camada impermeável a 1,20m ou menos do fundo do leito de percolação;
- O leito de percolação está preenchido (ao menos que este preenchimento seja de areia ou cascalho limpos);
- Os solos superficiais e subsuperficiais são classificados, segundo o SCS, como pertencentes aos grupos hidrológicos C ou D, ou a condutividade hidráulica saturada dos solos é menor que $2 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Da mesma forma que para o caso de infiltração, se estas condições não excluïrem o local onde se deseja colocar um dispositivo de percolação, deve ser feita uma avaliação usando o método desenvolvido pela Swedish Association for Water and Sewer Works (Tabela 1.2).

Para testar se o local é um candidato a uma estrutura do tipo desejado, preenche-se o modelo de procedimento de projeto chamado “Verificação preliminar da aplicabilidade para estruturas somente de infiltração – parte 1” (Tabela 1.3) para o caso de estruturas de infiltração, como pavimentos permeáveis, valos de infiltração e bacias de infiltração, ou “Verificação preliminar da aplicabilidade para estruturas somente de percolação – parte 1” (Tabela 1.4) para o caso de estruturas de percolação como as trincheiras de infiltração ou bacias de percolação, poços de infiltração, mantas de infiltração.

Em caso de aprovação, passa-se para o modelo de procedimento de projeto chamado “Verificação preliminar da aplicabilidade de estruturas de infiltração ou percolação – parte 2” (), baseado na tabela do Swendish Association for Water and Sewer Works (1983).

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.2 – Sistema de pontuação para avaliação de possíveis locais de implantação de dispositivos de infiltração e/ou percolação (Urbonas e Stahre, 1993).

	Características	Pontos
1.	Razão entre área impermeável contribuinte (A_{IMP}) e área de infiltração (A_{INF}) $A_{INF} > 2 \cdot A_{IMP}$ $A_{IMP} \leq A_{INF} \leq 2 \cdot A_{IMP}$ $0,50 \cdot A_{IMP} \leq A_{INF} \leq A_{IMP}$ Superfícies impermeáveis menores que $0,50 \cdot A_{IMP}$ não devem ser usadas para infiltração	20 10 5
2.	Natureza da camada de solo superficial - Solos grosseiros com baixa taxa de material orgânico - Solo com taxas de matéria orgânica intermediárias - Solos granulados finos com alta taxa de material orgânico	7 5 0
3.	Subsuperficial - Se os solos subsuperficiais são mais grosseiros que os solos da superfície, associe o mesmo número de pontos daquele dos solos de superfície associado no item 2 - Se os solos subsuperficiais são mais granulados finos que os solos da superfície, use os seguintes pontos: - Cascalho ou areia - Areia siltosa ou lemo - Silte fino ou argila	7 5 0
4.	Declividade (S) da superfície de infiltração $S < 7 \%$ $7 \leq S \leq 20 \%$ $S > 20 \%$	5 3 0
5.	Cobertura vegetal - Cobertura de vegetação natural, saudável - Gramado bem estabelecido - Gramado novo - Sem vegetação – solo nu	5 3 0 - 5
6.	Grau de tráfego na superfície de infiltração - Pouco tráfego de pedestres - Tráfego de pedestres médio (parque, gramado) - Muito tráfego de pedestres (campos esportivos)	5 3 0

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.3 – Modelo de procedimento de projeto: Verificação preliminar da aplicabilidade para estruturas somente de infiltração – parte 1.

Modelo de procedimento de projeto	
Verificação preliminar da aplicabilidade para estruturas somente de infiltração – parte 1	
Projetista: Empresa: Data: Projeto: Localização:	
Obs.: cada item possui um fator parcial f, que assume o valor correspondente à alternativa assinalada	
1. Profundidade (Prof) do lençol freático no período chuvoso abaixo da superfície Menor que 1,20 m (Sim ou Não, indicando a profundidade caso seja Não): Sim f1 = 0 Não f1 = 1	Prof = _____ m
2. Camada impermeável da superfície infiltrante 1,20 m ou menos (assinale Sim ou Não, indicando a profundidade caso seja Não): Sim f2 = 0 Não f2 = 1	Prof = _____ m
3. A superfície infiltrante está preenchida (assinale Sim ou Não): Sim f 3 = 1 Não f 3 = 0 Preenchimento com areia ou cascalho limpos (caso a anterior seja Sim) Sim f 3 = 1 Não f 3 = 0	
4. Solos das duas camadas é do tipo D, do SCS (assinale Sim ou Não): ou a taxa de infiltração saturada é menor que 7,60mm/h Sim f 4 = 0 Não f 4 = 1	
5.Fator f global f = f1 f2 f3 f4	f =
5. Conclusão Se f = 1, marcar a opção passar para a parte 2 Se f = 0, marcar a opção não passar para a parte 2 Passar para parte 2 Não passar para parte 2	
Observações:	

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.4 – Modelo de procedimento de projeto: Verificação preliminar da aplicabilidade para estruturas somente de percolação – parte 1.

Modelo de procedimento de projeto	
Verificação preliminar da aplicabilidade para estruturas somente de percolação – parte 1	
Projetista: Empresa: Data: Projeto: Localização:	
Obs.: cada item possui um fator parcial f, que assume o valor correspondente à alternativa assinalada 1. Profundidade (Prof) do lençol freático no período chuvoso abaixo do fundo Menor que 1,20 m (Sim ou Não, indicando a profundidade caso seja Não): Sim f1 = 0 Não f1 = 1 2. Camada impermeável do fundo do leito de percolação 1,20 m ou menos (assinale Sim ou Não, indicando a profundidade caso seja Não): Sim f2 = 0 Não f2 = 1 3. O leito de percolação está preenchido (Sim ou Não): Sim f 3 = 1 Não f 3 = 0 Preenchimento com areia ou cascalho limpos (caso a anterior seja Sim) Sim f 3 = 1 Não f 3 = 0 4. Solos das duas camadas é do tipo C ou D, do SCS (Sim ou Não): Ou a condutividade hidráulica saturada é menor que 2·10⁻⁵m/s Sim f 4 = 0 Não f 4 = 1 5.Fator f global f = f1·f2·f3·f4 5. Conclusão Se f = 1, marcar a opção passar para a parte 2 Se f = 0, marcar a opção não passar para a parte 2 Passar para parte 2 Não passar para parte 2	Prof = _____ m Prof = _____ m f =
Observações:	

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.5 – Modelo de procedimento de projeto: Verificação preliminar da aplicabilidade para estruturas de infiltração ou percolação – parte 2.

Modelo de procedimento de projeto		
Verificação preliminar da aplicabilidade de estruturas de infiltração ou percolação – parte 2		
Projetista:		
Empresa:		
Data:		
Projeto:		
Localização:		
1. Área disponível para infiltração		Aimp = _____ m ²
2. Área impermeável		Ainf = _____ m ²
		Pontos
3.Solo superficial		
Grossoiro com baixa taxa de material orgânico (7 pontos)		
Solo com taxas de matéria orgânica intermediárias (5 pontos)		Pontos
Granulado fino com alta taxa de material orgânico (0 ponto)		
3. Subsuperficial		
Mais grosseiro que o da superfície		
(mesmo número de pontos daquele do solo de superfície, item 2)		
Mais granulados finos		
Cascalho ou areia (7 pontos)		
Areia siltosa ou lemo (5 pontos)		Pontos
Silte fino ou argila (0 pontos)		
5. Declividade da superfície de infiltração		
S < 7 % (5 pontos)		
7 ≤ S ≤ 20 % (3 pontos)		Pontos
S > 20 % (0 ponto)		
6. Cobertura vegetal		
Cobertura de vegetação natural, saudável (5 pontos)		
Gramado bem estabelecido (3 pontos)		
Gramado novo (0 ponto)		Pontos
Sem vegetação – solo nu (- 5 pontos)		
7. Grau de tráfego na superfície de infiltração		
Pouco tráfego de pedestres (5 pontos)		
Tráfego de pedestres médio (parque, gramado) (3 pontos)		Pontos
Muito tráfego de pedestres (campos esportivos) (0 ponto)		
8. Total de pontos		Pontos
9. Conclusão		
Se Total de pontos < 20, o local não deve ser utilizado para infiltração		
20 ≤ Total de pontos ≤ 30, o local pode ser propício		
Se Total de pontos > 30, o local é excelente para infiltração		
O local não deve ser utilizado para infiltração		
O local pode ser propício		
O local é excelente para infiltração		
Observações:		

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.6.3.2 Parâmetros para o dimensionamento das estruturas de infiltração ou percolação

Se o local é considerado propício para receber a instalação, a fase seguinte a ser considerada é a determinação dos parâmetros e posterior dimensionamento. Para o dimensionamento os parâmetros considerados são a taxa de infiltração, a condutividade hidráulica saturada e a porosidade efetiva (razão entre o volume de água que pode ser drenada do solo saturado por ação da gravidade somente e o volume total). É difícil generalizar os valores, principalmente os de condutividade hidráulica, por isso recomendam-se testes de campo, utilizando os menores valores medidos para o projeto.

Para a instalação de estruturas em áreas menores a 1000 m², podem ser utilizados os valores de taxas de infiltração, de acordo com a classificação do *Soil Conservation Service* utilizadas estão na Tabela 1.6; para áreas superiores a esta, deve ser realizado um teste de infiltração no local. Para fins de dimensionamento de estruturas de infiltração ou percolação, deve-se utilizar a taxa de infiltração correspondente ao valor de I_b, que corresponde ao estado em que o solo atingiu a saturação.

Tabela 1.6 – Alguns valores típicos de taxas de infiltração.

Tipo de solo	Taxa de infiltração (mm/h)	
	I _o	I _b
A	254,0	25,4
B	203,2	12,7
C	127,0	6,35
D	76,2	2,54

Segundo a classificação do SCS (SCS, 1957) os tipos de solo mencionados na tabela 1.6 são classificados da seguinte forma:

- Solo A: solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila;
- Solo B: solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundos do que o tipo A e com permeabilidade superior à média;
- Solo C: solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo porcentagem considerável de argila e pouco profundo.
- Solo D: solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

A Tabela 1.7 contém valores típicos de condutividade hidráulica, enquanto que a Tabela 1.8 contém valores de porosidade efetiva.

O dimensionamento dos dispositivos de infiltração e percolação faz uso da “curva envelope” de influxo de escoamento (Urbonas e Stahre, 1993). A máxima diferença entre esta curva e o fluxo de saída acumulado, como mostra a Figura 1.4, representa o volume a armazenar. Pode-se, ao invés do máximo volume,

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

utilizar-se da máxima profundidade (CIRIA, 1996). Neste manual estão demonstradas as duas maneiras.

Tabela 1.7 – Condutividade hidráulica saturada em diversos tipos de solo (Urbonas e Stahre, 1993).

Tipo de solo	Condutividade hidráulica (m/s)
Cascalho	$10^{-3} - 10^{-1}$
Areia	$10^{-5} - 10^{-2}$
Silte	$10^{-9} - 10^{-5}$
Argila (saturada)	$< 10^{-9}$
Solo cultivado	10^{-10} a 10^{-6}

Tabela 1.8 – Porosidade efetiva para materiais típicos (Urbonas e Stahre, 1993).

Material	Porosidade efetiva (%)
Rocha dinamitada – Brita grossa	30
Cascalho de granulometria uniforme	40
Brita graduado ($\leq \frac{1}{4}$ polegadas)	30
Areia	25
Cascalho de jazida – Seixo rolado	15 – 25

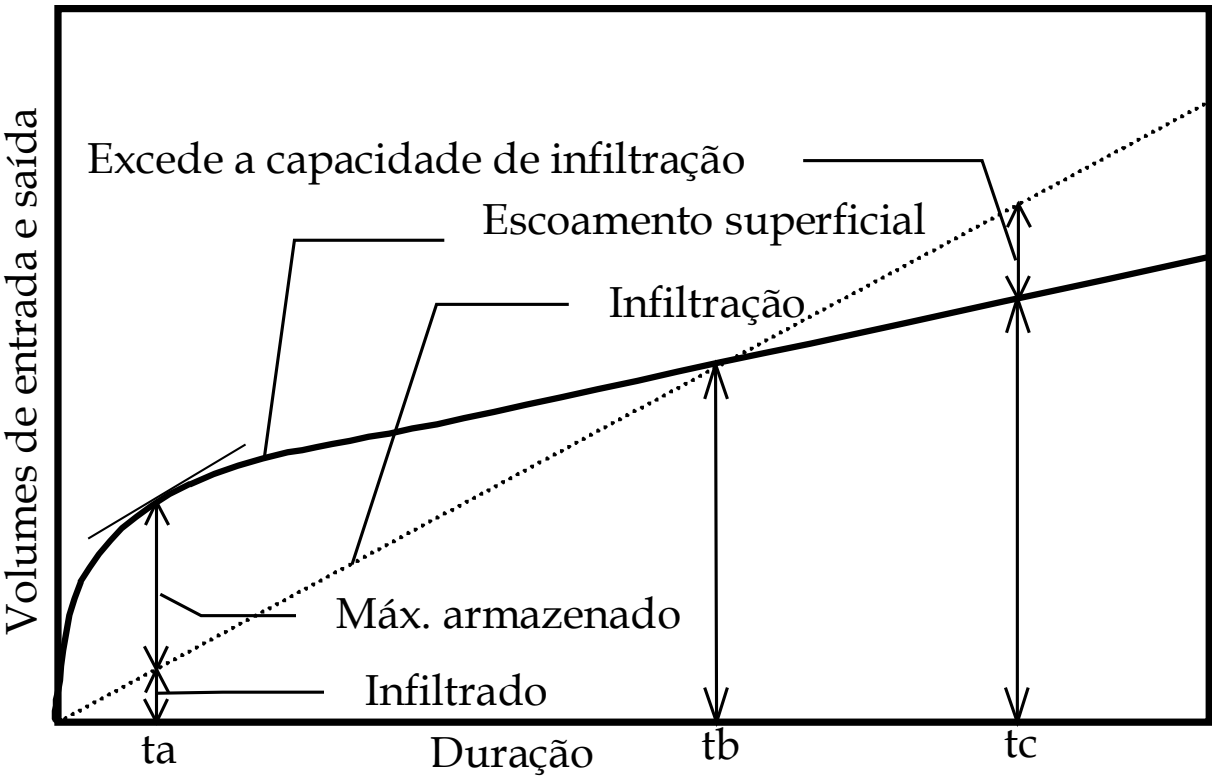


Figura 1.4 – Curva envelope (Adaptado de Urbonas e Stahre, 1993).

Duas regiões distintas podem ser observadas na Figura 1.4. Para durações menores que t_b , não há infiltração total do escoamento superficial. Para durações maiores que t_b , a capacidade de infiltração supera o volume afluente de

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

escoamento superficial e a água armazenada infiltra no solo. CIRIA (1996) utiliza no dimensionamento um coeficiente de infiltração q, obtido a partir de testes de percolação e que está relacionado com a permeabilidade do solo. Valores típicos do coeficiente de infiltração estão na Tabela 1.9.

O coeficiente de infiltração ainda é reduzido por fatores de segurança para levar em conta a diminuição da capacidade de infiltração durante a vida do dispositivo. Alguns valores são encontrados na Tabela 1.10 (CIRIA, 1996):

Tabela 1.9 – Alguns valores típicos de coeficientes de infiltração, baseados na textura do solo (Watkins apud CIRIA, 1996).

Tipo de solo	Coeficiente de infiltração (mm/h)
Cascalho	10 – 1000
Areia	0,1 – 100
Areno lemoso	0,01 – 1
Lemo arenoso	0,05 –0,5
Lemo	0,001 – 0,1
Lemo siltoso	0,0005 – 0,05
Características Calcárias	0,001 - 100
Ponto divisor para a maioria dos sistemas de infiltração	0,001
Lemo argilo arenoso	0,001 – 0,01
Lemo argilo siltoso	0,00005 – 0,005
Argila	< 0,0001
Rocha	0,00001 – 0,1

Tabela 1.10 – Fatores de segurança para o coeficiente de infiltração (CIRIA, 1996).

Consequências da falha do dispositivo de infiltração			
Área a ser drenada m²	Nenhum dano ou inconveniência	Inconveniência menor, como alagamento de um estacionamento	Danos à construção ou estrutura, inconveniência maior, como inundação em estradas
< 100	1,50	2	10
100 a 1000	1,50	3	10
> 1000	1,50	5	10

1.6.3.3 Descrição e critérios de projeto para pavimentos permeáveis e sistemas de infiltração em planos

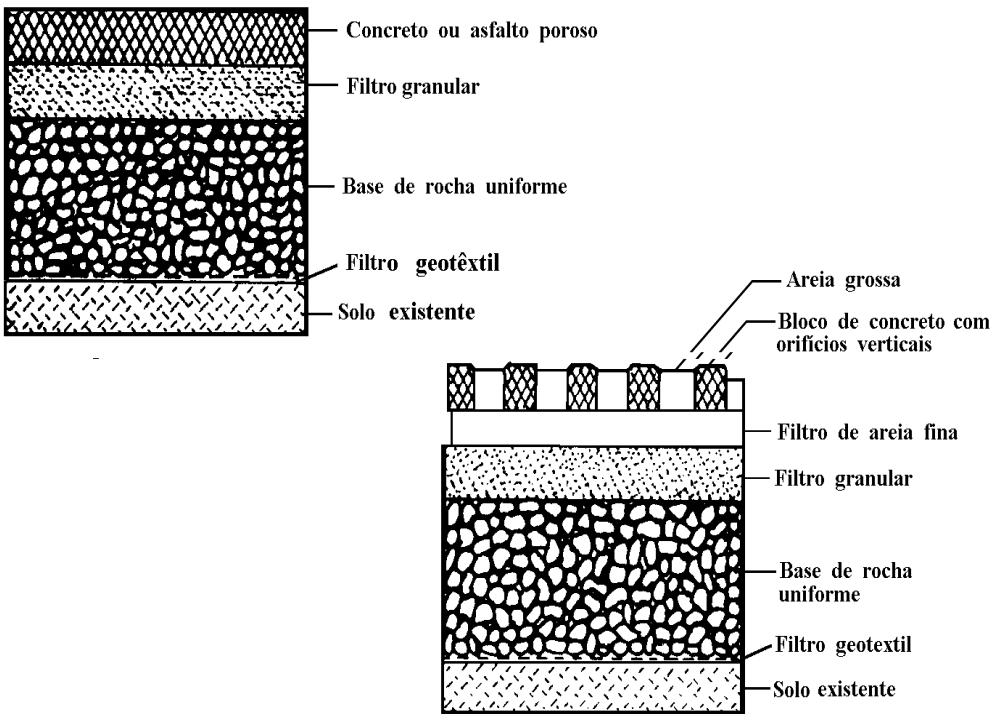
Pavimentos permeáveis

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

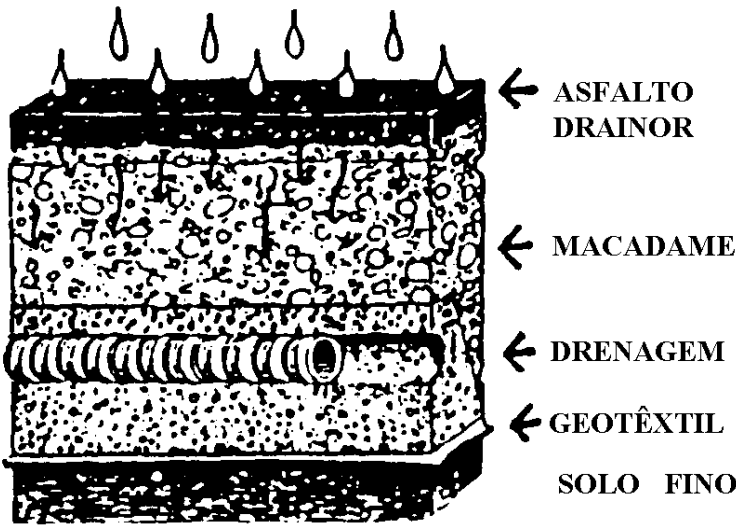
Urbonas e Stahre (1993) classificam os pavimentos permeáveis basicamente em três tipos (Figura 1.5):

- pavimento de asfalto poroso;
- pavimento de concreto poroso;
- pavimento de blocos de concreto vazado preenchido com material granular, como areia ou vegetação rasteira, como grama.

A camada superior dos pavimentos porosos (asfalto ou concreto) é construída de forma similar aos pavimentos convencionais, mas com a retirada da fração da areia fina da mistura dos agregados do pavimento. O princípio de funcionamento da estrutura é de fazer com que o escoamento infiltre rapidamente na capa ou revestimento poroso (espessura de 5 a 10cm), passe por um filtro de agregado de 1,25cm de diâmetro e espessura de aproximadamente 2,5cm e vá para uma câmara ou reservatório de pedras mais profundo com agregados de 3,8 a 7,6cm de diâmetro.



(a) - pavimento poroso e celular poroso (Urbonas e Stahre, 1993)



(b) - pavimento permeável (Hogland e Niemczynowicz, 1986)

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana



(c) Exemplo de pavimento permeável

Figura 1.5 – Seções transversais e exemplo de pavimentos permeáveis.

A capa de revestimento permeável somente age como um conduto rápido para o escoamento chegar ao reservatório de pedras. Assim, a capacidade de armazenamento dos pavimentos porosos é determinada pela profundidade do reservatório de pedras subterrâneo (mais o escoamento perdido por infiltração para o subsolo).

No caso de blocos de concreto vazados, eles devem ser assentados acima de uma camada de base granular (areia), sob a qual devem ser colocados filtros geotêxteis para prevenir a migração da areia fina para a camada granular.

O pavimento permeável poderá ser utilizado como um poço de detenção, utilizando para isso uma membrana impermeável entre o reservatório e solo existente. O sistema deverá prever o esgotamento do volume num período de 6 a 12 horas. A metodologia para dimensionamento dos pavimentos permeáveis é a mesma utilizada para o dimensionamento de sistemas de infiltração em planos.

A utilização dos pavimentos permeáveis, em um contexto geral, pode proporcionar uma redução dos volumes escoados e do tempo de resposta da bacia para condições similares às condições de pré-desenvolvimento. Em alguns casos, dependendo das características do subsolo, o resultado obtido com a utilização deste tipo de estrutura pode levar à condições melhores que as pré-desenvolvimento. Para atingir este grau de eficiência, no entanto, a estrutura deve ser utilizada racionalmente, respeitando seus limites físicos, e há necessidade de manutenção preventiva (de preferência trimestralmente), evitando assim o seu entupimento.

Os principais problemas que estes tipos de dispositivos podem apresentar são:

- quando a água drenada é fortemente contaminada, haverá impacto sobre o lençol freático e o escoamento subterrâneo;
- falta de controle na construção e manutenção que podem entupir os dispositivos tornando-os ineficientes.

Estimativa dos parâmetros: Para a estimativa da taxa de infiltração, deve-se realizar uma sondagem a uma profundidade de 0,6 a 1,2m abaixo do nível inferior do reservatório de pedras a fim de verificar o tipo de solo existente (já que tipos

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

de solos com um percentual superior a 30% de argila ou 40% de silte e argila combinados não são bons candidatos para este tipo de dispositivo).

Para determinar a profundidade do reservatório de pedras, é necessário selecionar o tipo de material a ser utilizado no mesmo. Schuller (1987) recomenda o uso de brita 3 ou 4 no reservatório de pedras, conforme Tabela 1.11, onde é apresentada uma classificação de acordo com as dimensões nominais do material, sendo diâmetro mínimo e abertura da peneira, a qual corresponde uma porcentagem retida igual ou imediatamente superior a 95%.

Tabela 1.11 – Classificação nominal da brita (Araújo et al., 2000).

Material	Peneira	Malha
brita 0	9,5	4,8 mm
brita 1	19,0	9,5 mm
brita 2	25,0	19,0 mm
brita 3	50,0	25,0 mm
brita 4	76,0	50,0 mm
brita 5	100,0	76,0 mm

Blocos Vazados: O módulo de blocos vazados geralmente é construído para que a superfície pronta fique no mesmo nível da superfície adjacente e os blocos fiquem confinados lateralmente. O solo, na base da abertura, não deve ser compactado para evitar uma redução na capacidade de infiltração do terreno. Na base é colocado um filtro geotêxtil, com a finalidade de separar o agregado graúdo do solo, e assim evitar a migração do solo para o reservatório de pedras, quando este estiver na condição de enchimento. O reservatório de pedras é preenchido com brita 3 de granito até o topo, perfazendo uma espessura final de agregado igual a 15cm. Após a compactação do agregado, novamente é colocado um tecido geotêxtil sobre a camada de agregado com a finalidade de prevenir a migração da areia média da camada superior para dentro do reservatório de pedras. Uma camada de 10 cm de areia média é colocada sobre o anterior. Por fim, os blocos vazados são assentados sobre a areia e as juntas e os orifícios dos blocos de concreto são preenchidos com areia e grama.

Concreto poroso: O concreto sem finos deve ser pouco adensável e a vibração só pode ser aplicada por períodos muito curtos, caso contrário a pasta de cimento poderá escorrer para o fundo. Também não se recomenda o adensamento com soquetes pois podem resultar massas específicas localizadas elevadas. Para o concreto sem finos não existem ensaios de trabalhabilidade de concretos; somente é possível avaliar visualmente se a camada de revestimento das partículas é adequada. Os concretos sem finos têm baixo valor de coesão; por isso as formas devem ser mantidas até que se tenha desenvolvido uma resistência suficiente. A cura úmida é importante, especialmente em climas secos e com ocorrência de vento devido as pequenas espessuras da pasta de cimento (Neville, 1982). As características do concreto são apresentadas na

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.12. A construção das estruturas, utilizando concreto poroso é semelhante à dos blocos vazados, sendo que a única diferença está no revestimento superficial, que deve ser de concreto poroso com espessura de 15cm.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.12 – Característica dos concretos sem finos para agregado de 9,5 a 19 mm. (McIntosh, Botton e Muir,1956 apud Neville, 1982).

Relação Cimento/agregado em volume	Relação Água/cimento em massa	Massa Específica (Kg/m³)	Resistência a Compressão 28 dias - MPa
1 : 6	0,38	2020	14
1 : 7	0,40	1970	12
1 : 8	0,41	1940	10
1 : 10	0,45	1870	7

Mantas de infiltração

As mantas de infiltração são semelhantes às trincheiras, sendo que as mantas são cobertas pelo solo ou por alguma outra superfície infiltrante (Figura 1.6). Como o sistema é completamente enterrado, a superfície do solo pode ser usada para outras finalidades.

A disposição final da água normalmente é feita de maneira pontual. Um geotêxtil permeável é utilizado para separar o material de preenchimento do material que cobre o dispositivo. A mesma separação deve ser feita entre o material de preenchimento e o solo sub-superficial. Condutos perfurados ou porosos distribuem a água que vem da fonte pontual, que em geral é um conduto tradicional.

Recomenda-se colocar armadilhas para sedimentos de óleos. A frequência de limpeza mínima deve ser de um ano. Uma das desvantagens deste tipo de estrutura é a manutenção que é difícil, bem como também o monitoramento da sua eficiência. Assim, quando há suspeitas do comprometimento da eficiência da estrutura, a mesma deve ser substituída.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

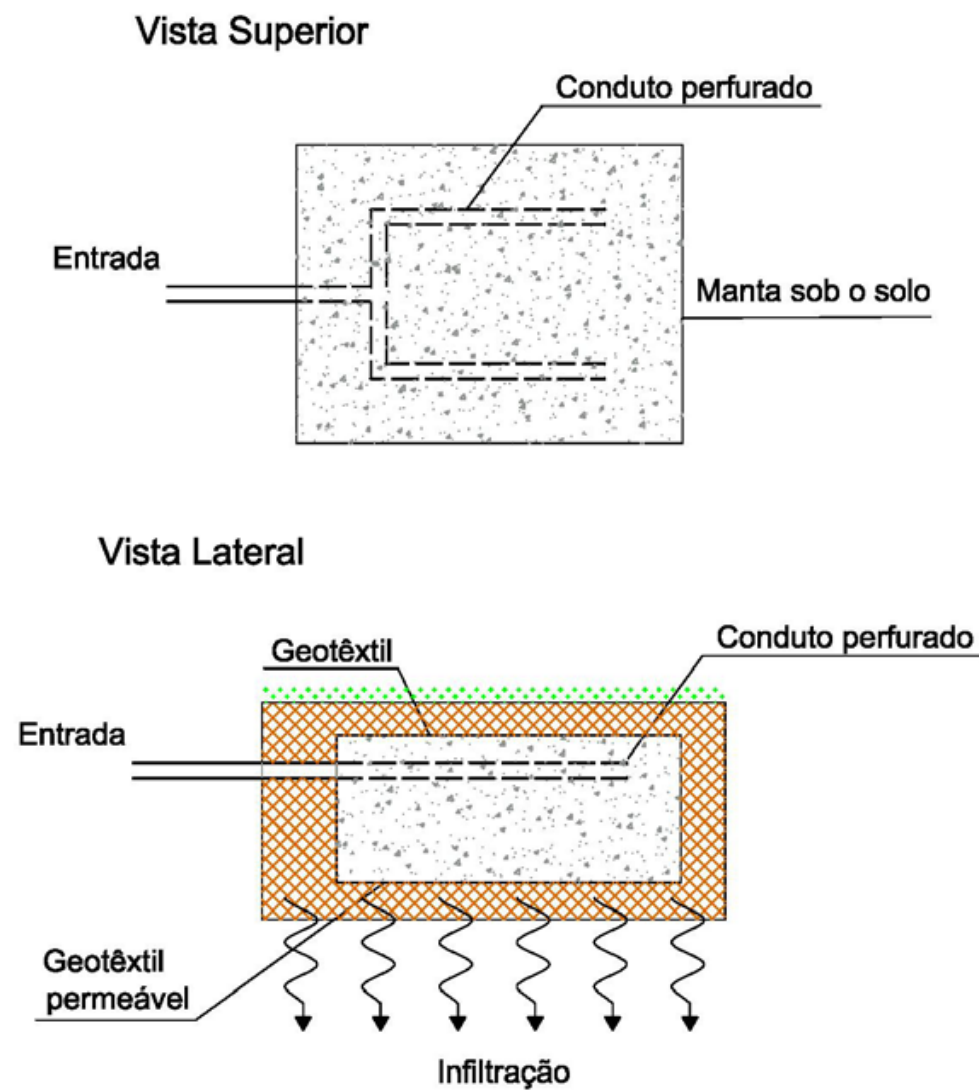


Figura 1.6 – Manta de infiltração.

Dimensionamento de pavimentos permeáveis e sistemas de infiltração em planos:

O procedimento adotado por CIRIA (1996) pode ser adaptado para os projetos dos sistemas de infiltração em planos e os pavimentos permeáveis. Os dados requeridos são os seguintes:

q : coeficiente de infiltração (m/h);

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

A : área a ser drenada (m^2);

ϕ : porosidade efetiva do material de preenchimento (volume de vazios/volume total);

I : intensidade da chuva em (mm/h);

t : a duração (h);

A_b área base do sistema de infiltração (m^2)

Pode-se então dimensionar a profundidade máxima do dispositivo ($h_{\max}$), da seguinte maneira:

1. Corrigir o coeficiente de infiltração q , dividindo o valor achado nos testes de campo pelo fator de segurança apropriado (Tabela 1.10);
2. Achar a porosidade efetiva do material de preenchimento granular ou estimar o valor na Tabela;
3. Calcular a razão de drenagem $R = A/A_b$, onde A é a área a ser drenada e A_b a área da base da superfície de infiltração;
4. Calcular a intensidade de chuva I , função da IDF adotada, da duração t e do tempo de retorno TR (estruturas de controle na fonte $TR=10$ anos);
5. Calcular $h_{\max}$

$$h_{\max} = \frac{t}{\phi} \cdot (R \cdot I - q) \quad (6.2)$$

6. Repita 4 e 5 para várias durações de chuva;
7. Selecione o maior valor dentre os obtidos no passo 6.

Se q excede $R \cdot I$, $h_{\max}$ assumirá valores negativos. Isto significa que toda água precipitada em um intervalo de tempo, infiltra, neste mesmo intervalo de tempo. Para o pavimento permeável, $R = 1$ e o passo 3 é omitido. Neste caso, a máxima profundidade é dada por:

$$h_{\max} = \frac{t}{\phi} \cdot (I - q) \quad (6.3)$$

Caso se deseje o inverso, ou seja, dado $h_{\max}$, calcular A_b , o procedimento é o seguinte:

1. Obter o coeficiente de infiltração q , dividindo o valor achado nos testes de campo pelo fator de segurança apropriado (Tabela);
2. Achar a porosidade efetiva do material de preenchimento granular ou estime o valor da (Tabela);
3. Fornecer a área a ser drenada A e a profundidade máxima permitida, $h_{\max}$
4. Calcular a intensidade de chuva I , função da IDF adotada, da duração t e do tempo de retorno
 - (i) Calcule $A \cdot I \cdot t$, $\phi \cdot h_{\max}$ e $q \cdot t$
 - (ii) Calcular A_b

$$A_b = \frac{A \cdot I \cdot t}{\phi \cdot h_{\max} + q \cdot t} \quad (6.4)$$

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

5. Repita 4 e 5 para várias durações de chuva;
 - (i) Selecione o maior valor dentre os obtidos no passo 5.
 - (ii) Se a área é inaceitavelmente grande, aumente $h_{\max}$ ou diminua A e repita o processo a partir do passo 3.

O sistema deverá prever o esgotamento do volume num período de 6 a 12 horas. O tempo de esvaziamento para este fim é dado pela seguinte expressão:

$$t_{\text{esv}} = \frac{\phi \cdot h_{\max}}{q} \quad (6.5)$$

1.6.3.4 Descrição de sistemas de infiltração

Bacias de infiltração

Trata-se de uma área de solo circundada por uma margem ou contenção que retém as águas pluviais até que estas infiltrem através da base e dos lados (Figura 1.7). Em geral são escavadas, mas podem ser aproveitadas pequenas encostas já existentes no terreno.

Podem ser utilizadas para, parcialmente, atenuarem picos de cheias juntamente com a função principal de estimular a infiltração. Quando o solo permite bastante infiltração, pode ocorrer uma subida não desejada e não prevista do lençol freático, causando falha do dispositivo, pois ocorre uma diminuição da capacidade de infiltração. O projetista deve tentar estimar esta subida do nível de água subterrâneo quando a área da superfície infiltrante for menor que 50% da área impermeável tributária. Estes dispositivos apresentam uma tendência a perderem rapidamente a sua capacidade de infiltração (Urbonas e Stahre, 1993). O método de dimensionamento é o tridimensional de CIRIA (1996), apresentado a seguir.

Valos de infiltração

Estes são dispositivos de drenagem lateral, muitas vezes utilizados paralelos às ruas, estradas, estacionamentos e conjuntos habitacionais, entre outros (Figura 1.10). Esses valos concentram o fluxo das áreas adjacentes e criam condições para uma infiltração ao longo do seu comprimento, de forma que eles também podem agir como canais, armazenando e transportando água para outros dispositivos de drenagem.

Para facilitar ainda mais a infiltração, podem ser instaladas pequenas contenções ao longo do comprimento, transversalmente ao sentido do escoamento. Urbonas e Stahre (1993) recomendam isto quando a declividade for maior ou igual a 2%. Neste caso, o funcionamento dos valos se assemelha ao das bacias de infiltração.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

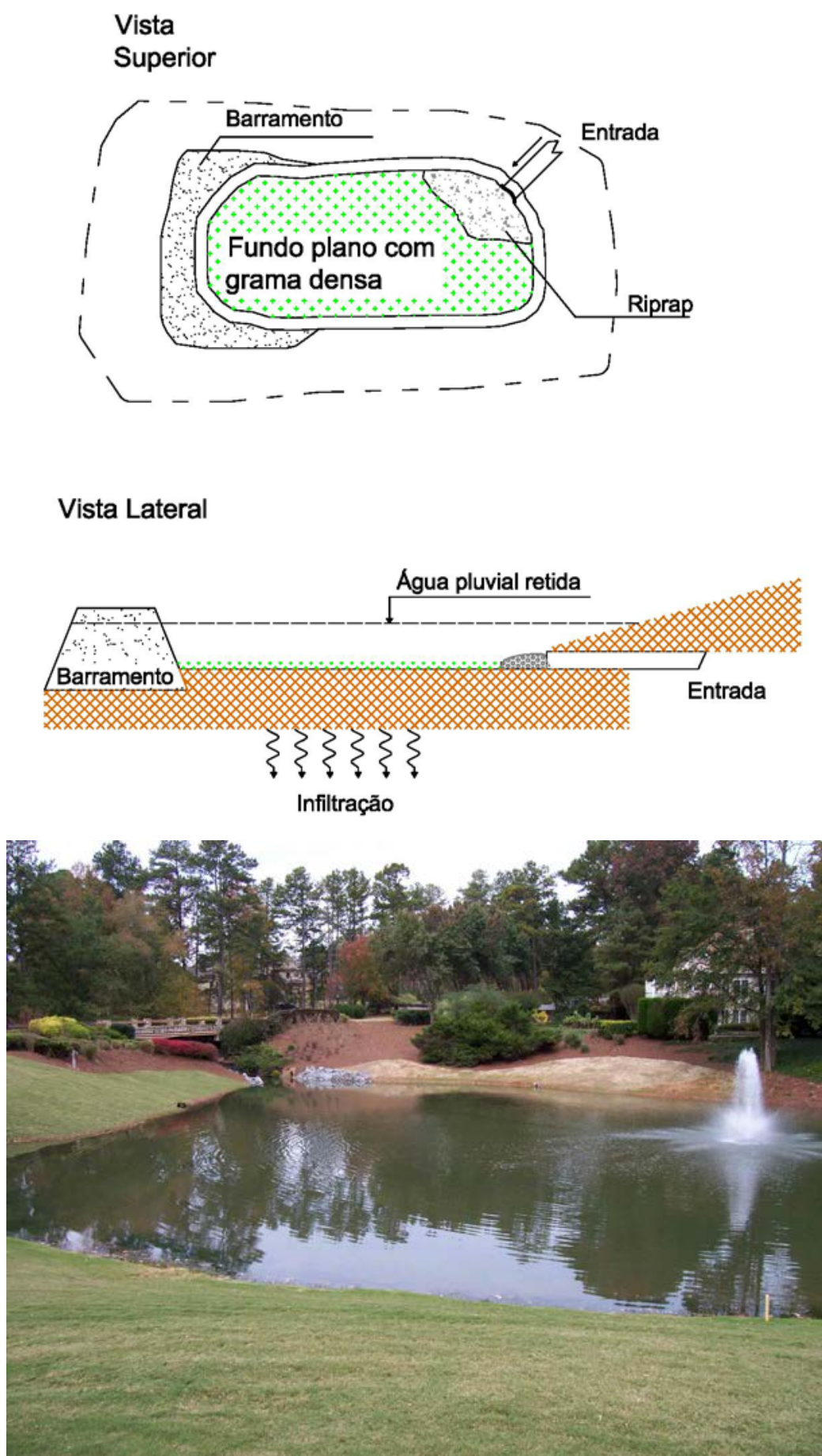


Figura 1.7 – Bacia de infiltração (CIRIA, 1996).

Esse dispositivo funciona, na realidade, como um reservatório de detenção, à medida que a drenagem que escoar para o valo é superior à capacidade de infiltração. Nos períodos com pouca precipitação ou de estiagem, ele é mantido seco. Permite também a redução da quantidade de poluição transportada para jusante. Na Figura 1.8, é apresentada uma vista geral, mostrando sua aplicação. Na Figura 1.9, pode-se ver um caso especial, onde o valo vem acompanhado de um dispositivo de infiltração. Também são apresentados elementos para construção desse tipo de valo.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

O método de dimensionamento é o tridimensional, de CIRIA (1996), apresentado a seguir, para o valo de infiltração. O método serve somente para o caso de não haver escoamento, ou seja, o valo não funcionar como canal.



Figura 1.8 – Valo de infiltração (CIRIA, 1996).

Poços de infiltração

Consiste de uma escavação em forma cilíndrica ou retangular com uma estrutura ou preenchimento de pedras para manter a forma da escavação. Em locais maiores, vários poços podem ser conectados. Quando da ocorrência de um evento, parte da água fica armazenada, enquanto parte infiltra na base e nas laterais (CIRIA, 1996). Podem ser construídos de anéis de concreto perfurado, pré-moldados, etc.

Na Figura 1.10 é apresentada uma opção, em forma de trincheira, sendo semelhante a uma trincheira de infiltração. Os dispositivos para retenção de

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

sedimentos na entrada do dispositivo devem ser limpos regularmente, com frequência maior quando a área for grande ou com muita presença de material que possa causar obstrução. A metodologia de dimensionamento é para estruturas tridimensionais.

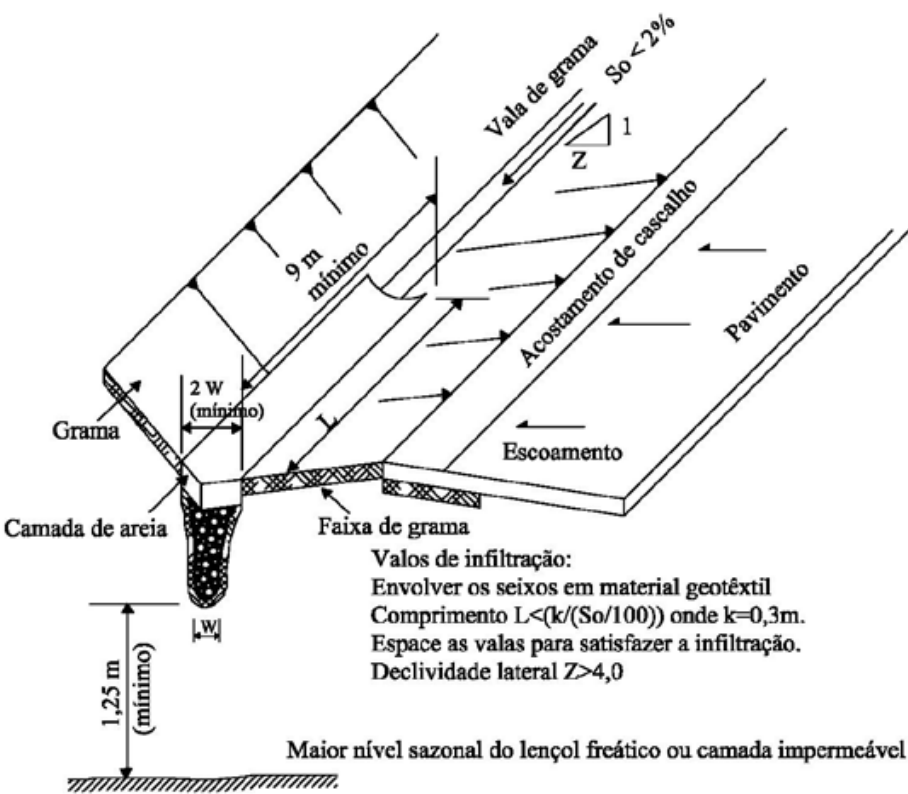


Figura 1.9 – Detalhe construtivo do valo com dispositivo de percolação.

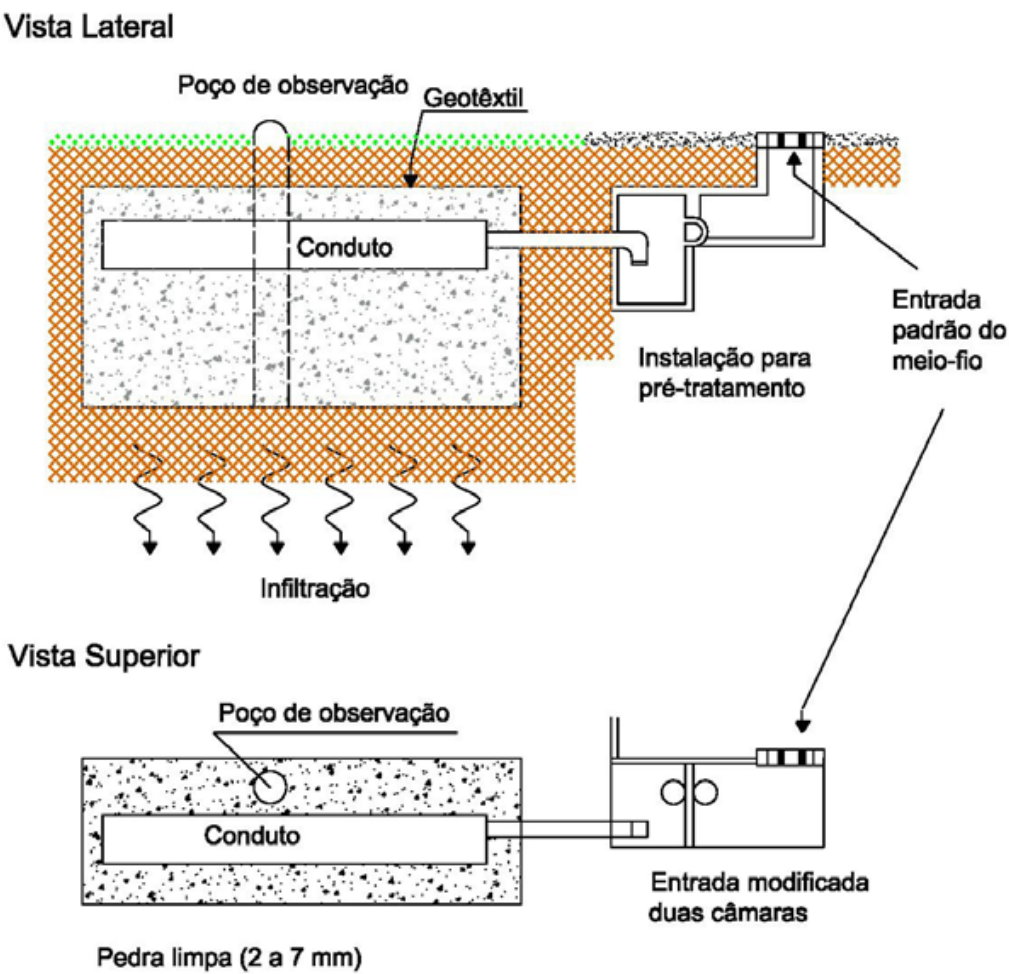


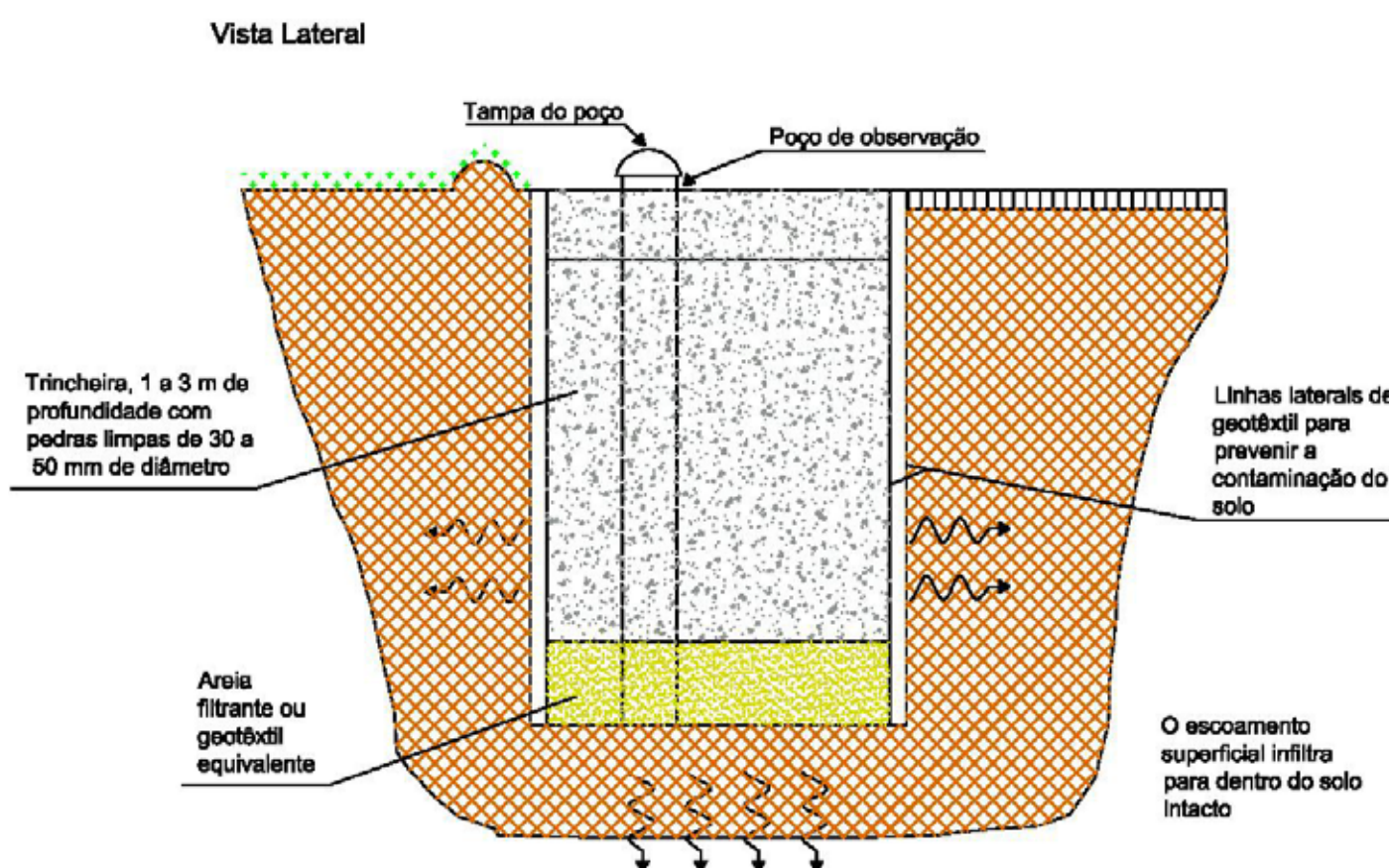
Figura 1.10 – Poço de infiltração em forma de trincheira (CIRIA, 1996).

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Trincheira de infiltração

As trincheiras de infiltração são construídas para recolher a água do telhado e criar condições de escoamento através do solo. Essas estruturas são construídas removendo-se o solo e preenchendo-o com cascalho, que cria o espaço para o armazenamento. De acordo com o solo, é necessário criar-se maiores condições de drenagem.

A principal dificuldade encontrada com o uso desse tipo de dispositivo é o entupimento dos espaços entre os elementos pelo material fino transportado, portanto é recomendável o uso de um filtro de material geotêxtil. De qualquer forma, é necessário a sua limpeza após algum tempo (Urbonas e Stahre, 1993). Um exemplo de trincheira de infiltração é mostrado na Figura 1.11.



CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana



Figura 1.11 – Trincheira de infiltração (CIRIA, 1996).

1.6.3.5 Critérios de projeto para sistemas que infiltram na base e nas laterais

Dimensionamento dos dispositivos: bacias, valos, poços de infiltração e trincheiras de infiltração (CIRIA, 1996)

O método de dimensionamento recomendado é o de CIRIA (1996), para sistemas de infiltração tridimensionais. Os dados necessários são os seguintes: q , coeficiente de infiltração (m/h); A , área a ser drenada (m²); ϕ é a porosidade efetiva do material de preenchimento (volume de vazios/volume total); I , intensidade da chuva em (m/h); d a duração (h) e A_b , área base do sistema de infiltração (m²). Pode-se então dimensionar a profundidade máxima do dispositivo ($h_{\max}$), da seguinte maneira:

1. Corrigir o coeficiente de infiltração q , dividindo o valor achado nos testes de campo pelo fator de segurança apropriado (Tabela);
2. Achar a porosidade efetiva do material de preenchimento granular, ou estimá-lo da Tabela. Se a estrutura é aberta, como ocorre com as bacias e os valos de infiltração, $\phi = 1$. Caso a estrutura seja um poço de infiltração em formato cilíndrico, perfurado e instalado em um plano de escavação (retangular ou circular), com o espaço entre o anel e o solo sendo preenchido com pedra limpa, a porosidade efetiva tem que ser calculada por:

$$\phi' = \frac{\pi \cdot r'^2 + \phi \cdot (W \cdot L - \pi \cdot r'^2)}{W \cdot L} \quad (6.6)$$

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

onde: r' : raio das seções dos anéis; W : largura de escavação e; L : comprimento de escavação.

3. (i) Fornecer a área a ser drenada (A) e a área da superfície de infiltração (A_b); (ii) Escolha o tipo e a forma do sistema de infiltração, isto é, se a estrutura será um poço de infiltração cilíndrico ou retangular, trincheira de infiltração, valo ou bacia de infiltração;
4. Adotando as dimensões requeridas, isto é: o raio, no caso de poço de infiltração cilíndrico; a largura e o comprimento para o sistema retangular – parte-se para o cálculo da área da base A_b , e o perímetro, P ;
5. Determine o valor do coeficiente b :

$$b = \frac{P \cdot q}{A_b \cdot \phi} \quad (6.7)$$

6. Calcular a intensidade de chuva I , a partir da equação IDF do local, para a duração de tempo t e do tempo de retorno TR ;
7. Determine o valor de a :

$$a = \frac{A_b}{P} - \frac{A \cdot I}{P \cdot q} \quad (6.8)$$

8. Calcular $h_{\max}$

$$h_{\max} = a \cdot (e^{-b \cdot t} - I) \quad (6.9)$$

9. Repetir os passos 6 a 8 para várias durações de chuva;

10. (i) Tomar o maior valor de $h_{\max}$

(ii) Se $h_{\max}$ é inaceitavelmente alta, retornar ao passo 4 e aumentar as dimensões

(iii) Se $h_{\max}$ é ainda inaceitavelmente alta:

Retorne ao passo 3(i) e reduza a área drenada a um sistema individual, ou Retorne ao passo 3(ii) e escolha um tipo diferente de sistema

Sugere-se que a taxa de infiltração seja tal que o dispositivo esvazie pela metade em 24 horas. O tempo de esvaziamento para este fim é dado pela seguinte expressão:

$$t_{\text{esv}} = \frac{\phi \cdot A_b}{q \cdot P} \cdot \ln \left(\frac{h_{\max} + \frac{A_b}{P}}{\frac{h_{\max}}{2} + \frac{A_b}{P}} \right) \quad (6.10)$$

A seguir é apresentado outro procedimento de projeto, semelhante ao anteriormente apresentado para bacias de percolação ou trincheira de infiltração. O método utiliza o volume máximo, ao invés da profundidade máxima, e segue a recomendação de Urbonas e Stahre (1993). Os autores recomendam a utilização do “rain-envelope-method” (método da curva envelope, apresentado na Figura 1.4), que é um método simples, de aplicação direta dos dados de caracterização do local de implantação e da curva IDF. O método baseia-se na determinação dos

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

volumes acumulados de entrada e saída do dispositivo. O volume do dispositivo deverá ser suficiente para armazenar a máxima diferença entre os volumes acumulados de entrada e saída (levando-se em consideração a porosidade do material de preenchimento).

Dimensionamento de trincheiras de infiltração/percolação – “Rain-envelope-method” (Urbonas e Sthare, 1993):

1. Para determinar o volume de projeto afluente à estrutura de infiltração ou percolação, utiliza-se a equação 6.11. Desta forma, obtém-se o volume afluente acumulado através da multiplicação da vazão pelo tempo, para diversas durações de chuva.

$$V_e = 1,25 \cdot \left[3600 \cdot C \cdot \left(\frac{I_T}{1000} \right) \cdot t \cdot A \right] \quad (6.11)$$

onde: V_e : volume total escoado no tempo t para uma precipitação de T anos de retorno (m^3); C : coeficiente de escoamento; I_T : intensidade da precipitação de T anos de retorno ($l/s/ha$); t : duração da precipitação (h); A : área da bacia de contribuição (ha).

Para o dimensionamento pode-se considerar que apenas as áreas impermeáveis estarão contribuindo para a estrutura, tendo um coeficiente de escoamento (C) entre 0,85 e 0,95 (Urbonas e Stahre, 1993).

2. Estimar as dimensões iniciais da trincheira e determinar o volume da estrutura (V_T) para estas dimensões, conforme a equação 6.12.

$$V_T = L \cdot h \cdot b \quad (6.12)$$

onde: V_T : volume da trincheira (m^3); L : comprimento da trincheira (m); h : altura da trincheira (m); b : largura da trincheira (m).

3. Construir a curva de volumes acumulados de saída (V_s), com base na condutividade hidráulica saturada e nas dimensões atuais.

$$V_s = k \frac{A_{perc}}{2} \cdot 3600 \cdot t \quad (6.13)$$

onde: V_s : volume acumulado de saída, para diversas durações t ; k : condutividade hidráulica saturada; A_{perc} : área de infiltração ou percolação; t : duração da precipitação (h);

Uma vez que os solos tendem a se tornarem gradualmente colmatados com o tempo, reduzindo sua condutividade hidráulica disponível, é recomendado que a condutividade de seja reduzida por um fator de segurança. Recomenda-se que o valor seja reduzido por um coeficiente de segurança 2 ou 3, de acordo com o local onde está inserida a estrutura de percolação.

A área de percolação (A_{perc}) corresponde à área das paredes laterais da estrutura de infiltração, podendo ser determinada pela equação 6.14.

$$A_{perc} = 2 \cdot h \cdot (b + L) \quad (6.14)$$

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

onde h , b e L são as características das dimensões da trincheira.

4. Identificar o ponto de máxima diferença entre as curvas de volume afluente (V_e) e o volume de saída da trincheira (V_s). A máxima diferença corresponde ao volume (V) da trincheira.

$$V = \max(V_e - V_s) \quad (6.15)$$

5. Considerando a porosidade do material que será usado para o preenchimento, determinar o volume necessário para o armazenamento (V_{dim}).

$$V_{dim} = V / \phi \quad (6.16)$$

onde ϕ é a porosidade do material.

6. Comparar o volume da trincheira (V_T) com o volume de dimensionamento (V_{dim}):
 - se $V_T \gg V_{dim} \Rightarrow$ reduzem-se as dimensões da trincheira e recomeçar no passo 3;
 - se $V_T < V_{dim} \Rightarrow$ aumentam-se as dimensões da trincheira e recomeça-se no passo 3;
 - se $V_T \geq V_{dim} \Rightarrow$ fim do processo de dimensionamento.

Mesmo com todos os critérios alcançados, o solo pode não ter uma condutividade hidráulica (k) suficiente para esvaziar a instalação, no tempo adotado, utilizando somente a percolação. Por isso, pode ser viável a colocação de um conduto de saída que coleta a água da bacia de percolação e descarrega esta água lentamente através de um orifício ou uma válvula de estrangulamento.

Recomenda-se o uso deste auxílio em solos com $2 \times 10^{-5} < k < 5 \times 10^{-4} \text{m/s}$ (Urbonas e Stahre, 1993). O conduto auxiliar de saída deve sempre ser equipado com um restritor de fluxo, que por sua vez, é projetado para fornecer uma taxa total de saída (percolação através do solo mais conduto auxiliar) equivalente a uma bacia tendo uma taxa de percolação de $5 \times 10^{-4} \text{m/s}$.

1.6.4 Dispositivos de Armazenamento

O efeito do armazenamento no escoamento no hidrograma de pequenas áreas pode ser observado na Figura 1.12. O escoamento das superfícies urbanas tem pequeno tempo de concentração em lotes em virtude das pequenas áreas. O hidrograma tende a apresentar um patamar de escoamento para precipitações altas de duração média. O efeito do volume na retenção é de diminuição do pico, como mostra a referida figura.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

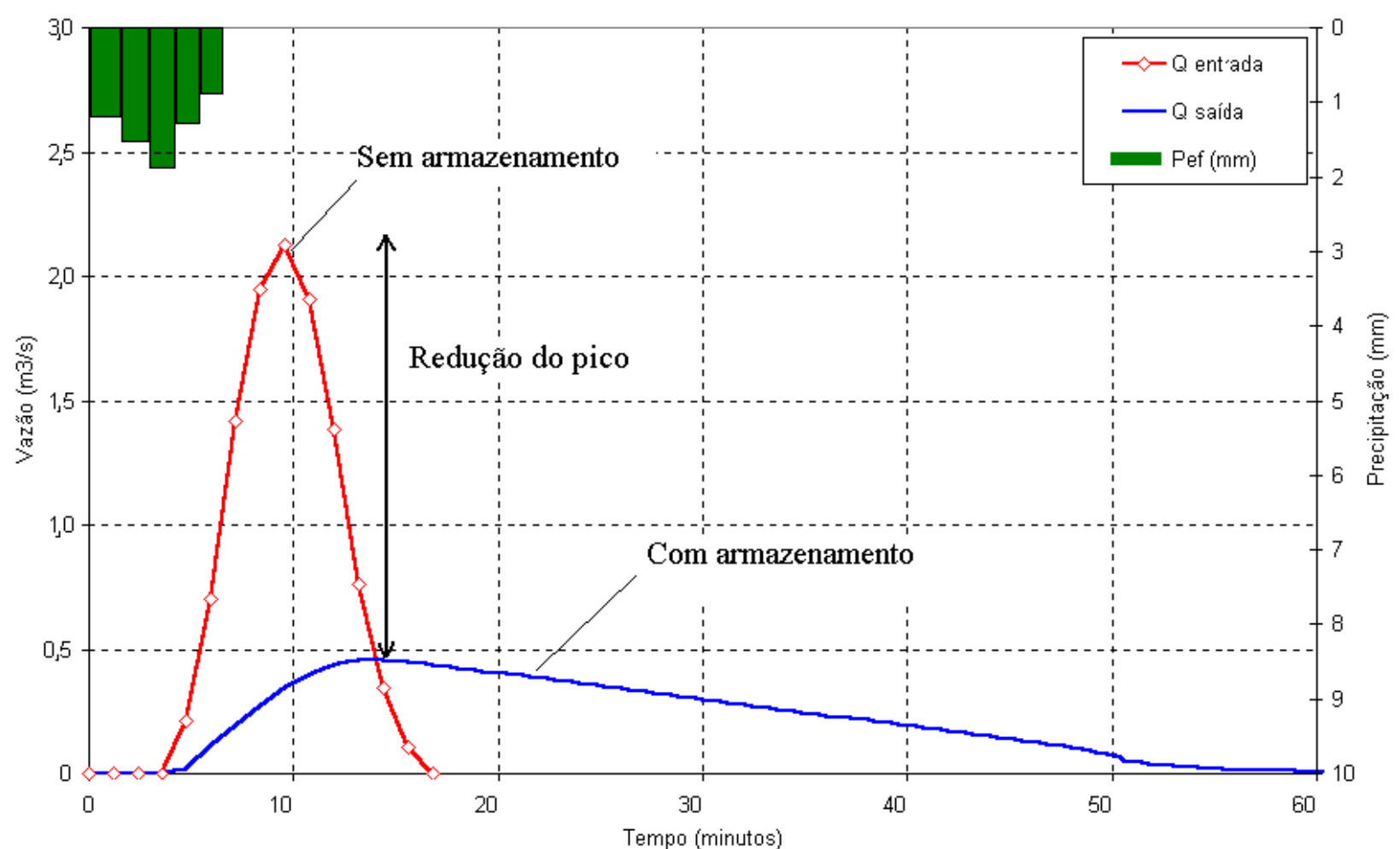


Figura 1.12 – Hidrogramas típicos de pequenas áreas urbanas, onde o tempo de concentração é muito pequeno.

O armazenamento pode ser efetuado em pequenos reservatórios distribuídos no lote, em passeios, gramados, estacionamentos e áreas esportivas. Portanto, o armazenamento no lote pode ser utilizado para amortecer o escoamento, em conjunto com outros usos, como abastecimento de água, irrigação de grama e lavagem de superfícies ou de automóveis.

Um reservatório para controle na fonte pode ser aberto, utilizando o relevo do terreno, enterrado em concreto, de tijolos ou de pedra. Uma configuração padrão pode ser observada na Figura 1.13.

Existe uma infinidade de reservatórios de detenção que podem ser utilizados em um lote. As condições básicas de seu dimensionamento são:

- Limite da vazão de saída da área;
- Volume que permitirá o controle da vazão da saída.
- Além da limitação da legislação existem as restrições físicas:
- Cota da rede pluvial;
- Cota do terreno.

Em alguns casos, a cota da rede pluvial limita a profundidade de escavação e a cota onde o conduto de saída deve se posicionar, considerando a sua declividade. Com base nesta profundidade de escavação será determinada a área necessária para atender ao volume do reservatório. Quando não existir esta restrição, pode-se otimizar as dimensões do mesmo.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

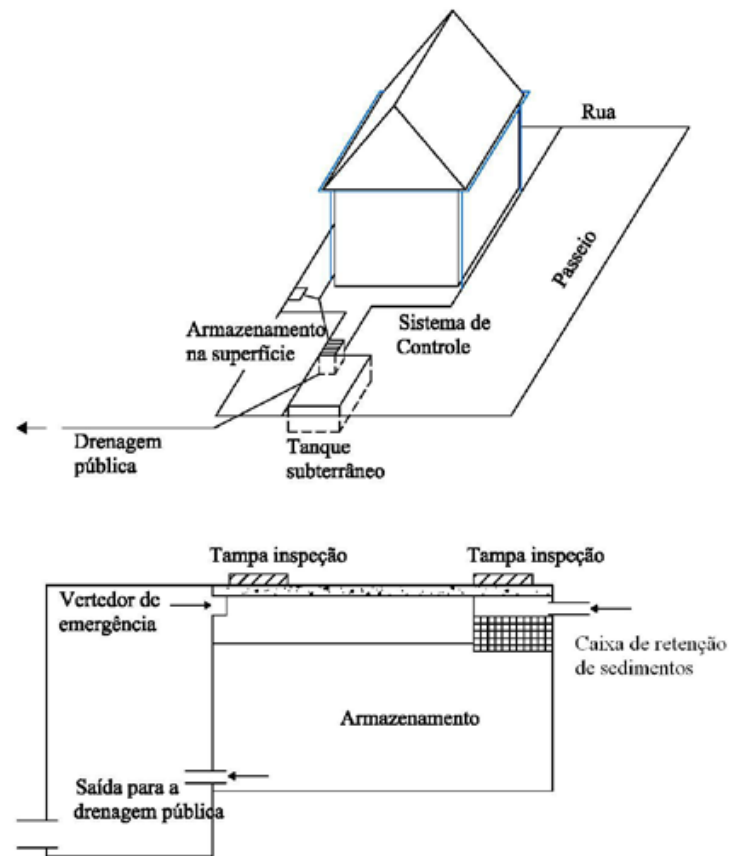


Figura 1.13 - Detenção na fonte.

Geralmente, os dispositivos abertos, quando possível são os mais recomendados, pois podem integrar-se ao paisagismo da área com custo menor que as detenções enterradas, além de facilitar a limpeza das folhagens que a drenagem transporta. Algumas das áreas típicas que podem ser utilizadas para detenção na fonte são: áreas de estacionamento, parques e passeios.

A seguir é descrita a metodologia para dimensionamento das estruturas de armazenamento para a cidade de Campo Grande/MS, baseada na Proposta Legal para a regulamentação do controle do escoamento na drenagem urbana.

A metodologia apresentada a seguir compreende uma fase de verificação hidráulica, visto que a simples determinação do volume necessário, através do decreto acima mencionado, não garante o adequado funcionamento hidráulico da estrutura.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.6.4.1 Determinação da vazão máxima de saída do lote

A vazão de pré-desenvolvimento (Q_{pd}) é determinada a partir da área do lote ou loteamento, para áreas de até 100ha, segundo a equação:

$$Q_{pd} = 28,3.A \quad (6.17)$$

onde: Q_{pd} : vazão de pré-desenvolvimento (l/s); A : área do lote ou loteamento (ha).

1.6.4.2 Determinação do volume de armazenamento

O volume de armazenamento para as áreas de drenagem menores ou iguais a 100 ha deve ser determinado com a equação abaixo:

$$V = 5,85.AI \quad (6.18)$$

onde: V : volume de necessário para armazenamento (m^3/ha); AI : área impermeável do terreno (%).

Para áreas maiores que 100ha, é necessário um estudo hidrológico específico.

1.6.4.3 Determinação da seção do descarregador de fundo

O descarregado de fundo deve ser instalado no reservatório de forma a permitir a liberação gradual da água armazenada. Deve-se instalar o descarregador junto ao fundo do reservatório, evitando assim o acúmulo de água no interior da estrutura. Recomenda-se ainda, que para não haver obstrução do descarregador, seja colocada uma grade antes do mesmo.

Dependendo do tipo de descarregador utilizado, ele pode funcionar como um orifício, ou seja, uma simples abertura na parede lateral do reservatório; ou como um bocal, onde existe um tubo que faz a drenagem para fora da estrutura. Na Figura 1.14 são apresentadas as situações onde o descarregador funciona como orifício (a) e como bocal (b).

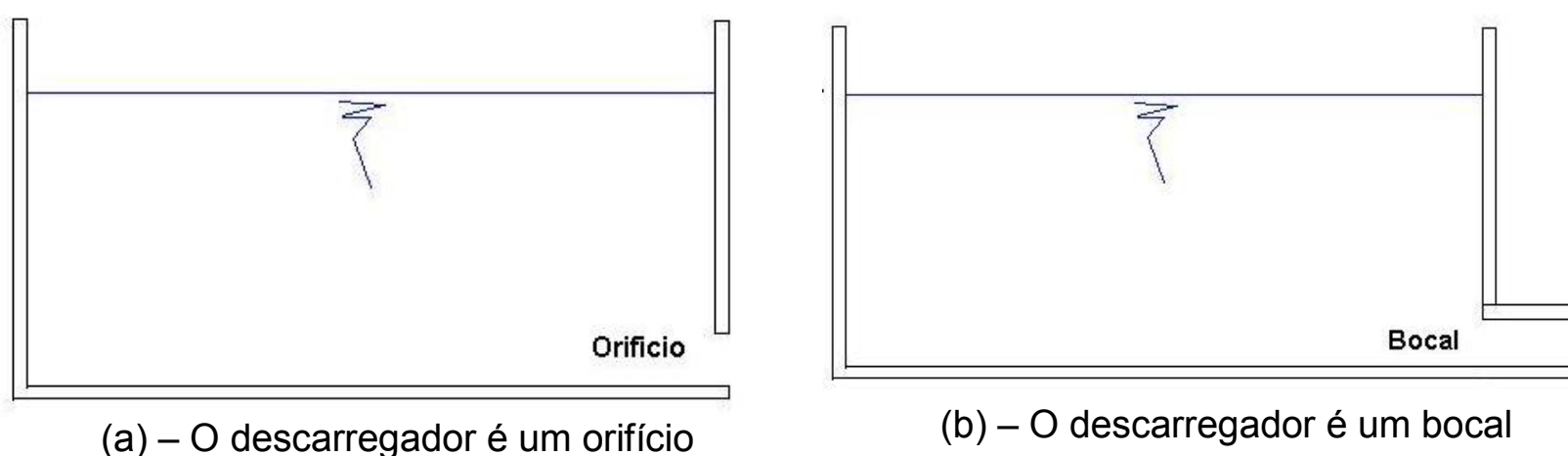


Figura 1.14 – Característica do descarregador de fundo.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Para determinar a área da seção transversal do descarregador de fundo pode-se utilizar a equação 6.19 para o caso de um orifício ou a equação 6.20 para o caso de um bocal.

$$A_c = \frac{0,37.Q_{pd}}{\sqrt{h_c}} \quad (6.19)$$

$$A_c = \frac{0,45.Q_{pd}}{\sqrt{h_c}} \quad (6.20)$$

onde:

Q_{pd} : vazão de pré-desenvolvimento, determinada com a equação 6.17 (m³/s) ;

h_c : diferença entre o nível máximo da água e o ponto médio da abertura da seção de saída (m) - conforme Figura 1.15;

A_c : área da seção transversal do descarregador (m²).

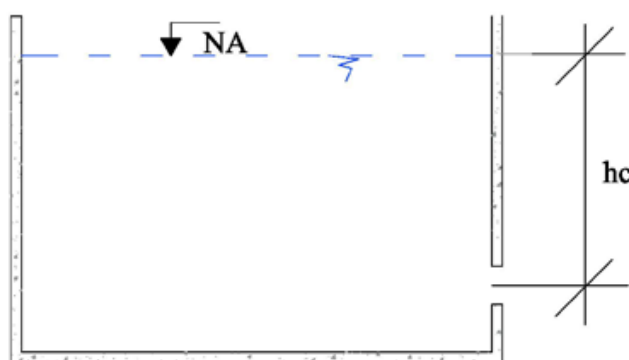


Figura 1.15 – Determinação de h_c em um reservatório.

Recomenda-se que seja utilizado o maior tamanho (diâmetro, área) possível obtido no dimensionamento do descarregador, evitando, por exemplo, a utilização de dois descarregadores. Esta medida evitará possíveis entupimentos da estrutura.

1.6.4.4 Dimensionamento do vertedor de excessos

O vertedor de excessos, como o próprio nome sugere, tem a finalidade de escoar o excesso de água que entra no reservatório, quando ocorrem chuvas com intensidade superior à utilizada no dimensionamento. O vertedor, de acordo com aspectos construtivos utilizados, podem ser de paredes delgadas ou de parede espessa. Esta classificação é:

- Parede delgada: $e < 2/3 h_{max}$,
- Parede espessa: $e \geq 2/3 h_{max}$

onde e é a espessura da parede do vertedor; e h_{max} é a carga máxima desejada no vertedor ($h_{max} = z - z_w$, sendo z é a cota corrente e z_w é a cota da crista). Neste manual recomenda-se a utilização de $h_{max} = 5\text{cm}$. Assim, o vertedor será de parede delgada quando a espessura da parede for menor ou igual a 3cm, e de parede espessa quando a espessura for maior que 3cm.

A vazão de descarga do vertedor (Q_v), deve ser determinada a partir da equação 6.21 (Método Racional).

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

$$Q_v = 0,278.C.I.A \quad (6.21)$$

onde: Q_v : vazão de descarga do vertedor (m^3/s); C : coeficiente de escoamento da área que contribui para a estrutura (entre 0,85 e 0,95); A : área drenada para a estrutura (km^2); I : intensidade da precipitação (mm/h). A intensidade I deve ser obtida a partir da equação IDF do local em estudo, para uma duração igual ao tempo de concentração (t_c), com tempo de retorno de 50 anos. O tempo de concentração deve ser estimada com a equação de Mc Cuen (equação 5.1).

A equação 6.22 deve ser utilizada para o dimensionamento do vertedor com de parede delgada, e a equação 6.23 deve ser utilizada para paredes espessas:

$$L_v = \frac{Q_v}{2,95.C_v.(h_{max})^{1.5}} \quad (6.22)$$

$$L_v = \frac{Q_v}{C_v.1,704.(h_{max})^{1.5}} \quad (6.23)$$

onde: L_v : comprimento da crista do vertedor (m); Q_v : vazão de descarga do vertedor, determinada conforme equação 6.21 (m^3/s); h_{max} : carga sobre o vertedor (m); C_v : coeficiente de descarga do vertedor.

Recomenda-se usar $C_v=0,64$, para vertedores de parede delgada, e $C_v=0,86$ para vertedores de parede espessa, e h_{max} igual a 5cm.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.7 Microdrenagem

A microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais no loteamento ou na rede primária urbana. Neste capítulo, são apresentados os procedimentos convencionais utilizados no projeto de uma rede deste tipo, juntamente com o conceito de controle do aumento da vazão.

O dimensionamento de uma rede de pluviais é baseado nas seguintes etapas:

- subdivisão da área e traçado;
- determinação das vazões que afluem à rede de condutos;
- dimensionamento da rede de condutos;
- dimensionamento das medidas de controle.

Este capítulo tratará, inicialmente, dos elementos físicos do projeto, das definições e dos procedimentos para cálculo da vazão através do Método Racional, do dimensionamento hidráulico da rede e da (s) retenção (ões) do sistema de drenagem.

1.7.1 Dados necessários

Os principais dados necessários à elaboração de um projeto de rede pluvial de microdrenagem são os seguintes:

Mapas: Os principais mapas necessários aos estudos são de situação da localização da área dentro do município, planta geral da bacia contribuinte, localização da área de drenagem, divisor topográfico, etc.

Levantamento Topográfico: o nivelamento geométrico em todas as esquinas, mudança de direção e mudança de greides das vias públicas;

Cadastro: de redes existentes de esgotos pluviais ou de outros serviços que possam interferir na área de projeto;

Urbanização: devem-se selecionar os seguintes elementos relativos à urbanização da bacia contribuinte, nas situações atual e previstas no plano diretor:

- tipo de ocupação das áreas (residências, comércio, praças, etc.);
- porcentagem de área impermeável projetada de ocupação dos lotes;
- ocupação e recobrimento do solo nas áreas não urbanizadas pertencentes à bacia.

Dados relativos ao curso de água receptor: as informações são as seguintes:

- indicações sobre o nível de água máximo do canal/córrego que irá receber o lançamento final;
- levantamento topográfico do local de descarga final.

Adicionalmente, em função da configuração a ser definido será necessário o levantamento de áreas específicas para retenção do escoamento.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.7.2 Configuração da drenagem

Com base na topografia disponível e na rede de drenagem é realizado o traçado da rede pluvial. Para estudar a configuração da drenagem é necessário realizar um processo interativo com o projetista do arranjo e disposição da área, principalmente para que se obtenha um melhor aproveitamento das áreas de detenção ou retenção, de acordo com a filosofia de projeto da área.

1.7.2.1 Critérios para o traçado da rede pluvial

A rede coletora deve ser lançada em planta baixa, de acordo com as condições naturais do escoamento superficial. Algumas regras básicas para o traçado da rede são as seguintes:

- os divisores de bacias e as áreas contribuintes a cada trecho deverão ficar convenientemente assinalados nas plantas;
- os trechos em que o escoamento se dê apenas pelas sarjetas devem ficar identificados por meio de setas;
- as galerias pluviais, sempre que possível, deverão ser lançadas sob os passeios;
- o sistema coletor, em uma determinada via, poderá constar de uma rede única, recebendo ligações de bocas-de-lobo de ambos os passeios;
- a solução mais adequada, em cada rua, é estabelecida, economicamente, em função da sua largura e condições de pavimentação;
- o amortecimento do escoamento é realizado nas áreas baixas junto a drenagem principal. Procura-se localizar a área de amortecimento preferencialmente junto a saída do sistema projetado;
- preferencialmente os sistemas de detenções devem estar integrados de forma paisagística na área, neste caso, poderá ser necessário utilizar detenções ou retenções internas ao parcelamento na forma de lagos permanentes ou secos integrados ao uso previsto para a área;
- o projeto deve estabelecer a área máxima impermeável de cada lote do parcelamento, além das áreas comuns.

1.7.2.2 Componentes da rede hidráulica

Bocas-de-Lobo - as bocas-de-lobo devem ser localizadas de maneira a conduzirem, adequadamente, as vazões superficiais para a rede de condutos. Nos pontos mais baixos do sistema viário, deverão ser, necessariamente, colocadas bocas-de-lobo com vistas a se evitar a criação de zonas mortas com alagamentos e águas paradas.

Poços de Visita - os poços de visita devem atender às mudanças de direção, de diâmetro e de declividade à ligação das bocas-de-lobo, ao entroncamento dos diversos trechos e ao afastamento máximo admissível.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Galerias circulares - o diâmetro mínimo das galerias de seção circular deve ser de 0,30m. Os diâmetros comerciais correntes são: 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20 e 1,50m. Alguns dos critérios básicos de projeto são os seguintes:

- as galerias pluviais são projetadas para funcionamento a seção plena com a vazão de projeto. A velocidade máxima admissível determina-se em função do material a ser empregado na rede. Para tubo de concreto, a velocidade máxima admissível é de 4,0m/s, a velocidade mínima é de 0,80m/s;
- o recobrimento mínimo da rede deve ser de 1,00m, quando forem empregadas tubulações sem estrutura especial. Quando, por condições topográficas, forem utilizados recobrimentos menores, as canalizações deverão ser projetadas do ponto de vista estrutural.

1.7.2.3 Controle da vazão utilizando amortecimento

Os reservatórios são utilizados de acordo com o objetivo do controle desejado. Esse dispositivo pode ser utilizado para:

Controle da vazão máxima: Este é o caso típico de controle dos efeitos de inundação sobre áreas urbanas. O reservatório é utilizado para amortecer o pico da vazão a jusante, reduzindo a seção hidráulica dos condutos e procurando manter as condições de vazão pré-existente na área desenvolvida.

Controle do volume: normalmente, esse tipo de controle é utilizado quando o escoamento cloacal e pluvial são transportados por condutos combinados ou quando recebe a água de uma área sujeita a contaminação. Como a capacidade de uma estação de tratamento é limitada, é necessário armazenar o volume para que possa ser tratado. O reservatório também é utilizado para a deposição de sedimentos e depuração da qualidade da água, mantendo seu volume por mais tempo dentro do reservatório. O *tempo de detenção*, que é a diferença entre o centro de gravidade do hidrograma de entrada e o de saída, é um dos indicadores utilizados para avaliar a capacidade de depuração do reservatório.

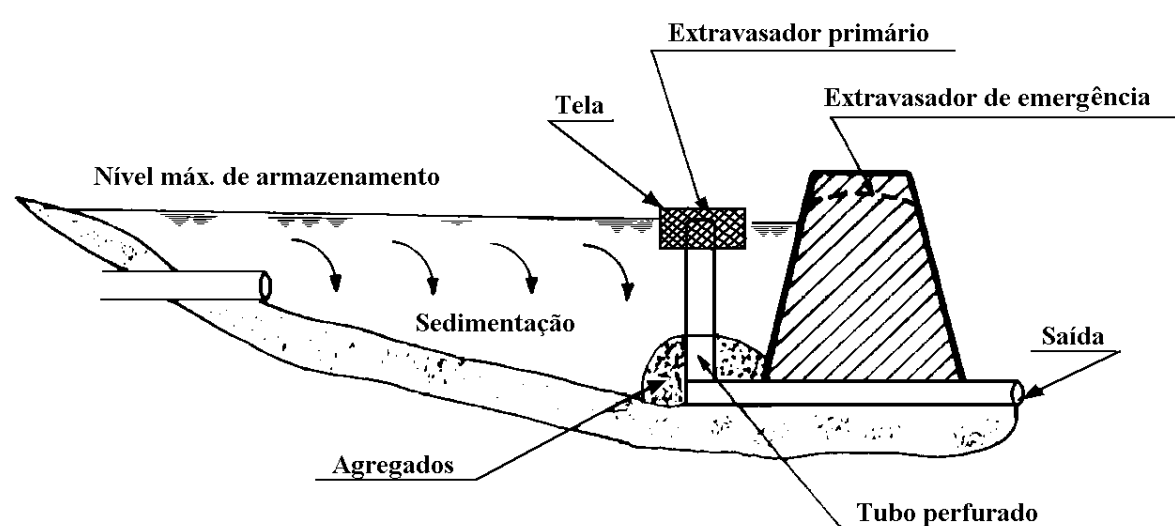
Controle de material sólido: quando a quantidade de sedimentos produzida é significativa, esse tipo de dispositivo pode reter parte dos sedimentos para que sejam retirados do sistema de drenagem.

Os reservatórios podem ser dimensionados para manterem uma lâmina permanente de água (*retenção*), ou secarem após o seu uso, durante uma chuva intensa para serem utilizados em outras finalidades (*detenção*) (Figura 1.16). A vantagem da manutenção da lâmina de água e do consequente volume morto é que não haverá crescimento de vegetação indesejável no fundo, sendo o reservatório mais eficiente para controle da qualidade da água. O seu uso integrado, junto a parques, pode permitir um bom ambiente recreacional. A vantagem de utilização do dispositivo seco é que pode ser utilizado para outras finalidades. Uma prática comum consiste em dimensionar uma determinada área do reservatório para escoar uma cheia frequente, como a de dois anos, e planejar a área de extravasamento com paisagismo e campos de esporte para as cheias acima da cota referente ao risco mencionado. Quando a mesma ocorrer, será

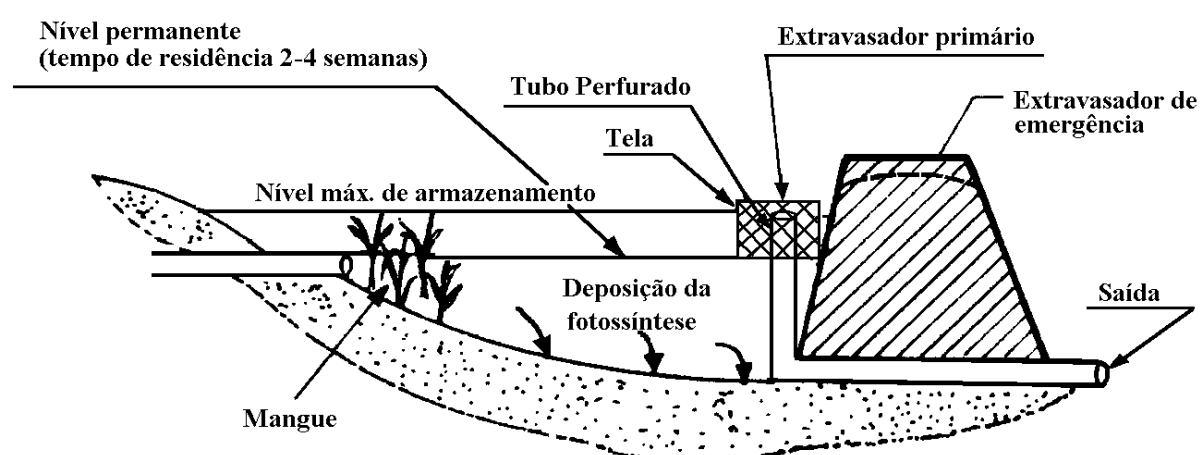
CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

necessário realizar apenas a limpeza da área atingida, sem maiores danos a montante ou a jusante.

As bacias de detenção são projetadas, principalmente, para controle da vazão, com esvaziamento de até seis horas e com pouco efeito sobre a remoção de poluentes. Aumentando-se a detenção para 24 a 60 h, poderá haver melhora na remoção de poluentes (Urbonas e Roesner, 1994), sendo que para esta finalidade é mais indicado o uso de um reservatório de retenção.



a - reservatório de detenção



b - reservatório de retenção

Figura 1.16 – Reservatórios para controle de material sólido (Maidment, 1993).

1.7.2.4 Disposição dos componentes

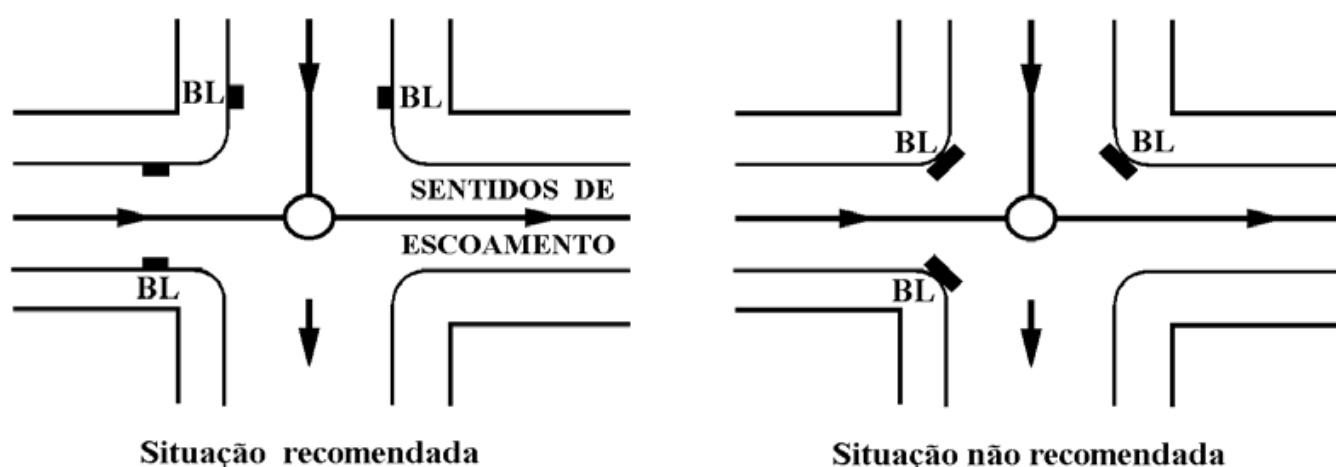
Traçado preliminar - através de critérios usuais de drenagem urbana, devem ser estudados diversos traçados da rede de galerias, considerando-se os dados topográficos existentes e o pré-dimensionamento hidrológico e hidráulico. A definição da concepção inicial é mais importante para a economia global do sistema do que os estudos posteriores de detalhamento do projeto, de especificação de materiais, etc.

Esse trabalho deve ser desenvolvido simultaneamente ao plano urbanístico das ruas e das quadras, pois, caso contrário, ficam impostas, ao sistema de drenagem, restrições que levam sempre a maiores custos. O sistema de galerias

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

deve ser planejado de forma homogênea, proporcionando, a todas as áreas, condições adequadas de drenagem.

Coletores - existem duas hipóteses para a locação da rede coletora de águas pluviais: (i) no passeio, a 1/3 da guia (meio-fio) e (ii) a menos utilizada, sob o eixo da via pública (Figura 1.17). Além disso, deve possibilitar a ligação das canalizações de escoamento das bocas-de-lobo.



a) Rede coletora no eixo da via pública

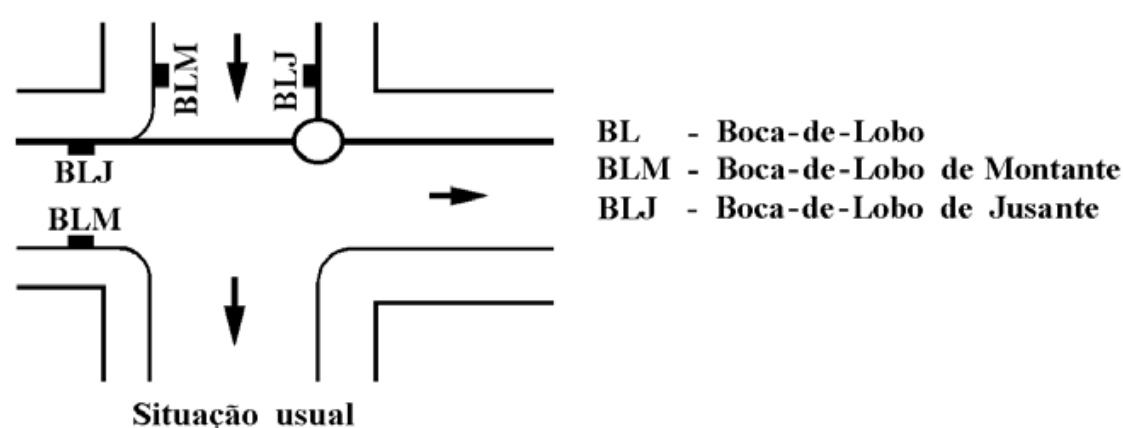


Figura 1.17 – Rede coletora.

Bocas-de-Lobo - a locação das bocas-de-lobo deve considerar asseguintes recomendações:

- serão locadas em ambos os lados da rua, quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
- serão locadas nos pontos baixos da quadra;
- a localização das bocas-de-lobo deve ser determinada através do cálculo da capacidade hidráulica da sarjeta, considerando-se uma altura do meio-fio de 0,15m e uma largura da lâmina d'água variável;
- a melhor solução para a instalação de bocas-de-lobo é que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas;
- não é conveniente a sua localização junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes, pelos seguintes motivos: (i) os pedestres, para cruzarem uma rua, teriam que saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial; (ii) as torrentes convergentes pelas di-

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

ferentes sarjetas teriam, como resultante, um escoamento de velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca-de-lobo.

Poços de visita e de queda - o poço de visita tem a função primordial de permitir o acesso às canalizações para limpeza e inspeção, de modo que se possam mantê-las em bom estado de funcionamento. Sua locação é sugerida nos pontos de mudanças de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudanças de declividade e mudança de diâmetro. O espaçamento recomendado para os poços de visita é de 50 m.

Detenção ou retenção: Como foi mencionado acima, os reservatórios podem ser abertos ou enterrados, de acordo com as condições para sua localização. Em locais onde o espaço seja reduzido ou que seja necessário manter-se uma superfície superior integrada com outros usos, pode-se utilizar reservatórios subterrâneos; no entanto, o custo desse tipo de solução é superior ao dos reservatórios abertos.

Quando o sistema descarrega diretamente o volume drenado para o reservatório, trata-se de uma reservação do tipo on-line. No caso em que o escoamento é transferido para a área de amortecimento somente após atingir uma certa vazão, o sistema é denominado off-line.

Quanto à localização dos reservatórios, pode-se dizer que ela dependerá dos seguintes fatores:

- em áreas muito urbanizadas, a localização depende da disponibilidade de espaço e da capacidade de interferir no amortecimento. Se existe espaço somente a montante, que drena pouco volume, o efeito será reduzido;
- em áreas a serem desenvolvidas, deve-se procurar localizar o reservatório nas regiões de baixo valor econômico, aproveitando as depressões naturais ou parques existentes. Um bom indicador de localização são as áreas naturais que formam pequenos lagos antes do seu desenvolvimento.

1.7.3 Determinação da vazão de projeto para rede de microdrenagem: Método Racional

O método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas. Para o dimensionamento de redes, utilizando o método racional, adota-se como limite uma área de até 2km².

Os princípios básicos do Método Racional são:

- a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;
- adota um coeficiente único de perdas, denominado C, estimado com base nas características da bacia;
- não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões, portanto não pode ser utilizado para o dimensionamento de reservatórios de amortecimento.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

A equação do modelo é a seguinte:

$$Q = 2,78.C.I.A \quad (7.1)$$

onde: Q: vazão máxima (m³/s); C: coeficiente de escoamento; I: intensidade da precipitação (mm/h); A: área da bacia (ha).

A **intensidade da precipitação** depende dos seguintes fatores:

- Equação IDF característica da região;
- Tempo de concentração: para a estimativa da intensidade da precipitação, é necessário conhecer o tempo de concentração da bacia, já que o mesmo é considerado igual à duração da precipitação máxima;
- Tempo de retorno (TR): o TR utilizado na microdrenagem varia de dois a dez anos;

O **coeficiente de escoamento** utilizado no método racional depende das seguintes características:

- solo;
- cobertura;
- tipo de ocupação;
- tempo de retorno;
- intensidade da precipitação.

Os coeficientes de escoamento recomendado para as superfícies urbanas estão apresentados na

Tabela 1.13. Na Tabela 1.14 são apresentados coeficientes de escoamento com base em superfícies de revestimento. Para os tempos de retorno utilizados na microdrenagem, não existe variação desse coeficiente com eles. A variação com a intensidade da precipitação também não é considerada, já que é uma das premissas utilizadas pelo método.

1.7.4 Dimensionamento hidráulico da rede de condutos

1.7.4.1 Capacidade de condução hidráulica de ruas e sarjetas

A capacidade de condução da rua ou da sarjeta pode ser calculada a partir de duas hipóteses:

- a água escoando por toda a calha da rua; ou
- a água escoando somente pelas sarjetas.

Para a primeira hipótese, admitem-se a declividade da rua (seção transversal) de 3% (Figura 1.18) e a altura de água na sarjeta $h_1 = 0,15$ m. Para a segunda hipótese, admite-se declividade também de 3% e $h_2 = 0,10$ m.

O dimensionamento hidráulico pode ser obtido pela equação de Manning transformada:

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

$$Q = \frac{A.Rh^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

(7.2)

onde: Q: vazão (m³/s); A: área de seção transversal (m²); Rh: raio hidráulico (m); S: declividade do fundo (m/m); n: o coeficiente de rugosidade de Manning. Para via pública, o coeficiente de rugosidade, em geral, é de 0,017.

Tabela 1.13 – Valores de C por tipo de ocupação (adaptado: ASCE, 1969 e Wilken, 1978).

Descrição da área	C
Área Comercial/Edificação muito densa:	
Partes centrais, densamente construídas, em cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
Área Comercial/Edificação não muito densa:	
Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
Área Residencial:	
residências isoladas; com muita superfície livre	0,35 - 0,50
unidades múltiplas (separadas); partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,50 - 0,60
unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 - 0,75
lotes com > 2.000 m²	0,30 - 0,45
áreas com apartamentos	0,50 - 0,70
Área industrial:	
indústrias leves	0,50 - 0,80
indústrias pesadas	0,60 - 0,90
Outros:	
Matas, parques e campos de esporte, partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas e parques ajardinados	0,05 – 0,20
parques, cemitérios; subúrbio com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Playgrounds	0,20 - 0,35
pátios ferroviários	0,20 - 0,40
áreas sem melhoramentos	0,10 - 0,30

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.14 – Valores de C de acordo com superfícies de revestimento (ASCE, 1969).

Superfície	C
Pavimento:	
Asfalto	0,70 – 0,95
Concreto	0,80 – 0,95
Calçadas	0,75 – 0,85
Telhado	0,75 – 0,95
Cobertura: grama/areia	
plano (declividade 2%)	0,05 – 0,10
médio (declividade de 2 a 7%)	0,10 – 0,15
alta (declividade 7%)	0,15 – 0,20
Grama, solo pesado:	
plano (declividade 2%)	0,13 – 0,17
médio (declividade de 2 a 7%)	0,18 – 0,22
alta (declividade 7%)	0,25 – 0,35

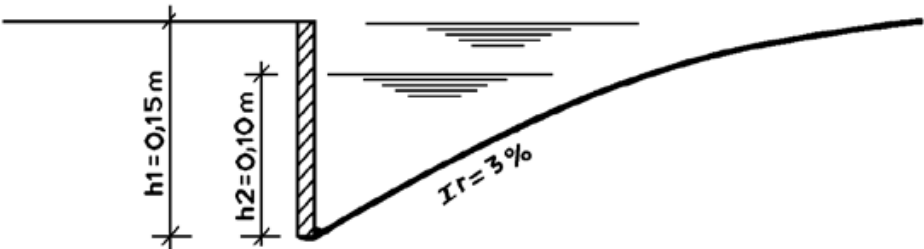


Figura 1.18 – Seção da sarjeta.

1.7.4.2 Bocas-de-Lobo

Tipos - As bocas coletoras (bocas-de-lobo) podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas); ralos combinados. Cada tipo inclui variações quanto às depressões (rebaixamento) em relação ao nível da superfície normal do perímetro e ao seu número (simples ou múltipla) (Figura 1.19).

Capacidade de engolimento - Quando a água acumula sobre a boca-de-lobo, gera uma lâmina com altura menor do que a abertura da guia. Esse tipo de boca-de-lobo pode ser considerado um vertedor, e a capacidade de engolimento será

$$Q = 1,7.L.y^{3/2}$$

(7.3)

onde: Q: vazão de engolimento (m³/s); y: altura de água próxima à abertura na guia (m); L: comprimento da soleira (m).

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

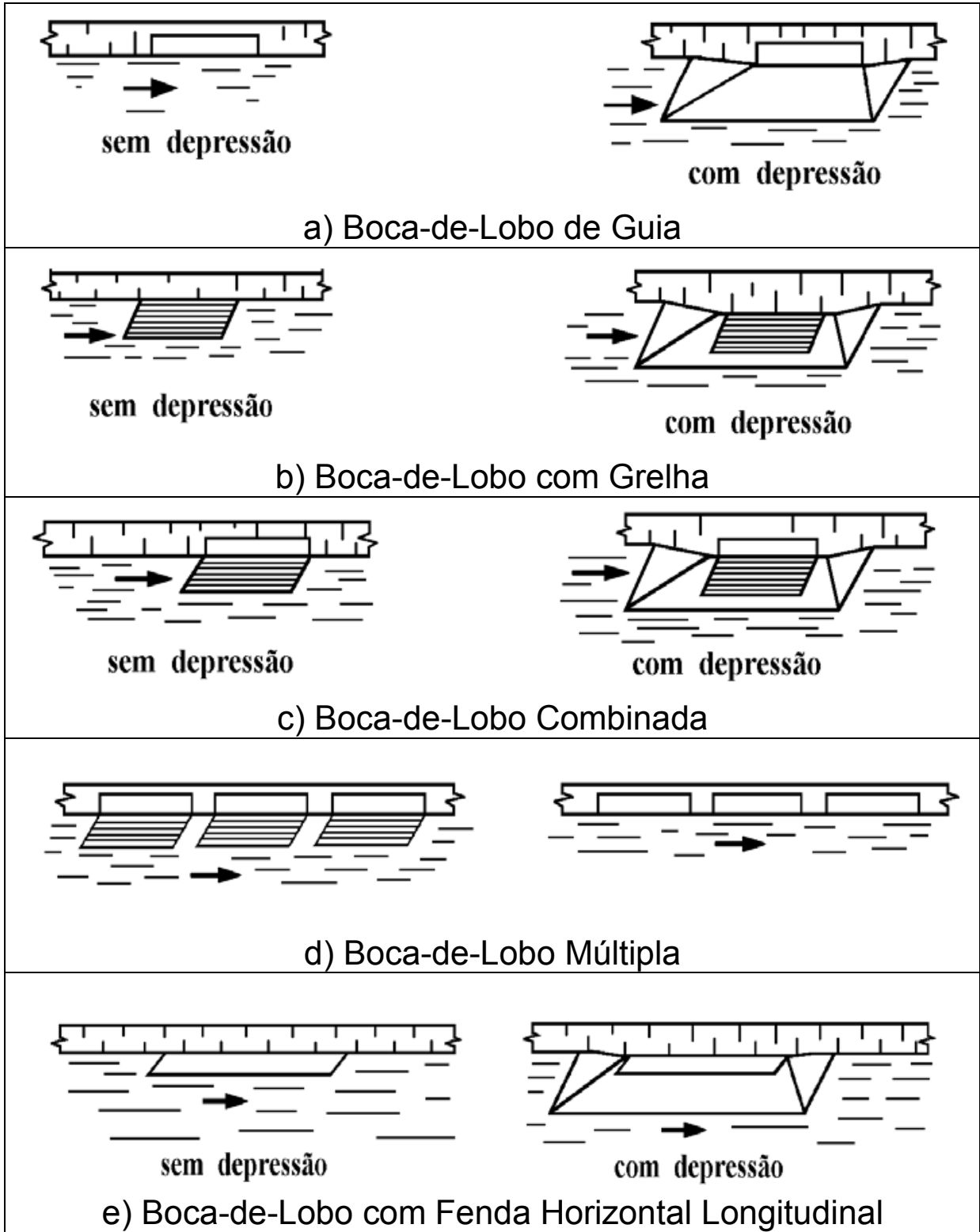


Figura 1.19 – Tipos de bocas-de-lobo (DAEE/CETESB, 1980).

Na Figura 1.20 e Figura 1.21, são apresentados gráficos que permitem determinar a vazão total, com base na altura e largura da depressão do bueiro, declividade transversal e altura projetada de água.

Quando a altura de água sobre o local for maior do que o dobro da abertura na guia, a vazão será calculada por

$$Q = 3,01Lh^{3/2}(y1/h)^{1/2}$$

(7.4)

onde: *L*: comprimento da abertura (m); *h*: altura da guia (m); *y1*: carga da abertura da guia (m) ; (*y1* = *y* - *h*/2). Para cargas de uma a duas vezes a altura da abertura da guia (1 < *y1*/*h* < 2), a opção por um ou outro critério deve ser definida pelo projetista.

As bocas-de-lobo com grelha funcionam como um vertedor de soleira livre para profundidade de lâmina de até 12 cm. Se um dos lados da grelha for adjacente à guia, este lado deverá ser excluído do perímetro *L* da mesma. A vazão é

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

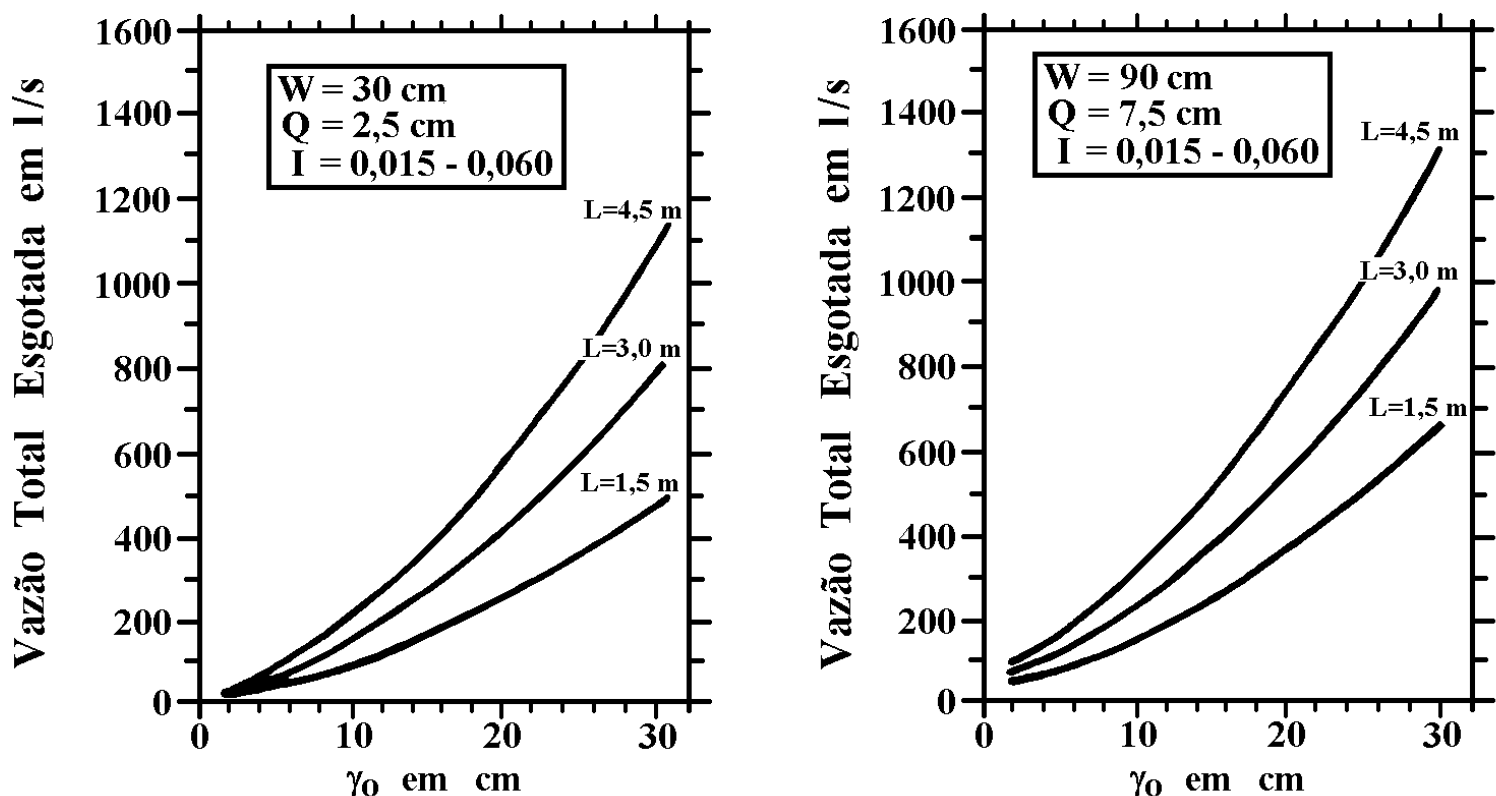
calculada pela equação 7.3, substituindo-se L por P, onde P é o perímetro do orifício em m. Para profundidades de lâmina maiores que 42 cm, a vazão é calculada por:

$$Q = 2,91.A.y^{1/2}$$

(7.5)

onde: A: área da grade, excluídas as áreas ocupadas pelas barras (m²); y: altura de água na sarjeta sobre a grelha (m). Na faixa de transição entre 12 e 42cm, a carga a ser adotada é definida segundo julgamento do projetista.

A capacidade teórica de esgotamento das bocas-de-lobo combinadas é, aproximadamente, igual à somatória das vazões pela grelha e pela abertura na guia, consideradas isoladamente.



Onde: W = largura da depressão em m; a = altura da depressão em m; I = declividade transversal do leito carroçável em m/m.

Figura 1.20 – Capacidade de engolimento (DAEE/CETESB, 1980).

Fatores de redução da capacidade de escoamento - A capacidade de escoamento anteriormente citada pode, segundo alguns autores, sofrer redução no valor calculado, dadas limitações existentes nos casos reais.

No caso das sarjetas, uma vez calculada a capacidade teórica, multiplica-se o seu valor por um fator de redução, que leva em conta a possibilidade de obstrução de sarjetas de pequena declividade por sedimentos, carros estacionados, lixo, etc. Na tabela 1.15 são apresentados valores recomendados de fatores de redução.

A capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo é menor que a calculada devido a vários fatores, entre os quais: obstrução causada por detritos, irregularidades nos pavimentos das ruas junto às sarjetas e alinhamento real.

Na Tabela 1.16 são propostos alguns coeficientes de redução para estimar essa redução.

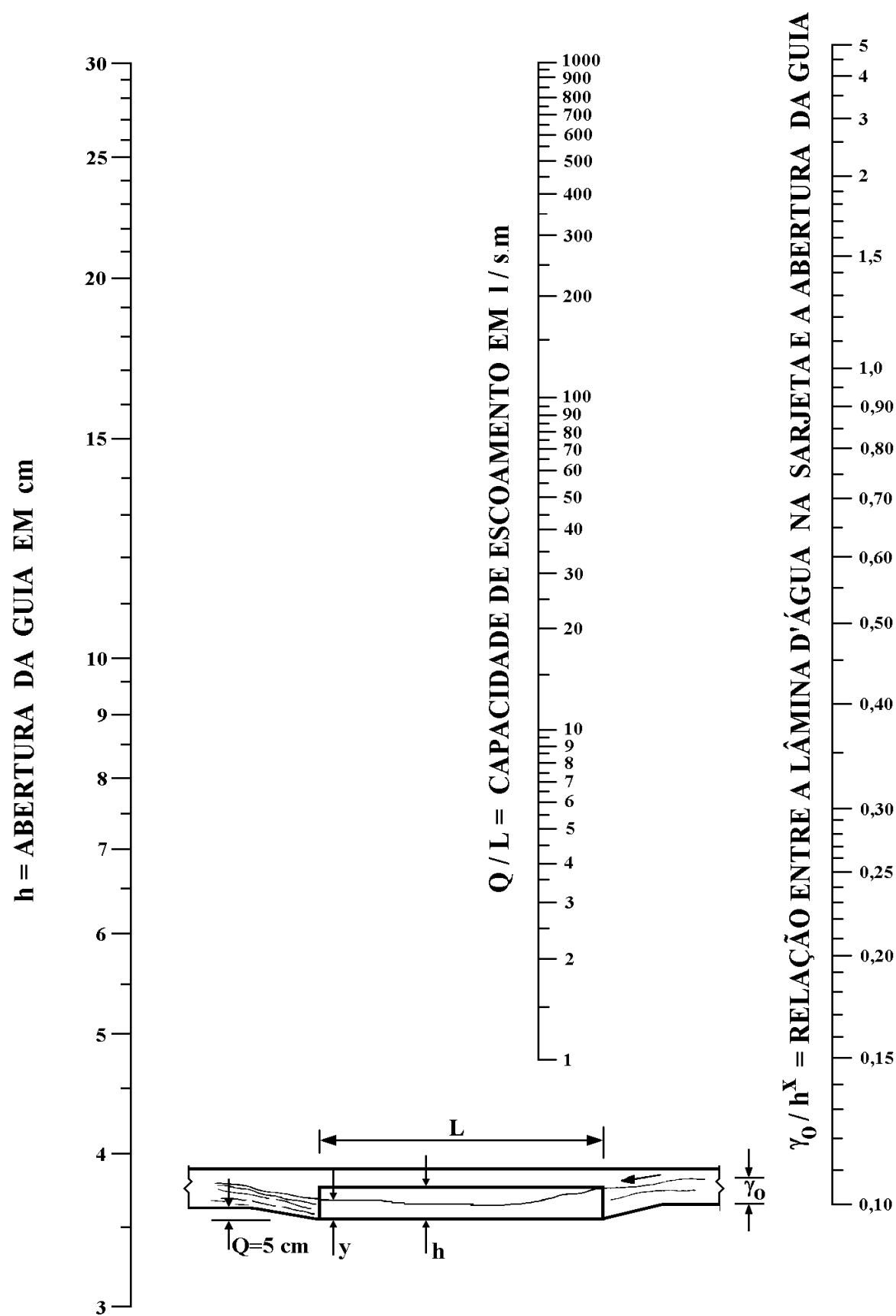


Figura 1.21 – Capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo com depressão de 5 cm em pontos baixos das sarjetas (DAEE/CETESB, 1980).

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.15 – Fatores de redução de escoamento das sarjetas (DAEE/CETESB, 1980).

Declividade da sarjeta (%)	fator de redução
0,4	0,50
1 a 3	0,80
5,0	0,50
6,0	0,40
8,0	0,27
10	0,20

Tabela 1.16 – Fator de redução do escoamento para bocas-de-lobo (DAEEE/CETESB, 1980).

Localização na sarjeta	Tipo de Boca de Lobo	% permitida sobre o valor teórico
Ponto Baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto Intermediário	guia	80
	grelha longitudinal	60
	grelha transversal ou longitudinal	60
	com barras transversais	110% dos valores indicados para a grelha correspondente
	combinadas	

* Valor que multiplica os indicados nas grelhas correspondentes.

1.7.4.3 Galerias

O dimensionamento das galerias é realizado com base nas equações hidráulicas de movimento uniforme, como a de Manning (equação 1.2), Chezy e outras. O cálculo depende do coeficiente de rugosidade e do tipo de galeria adotado. Os passos a serem seguidos para o dimensionamento de uma rede de microdrenagem pluvial estão explicados em detalhe.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- 1) Delimitar as áreas contribuintes a cada rede de drenagem (Figura 1.22);

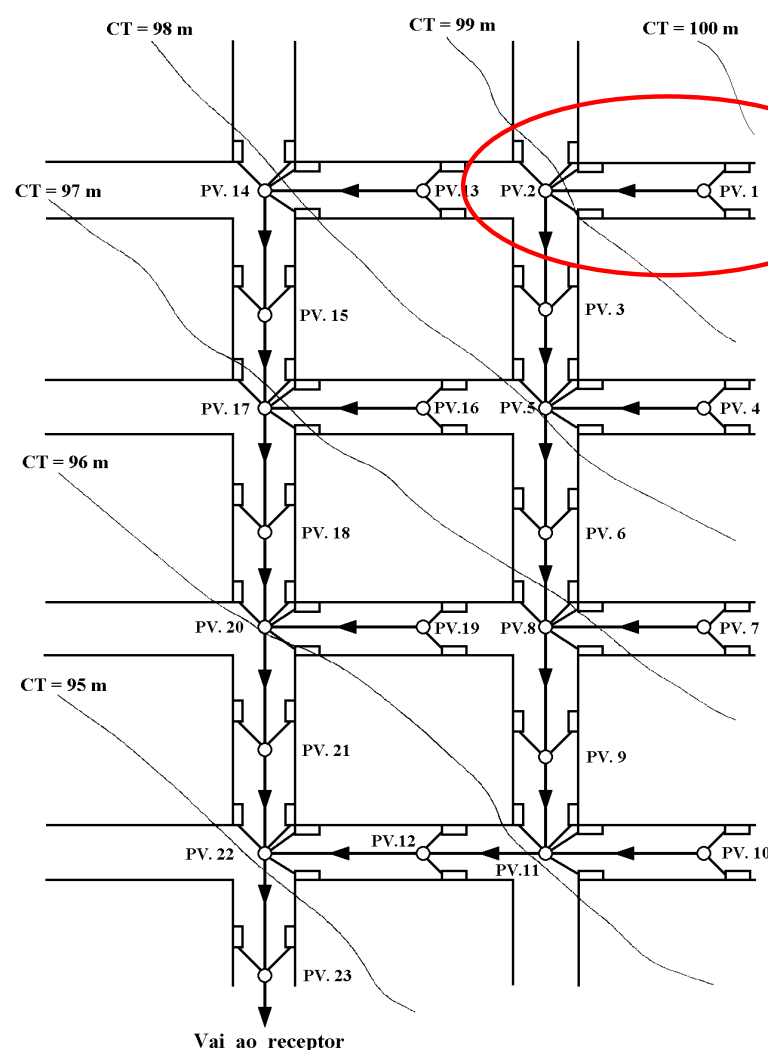


Figura 1.22 – Áreas contribuintes às redes de drenagem pluvial.

- 2) Calcular o tempo de concentração de cada segmento de trecho;
- 3) Determinar o coeficiente de escoamento de cada área de contribuição;
- 4) Determinação da chuva de projeto (intensidade obtida diretamente da IDF a partir da introdução do dado do período de recorrência e tempo de concentração);
- 5) Dimensionamento hidráulico utilizando-se a equação de Manning (equação 7.2), e substituindo-se $Q = v/A$, isolando-se o termo em v , pode-se determinar a velocidade

$$v = \frac{R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad (7.6)$$

- 6) Determina-se o diâmetro necessário;

$$D = 1,55 \cdot \left(\frac{Q \cdot n}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (7.7)$$

- 7) Adota-se o diâmetro comercial correspondente, sempre arredondando o valor para o diâmetro maior;
- 8) Calcular as condições de escoamento real, sempre que o Diâmetro adotado for maior que o Diâmetro calculado, utilizando a seguinte equação.

$$Fh = \frac{Q \cdot n}{D^{8/3} \cdot S^{1/2}} \quad (7.8)$$

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

9) Determinado F_h , entra-se com este valor na tabela 1.17 determinam-se as relações R_h/D e y/D .

10) Como D é conhecido, calcula-se agora o R_h^*

$$R_h^* = F_h.D \quad (7.9)$$

11) Recorre-se novamente à equação de Manning, determina-se a velocidade v^* ;

12) O tempo de viagem do escoamento é obtido pela equação de movimento uniforme (considerando o comprimento do trecho):

$$t_e = \frac{\text{comprimento}}{\text{velocidade}} \quad (7.10)$$

13) Para os trechos subsequentes, o tempo de concentração t_c será do trecho inicial mais o tempo de escoamento t_e .

O procedimento se repete para todos os trechos subsequentes, lembrando que sempre que, para um PV, concorrerem dois ou mais trechos, o t_c adotado deverá ser aquele que representar o maior valor. Para facilitar o cálculo, recomenda-se que seja montada uma planilha, conforme a Tabela 1.18. Este procedimento é repetido sequencialmente para todos os sub-trechos da rede.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.17 – Relações para Fator Hidráulico de seções circulares.								
FH de 0.001 a 0.080			FH de 0.081 a 0.250			FH de 0.251 a 0.333		
FH	RH/D	h/D	FH	RH/D	h/D	FH	RH/D	h/D
0.0001	0.0066	0.01	0.0820	0.1935	0.35	0.2511	0.2933	0.68
0.0002	0.0132	0.02	0.0864	0.1978	0.36	0.2560	0.2948	0.69
0.0005	0.0197	0.03	0.0910	0.2020	0.37	0.2610	0.2962	0.70
0.0009	0.0262	0.04	0.0956	0.2062	0.38	0.2658	0.2975	0.71
0.0015	0.0326	0.05	0.1003	0.2102	0.39	0.2705	0.2988	0.72
0.0022	0.0389	0.06	0.1050	0.2142	0.40	0.2752	0.2998	0.73
0.0031	0.0451	0.07	0.1099	0.2182	0.41	0.2798	0.3008	0.74
0.0041	0.0513	0.08	0.1148	0.2220	0.42	0.2842	0.3017	0.75
0.0052	0.0575	0.09	0.1197	0.2258	0.43	0.2886	0.3024	0.76
0.0065	0.0635	0.10	0.1248	0.2295	0.44	0.2928	0.3031	0.77
0.0080	0.0695	0.11	0.1298	0.2331	0.45	0.2969	0.3036	0.78
0.0095	0.0755	0.12	0.1350	0.2366	0.46	0.3009	0.3040	0.79
0.0113	0.0813	0.13	0.1401	0.2401	0.47	0.3047	0.3042	0.80
0.0131	0.0871	0.14	0.1453	0.2435	0.48	0.3083	0.3043	0.81
0.0152	0.0929	0.15	0.1506	0.2468	0.49	0.3118	0.3043	0.82
0.0173	0.0986	0.16	0.1558	0.2500	0.50	0.3151	0.3041	0.83
0.0196	0.1042	0.17	0.1612	0.2531	0.51	0.3183	0.3038	0.84
0.0220	0.1097	0.18	0.1665	0.2562	0.52	0.3212	0.3033	0.85
0.0246	0.1152	0.19	0.1718	0.2592	0.53	0.3239	0.3026	0.86
0.0273	0.1206	0.20	0.1772	0.2621	0.54	0.3264	0.3018	0.87
0.0301	0.1259	0.21	0.1826	0.2649	0.55	0.3286	0.3007	0.88
0.0331	0.1312	0.22	0.1879	0.2676	0.56	0.3305	0.2995	0.89
0.0362	0.1364	0.23	0.1933	0.2703	0.57	0.3322	0.2980	0.90
0.0394	0.1416	0.24	0.1987	0.2728	0.58	0.3335	0.2963	0.91
0.0427	0.1466	0.25	0.2041	0.2753	0.59	0.3345	0.2944	0.92
0.0461	0.1516	0.26	0.2094	0.2776	0.60	0.3351	0.2921	0.93
0.0497	0.1566	0.27	0.2147	0.2799	0.61	0.3353	0.2895	0.94
0.0534	0.1614	0.28	0.2200	0.2821	0.62	0.3349	0.2865	0.95
0.0572	0.1662	0.29	0.2253	0.2842	0.63	0.3339	0.2829	0.96
0.0610	0.1709	0.30	0.2306	0.2862	0.64	0.3222	0.2787	0.97
0.0650	0.1756	0.31	0.2388	0.2882	0.65	0.3294	0.2735	0.98
0.0691	0.1802	0.32	0.2409	0.2899	0.66	0.3248	0.2666	0.99
0.0733	0.1847	0.33	0.2460	0.2917	0.67	0.3117	0.2500	1.00
0.0776	0.1891	0.34						

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Tabela 1.18 – Planilha de cálculo de redes de microdrenagem.

Trecho (PV)	L (m)	Áreas (ha) trecho acum.	tc (min)	Q (l/s)	D (m)	S (m/m)	y/D (%)	V m/s	te (min)	Cotas do terreno (m) mont jus	Cotas do greide (m) mont jus	Profund. (m) mont jus

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.7.5 Dimensionamento do reservatório de amortecimento

Tratando-se do dimensionamento de reservatórios de amortecimento, o método racional não deve ser utilizado. Neste caso, para áreas de até 1km^2 , pode-se utilizar o procedimento apresentado no item 1.6, para o controle na fonte.

Para áreas superiores a 1km^2 , ou a critério do projetista, utiliza-se a metodologia apresentada no item 1.8, seguindo o roteiro: 1) determinação dos hidrogramas de pré e pós-desenvolvimento, utilizando o procedimento de transformação chuva-vazão; 2) propagação do hidrograma em reservatório utilizando o algoritmo de Puls.

O dimensionamento do reservatório envolve as seguintes etapas:

- Disposição espacial do reservatório;
- Determinação do volume;
- Dimensionamento hidráulico dos dispositivos de saída.

1.7.5.1 Disposição espacial do reservatório

Os reservatórios podem ser de dois tipos: on-line ou off-line.

O reservatório on-line está conectado diretamente no curso d'água (Figura 1.23), e todo o escoamento passa por ele, independentemente da magnitude do evento. O reservatório off-lin (Figura 1.24) está implantado em paralelo, para desvio dos escoamentos, e pode ser dimensionado de forma a receber o escoamento somente para eventos de projeto pré-definidos.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

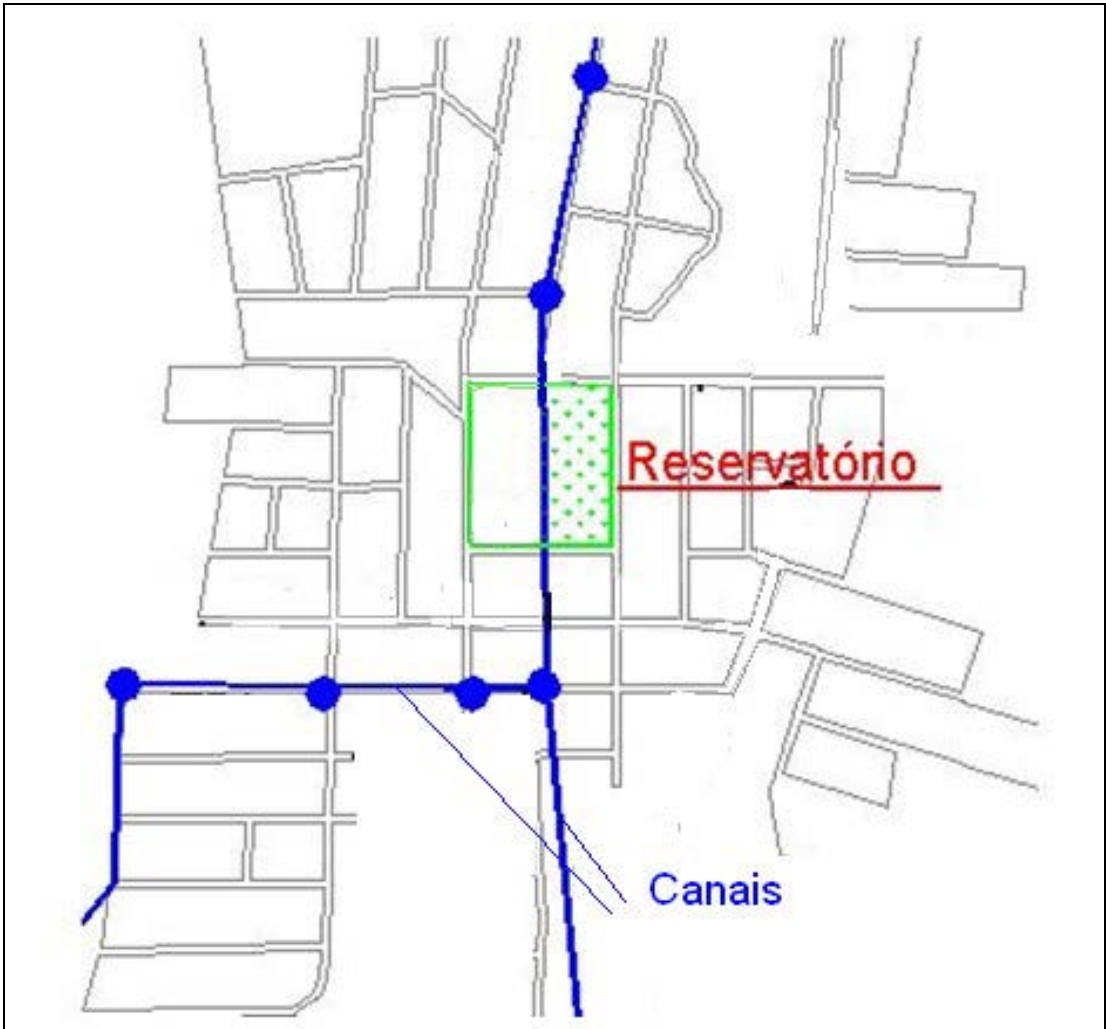


Figura 1.23 – Esquema mostrando a distribuição espacial de um reservatório *on-line*.



Figura 1.24 – Esquema mostrando a distribuição espacial de um reservatório *off-line*.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

O princípio de funcionamento dos reservatórios *off-line* é simples: existe uma estrutura de desvio da vazão, que aqui será chamada de by-pass; a função do by-pass é permitir que a água continue escoando pela rede de drenagem até uma determinada vazão e, a partir deste pico de vazão, o restante da água é jogado para o reservatório.

Com relação ao uso dos reservatórios on-line, os *off-line* possuem a grande vantagem de menor necessidade de manutenção, pois são utilizados somente quando ocorrer o evento de projeto.

1.7.5.2 Volume do reservatório

O volume, conforme mencionado, pode ser determinado através do procedimento apresentado no item 1.6 para áreas de até 1km^2 , desde que no dimensionamento não sejam utilizadas estruturas especiais como o by-pass (reservatório off-line). Caso contrário, para área superior a esta, ou se o projetista preferir um dimensionamento mais criterioso, deve-se utilizar a metodologia apresentada no item 1.8.

1.8 Macro drenagem

A macro drenagem envolve bacias geralmente com área superior a 2km^2 , onde o escoamento é composto pela drenagem de áreas urbanizadas e não urbanizadas. O planejamento da drenagem urbana na macro drenagem envolve a definição de cenários, medidas de planejamento do controle de macro drenagem e estudos de alternativas de projeto.

1.8.1 Planejamento da macro drenagem

Com raras exceções, a grande maioria das obras de drenagem no Brasil segue até hoje o conceito higienista do século XIX (Silveira, 2000), onde a idéia era a eliminação sistemática das águas, através de obras de canalização. Por exemplo, considerando a bacia da Figura 1.25, onde no primeiro estágio (a), a bacia não está totalmente urbanizada, e as inundações ocorrem no trecho urbanizado, nesta região existem áreas (junto à planície de inundação) que inundam com frequência, portanto, não estão ocupadas. A partir do momento em que este trecho é canalizado, as inundações deixam de ocorrer. Assim, a suposta segurança torna estas áreas valorizadas, com ocupações muitas vezes nobres. Com o desenvolvimento da bacia de montante, e o respectivo aumento da vazão máxima, que não é controlada pelo poder público, as inundações voltam a ocorrer no antigo leito maior. Nesta etapa já não existe mais espaço para ampliar lateralmente o canal, sendo necessário aprofundá-lo, aumentando os custos em escala quase exponencial, já que é necessário estruturar as paredes do mesmo.

Além dos problemas mencionados, a simples transferência das vazões gera problemas para as regiões a jusante da saída desta bacia.

Este processo pode ser evitado através do planejamento e gerenciamento adequado do desenvolvimento da bacia. Existem geralmente duas situações onde o planejamento é diferenciado:

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- a) *Bacia desenvolvida com loteamentos implantados*: desenvolvimento do plano de controle, com medidas de retenção e ampliação de rede pluvial, tratando a bacia de forma integrada e considerando todos os efeitos do escoamento.
- b) *Bacia em estágio rural*: a bacia está no primeiro estágio de urbanização ou é ainda rural. Neste caso, pode-se utilizar a estratégia apresentada na Figura 1.26:
- O poder público deve regulamentar o uso e ocupação, especialmente as áreas naturalmente inundáveis;
 - combinar estas áreas inundáveis para que atuem como reservatórios de retenção urbano;
 - regulamentar a microdrenagem para não ampliar a enchente natural;
 - planejar parques e outras as áreas públicas com lagos para amortecer e preservar os hidrogramas, de uma mesma bacia, ou entre diferentes sub-bacias ;
 - para as áreas ribeirinhas de risco, quando não pertencentes ao poder público, deve-se prever uso adequado para que haja boa convivência com as inundações. Pode-se reduzir os impostos de acordo com as restrições e prever a troca por solo criado para implementação de uso público, como parques, campos de esporte, entre outros;
 - nenhuma área desapropriada pelo poder público pode ficar sem implantação de infra-estrutura pública (parque ou área esportiva), evitando desta forma que a mesma seja invadida.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

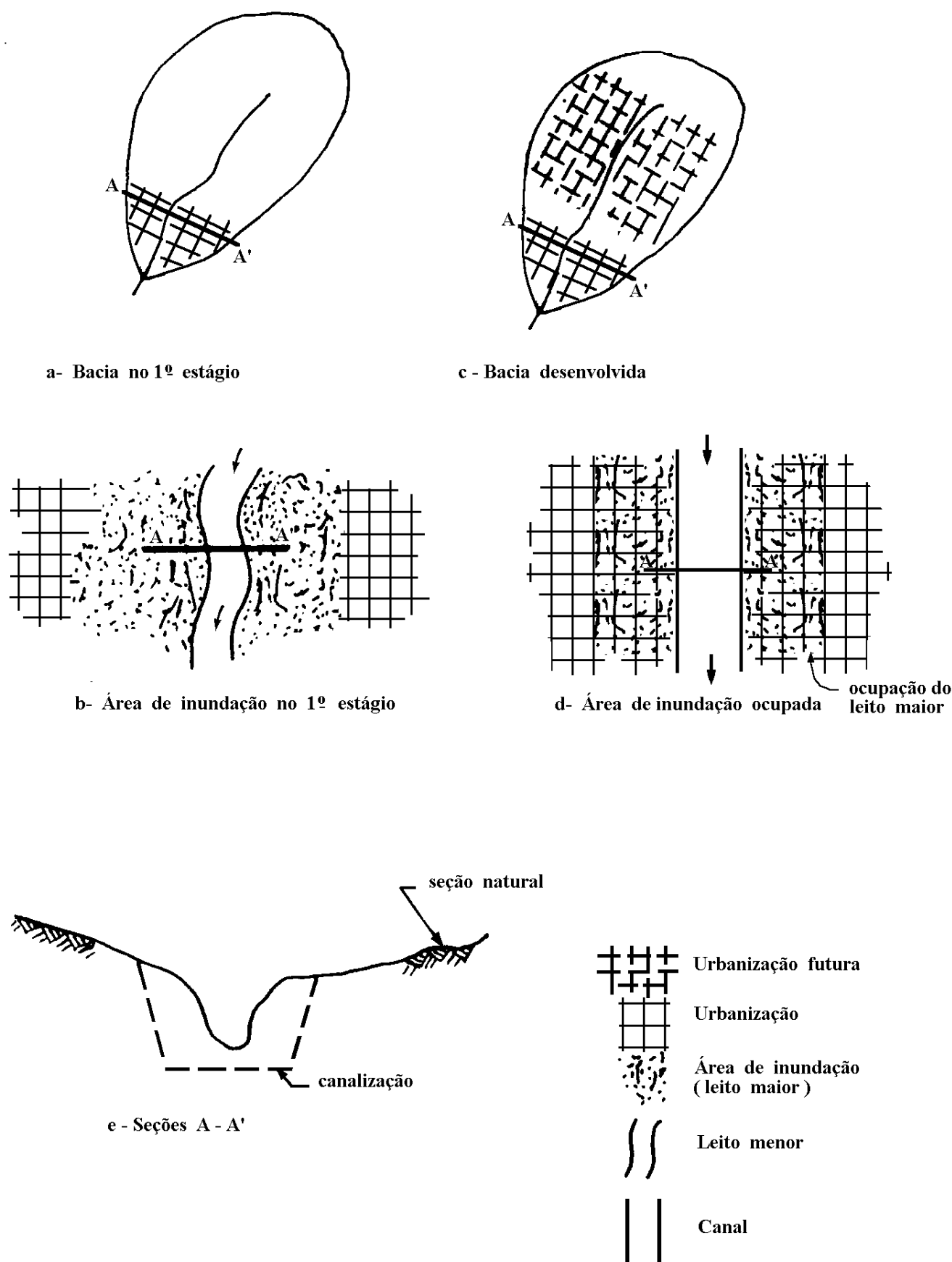


Figura 1.25 – A ocupação da bacia hidrográfica e suas consequências.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

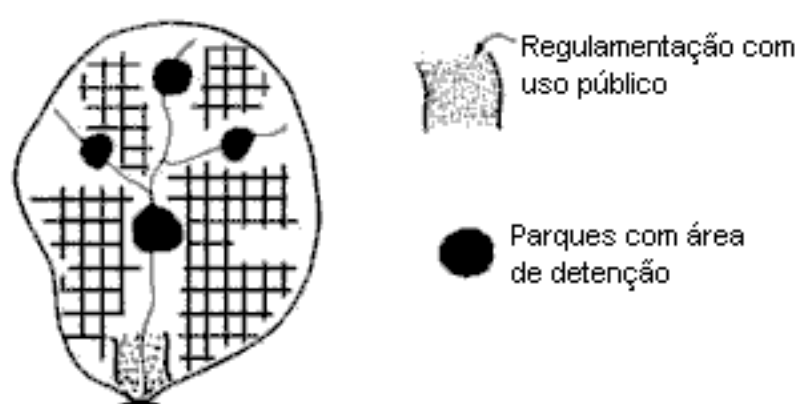


Figura 1.26 – Planejamento de controle de bacia no primeiro estágio de urbanização.

1.2 Etapas do planejamento, dimensionamento e verificação

No estudo de planejamento do controle da drenagem urbana de uma bacia são recomendadas as seguintes etapas de desenvolvimento:

a) Caracterização da bacia: esta etapa envolve o seguinte: (i) avaliação da geologia, tipo de solo, hidrogeologia, relevo, ocupação urbana, população caracterizada por sub-bacia para os cenários de interesse; (ii) drenagem: definição da bacia e sub-bacias, sistema de drenagem natural e construído, com as suas características físicas tais como: seção de escoamento, cota, comprimento e bacias contribuintes a drenagem; (iii) dados hidrológicos: precipitação, sua caracterização pontual, espacial e temporal; verificar a existência de dados de chuva e vazão que permitam ajustar os parâmetros dos modelos utilizados; dados de qualidade da água e produção de material sólido.

b) Definição dos cenários de planejamento: os cenários de planejamento são definidos de acordo com o desenvolvimento previsto para a cidade, representado pelo Plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo, bem como as áreas ocupadas que não foram previstas, áreas desocupadas parceladas e áreas que deverão ser parceladas no futuro. Nos estudos realizados neste PDDrU foram definidos os cenários, apresentados no item 1.4 – Item 4.4 Cenários de planejamento e alternativas de projeto, deste volume. Poderão existir variantes dos cenários em função de condições específicas de cada bacia.

c) Escolha do risco da precipitação de projetos: para a macrodrenagem tem sido utilizado o período de recorrência dimensionamento (usualmente 10 anos). No caso de prejuízos maiores e riscos de vida, este tempo de retorno pode ser aumentado.

d) Determinação da precipitação de projeto: deve ser determinada com base na equação IDF com duração igual ou maior que o tempo de concentração da bacia (veja 1.5). Este valor deve ser distribuído no tempo em intervalos de tempo escolhido para a simulação. O intervalo de tempo deve ser menor ou igual a 1/5 do tempo de concentração da bacia.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

e) Simulação dos cenários de planejamento com modelo hidrológico: os cenários são simulados para as redes de drenagem existentes ou projetadas. O modelo hidrológico utilizado deve ser capaz de representar a região hidrográfica da simulação da forma mais realista possível dentro do cenário previsto. A finalidade destas simulações é identificar se o sistema tem capacidade de comportar os acréscimos de vazão gerados pela evolução urbana de cada cenário, no caso de verificação; ou no caso de projeto, se o sistema foi corretamente dimensionado para a vazão existente. Quando utiliza-se o cenário de ocupação urbana atual, o objetivo é verificar a capacidade de escoamento das redes de drenagem existentes. A análise dos resultados permite identificar os locais onde o sistema de drenagem não tem capacidade de escoar as vazões, gerando portanto, inundações.

f) Seleção de alternativas para Controle: considerando as condições simuladas no item anterior, quando a situação for de verificação da capacidade da rede de drenagem, devem ser identificadas as limitações existentes no sistema e os locais onde ocorrem (caso não exista, esta etapa não é realizada). Neste caso, o planejador deve buscar analisar as alternativas de controle, priorizando medidas de retenção ou detenção, que não transfiram para jusante os acréscimos de vazão máxima. Geralmente, as combinações de soluções envolvem reservatórios urbanos em áreas públicas, ou áreas potencialmente públicas, com adaptação da capacidade de drenagem em alguns trechos, mantendo a vazão máxima dentro de limites previstos pela legislação ou da capacidade dos rios, córregos ou canais a jusante do sistema. No caso de dimensionamento, a alternativa de controle deve prever a utilização de estruturas de amortecimento da cheia para não ampliar a enchente a jusante, e deve-se verificar se a rede projetada tem capacidade para escoar a atual vazão.

g) Simulação das alternativas de controle: definidas as alternativas na fase anterior, as mesmas devem ser simuladas para o risco e cenário definido como meta. Nas simulações é verificado se a alternativa de controle também evita as inundações das ruas para riscos menores ou iguais ao de projeto. No caso de verificação, a mesma pode ser realizada para o cenário atual de ocupação e/ou para um cenário de ocupação futura.

h) Avaliação qualidade da água: as etapas da avaliação da qualidade da água são: (i) determinação da carga proveniente do cloacal que não é coletada pela rede de esgotamento sanitário; (ii) determinação da carga de resíduo sólido; (c) determinação da carga produzido pelo pluvial; (iii) avaliação da capacidade de redução das cargas em função das medidas de controle previstas nas alternativas. A avaliação da qualidade da água depende da existência da rede de esgotamento sanitário.

i) Avaliação econômica: os custos das alternativas devem ser quantificados, permitindo analisar a alternativa mais econômica para controle da drenagem, envolvendo, quando possível, também a melhoria da qualidade da água pluvial.

j) Seleção da alternativa: em função dos condicionantes, econômicos, sociais e ambientais deve ser recomendada uma das alternativas de controle para o

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

sistema estudado, estabelecendo etapas para projeto executivo, sequência de implementação das obras e programas que sejam considerados necessários.

1.8.2 Modelos

Para a simulação dos cenários indicados acima podem ser usados diferentes modelos de acordo com as necessidades do sistema e do problema.

Os modelos são sub-divididos nos seguintes tipos: **bacia**, **canal** (ou conduto) e **reservatório**. Na modelo bacia são representados os principais processos de transformação da chuva em vazão. No modelo canal a vazão é transportada pelos canais e condutos através do sistema de drenagem, que podem ser naturais ou construídos. No modelo reservatório é representado o amortecimento das vazões nos reservatórios através do balanço entre os volumes de entrada e saída.

A seguir são apresentados os modelos aplicados a cada um destes módulos, e recomendados por este manual.

1.8.2.1 Simulação precipitação-vazão

Nesta simulação são determinados, a partir da transformação de chuva em vazão, os hidrogramas ou vazões de aporte às galerias, condutos ou reservatórios. Simplificadamente, os processos hidrológicos que ocorrem na bacia são: precipitação, perdas iniciais, infiltração e escoamento superficial. Cada um destes processos pode ser tratado com um algoritmo específico, até a determinação final do escoamento superficial que será utilizado para o dimensionamento. O modelo utilizado na bacia deve possuir condições de representar os cenários de urbanização (planejamento) além das condições de infiltração, dadas pelo tipo e uso do solo. Em resumo, na bacia os processos são basicamente:

- Precipitação
- Simulação da transformação de precipitação em vazão que possui dois sub-módulos básicos: separação do escoamento e propagação do escoamento superficial.

Precipitação

A precipitação é um dado hidrológico de entrada para a simulação. Existem as seguintes situações:

- Precipitação de projeto (obtida a partir de uma equação IDF);
- Precipitação conhecida (evento observado).

A precipitação de projeto é determinada com base nos elementos apresentados no item 1.5. As etapas são as seguintes:

1. Selecione a equação IDF;
2. Determine o tempo de concentração (t_c) da bacia em estudo. Quando envolver trechos em canais o tempo de concentração deve considerar também o tempo de propagação na seção principal a ser simulada.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

3. A duração total da chuva e o tempo de simulação devem ser de aproximadamente 2 vezes o tempo de concentração da bacia;
4. Determine o intervalo de tempo de simulação (Δt) com base no seguinte critério $\Delta t \leq t_c/5$. Se a bacia for sub-dividida em sub-bacias e a simulação for conjunta o intervalo de tempo deve ser o menor entre as bacias estudadas;
5. Determinar a partir da curva IDF as precipitações máximas para o tempo de retorno escolhido e duração correspondente a cada intervalo de tempo acumulado. Por exemplo, para um intervalo de tempo de 30 minutos obtenha P (30 min); P(60min); P(90 min), etc., até o tempo total de precipitação .
6. Obtenha as precipitações de cada intervalo de tempo e a sua distribuição temporal crítica (item 1.5).

Para a transformação da precipitação em vazão a seguir é apresentado o método do SCS, com propagação superficial utilizando o hidrograma unitário triangular.

Transformação chuva-vazão e propagação superficial com o hidrograma unitário do SCS

O recomendado neste manual é a utilização do modelo de precipitação-vazão do SCS (Soil Conservation Service, 1975) com a propagação superficial pelo hidrograma unitário triangular do SCS.

Separação do escoamento:

O modelo SCS (1975) faz a separação do escoamento com base na equação 8.1 quando $P > 0,2 S$:

$$P_{ef} = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (8.1)$$

e quando $P \leq 0,2 S$, $P_{ef} = 0$, onde: P : precipitação em mm; P_{ef} : precipitação efetiva;

S : armazenamento no solo em mm, estimado por

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (8.2)$$

O CN é um valor estimado com base no tipo de solo e características de cobertura (Tabela 1.19). A área impermeável é determinada com base na densidade habitacional através da relação da Figura 1.27.

Determinação do hidrograma unitário:

No hidrograma unitário triangular do SCS, pode está representado na Figura 1.28. Para a determinação do hidrograma unitário, deve-se inicialmente determinar alguns parâmetros, conforme roteiro a seguir:

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- 1) Determinar o tempo de concentração (tc) da bacia.
- 2) Determinar o parâmetro tm , $tm = \frac{\Delta t}{2} + 0,6.tc$
onde: Δt : intervalo de tempo de simulação, obtido a partir da precipitação; t_c : tempo de concentração da bacia.
- 3) Determinar o tempo de pico do hidrograma tp , $tp = 0,6.tc$
- 4) Determinar o tempo de recessão do hidrograma tr , $tr = 1,67.tp$
- 5) Determinar o tempo de base do hidrograma tb , $tb = tm + tr$
- 6) Determinar a vazão máxima utilizando a equação 8.3

Tabela 1.19 – Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas.

Utilização ou cobertura do solo		A	B	C	D
Zonas cultivadas: sem conservação do solo		72	81	88	91
	com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições		68	79	86	89
Baldios em boas condições		39	61	74	80
Prado em boas condições		30	58	71	78
Bosques ou zonas florestais: cobertura ruim		45	66	77	83
	Cobertura boa	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, com relva em mais de 75% da área		39	61	74	80
com relva de 50 a 75% da área		49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios		89	92	94	95
Zonas industriais		81	88	91	93
Zonas residenciais					
lotes de (m2)	% média impermeável				
<500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc		98	98	98	98
Arruamentos e estradas:					
asfaltadas e com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98
paralelepípedos		76	85	89	91
Terra		72	82	87	89

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

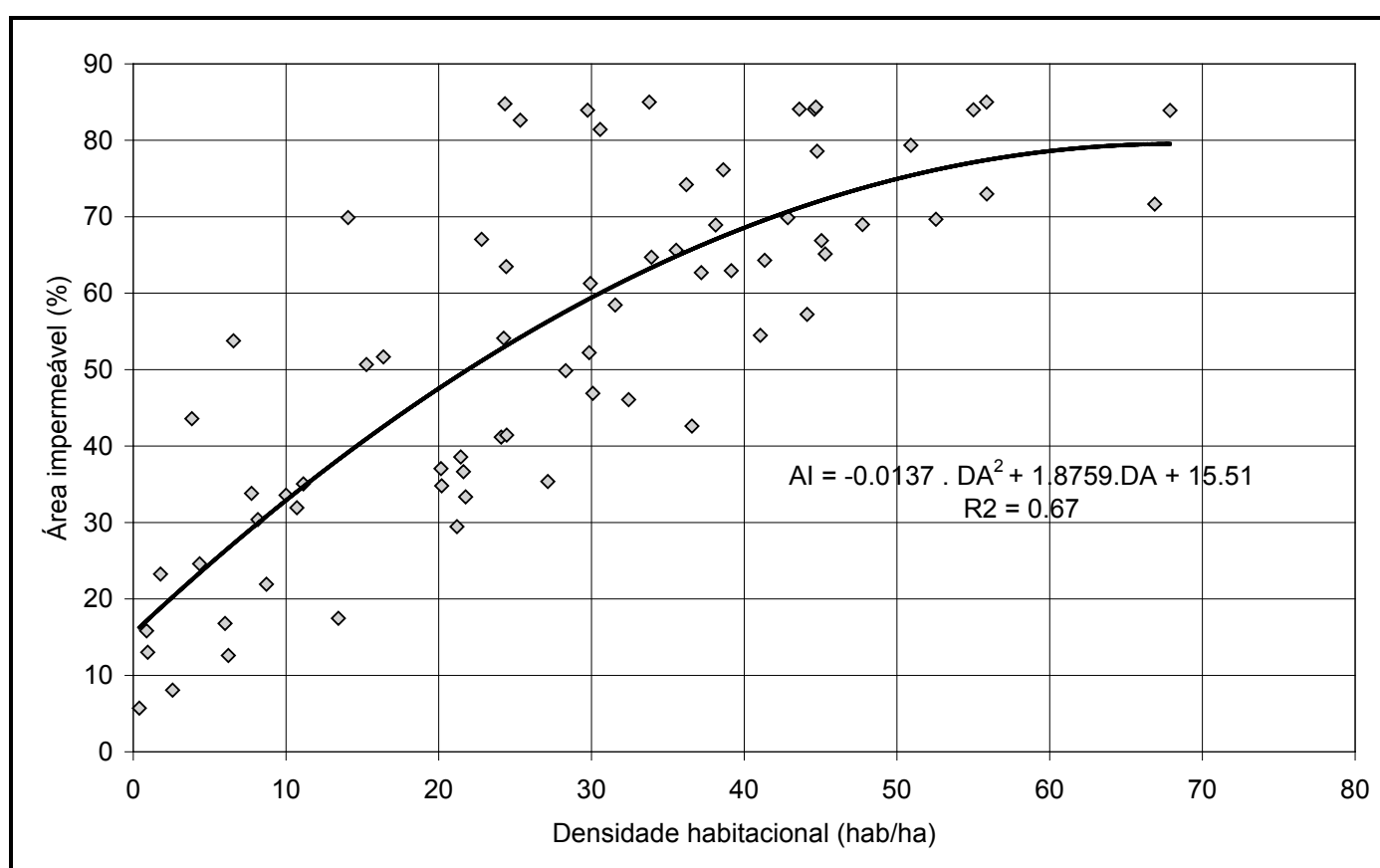


Figura 1.27 – Relação entre Densidade habitacional e área impermeável em Campo Grande.

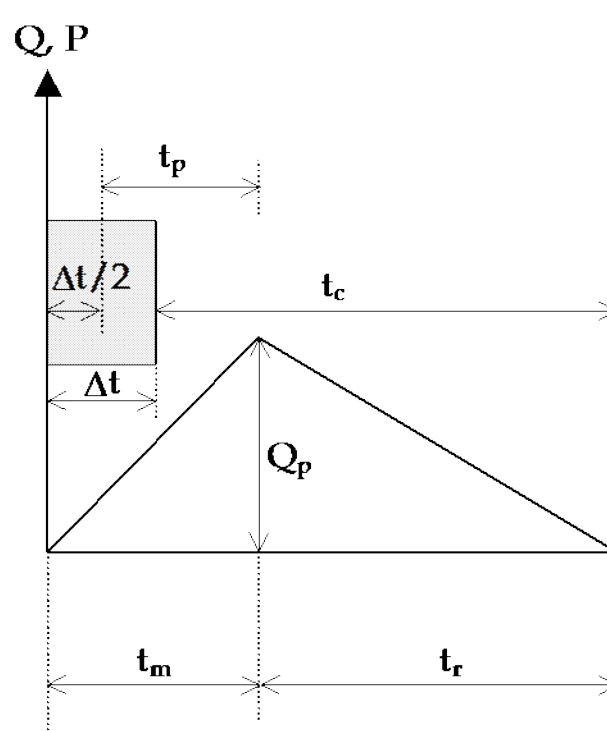


Figura 1.28 – Hidrograma unitário triangular do SCS.

$$Q_p = \frac{0,208 \cdot A}{t_m} \quad (8.3)$$

onde: Q_p : vazão máxima do hidrograma triangular em m^3/s ; A : área da bacia em km^2 . O intervalo de tempo é definido em unidades de t_p . Recomenda-se a utilização de $\Delta t = t_p/5$.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Propagação do escoamento:

O hidrograma resultante, obtido a partir da precipitação de projeto, é obtido utilizando a equação de convolução discreta expressa por

$$Q_t = \sum_{i=1}^t P_{ef_i} h_{t-i+1} \quad \text{para } t < k \quad (8.4)$$

$$Q_t = \sum_{i=t-k+1}^t P_{ef_i} h_{t-i+1} \quad \text{para } t \geq k$$

onde:

Q_t : vazão de saída da bacia (m^3/s);

H : ordenadas do hidrograma unitário ($\text{m}^3/\text{s}/\text{mm}$);

P_{ef} : valores de precipitação efetiva no intervalo de tempo (mm);

K : número de ordenadas do hidrograma unitário, que pode ser obtido por $k = n - m + 1$, onde m é o número de valores de precipitação e n é o número de valores de vazões do hidrograma.

1.2.1 Propagação em rios e canais

Os modelos de simulação do escoamento em galerias, canais e condutos em geral podem possuir as seguintes características:

Modelo do tipo armazenamento: considera basicamente os efeitos de armazenamento no conduto ou canal, transladando as ondas de cheias. Não considera efeitos de remanso no escoamento. Este tipo de modelo é útil para representar o escoamento de projeto, onde geralmente é definida a capacidade dos condutos, ou a primeira verificação da capacidade de escoamento no sistema de drenagem existente. O modelo deste tipo mais utilizado na prática deste tipo é o de *Muskingun-Cunge*.

Modelo Hidrodinâmico: o modelo hidrodinâmico pode trabalhar à superfície livre ou considerar as condições de pressão dentro dos condutos. Este último considera todos os efeitos do escoamento dentro dos condutos como refluxo, remanso, ressalto, escoamento supercrítico e o escoamento sob-pressão de gradientes de pressão moderados.

Os modelos de propagação e suas características são descritos a seguir:

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Modelo Muskingun-Cunge

O modelo Muskingun utiliza a equação da continuidade e a equação de armazenamento seguinte:

$$S = K[X.I + (1 - X)Q] \quad (8.5)$$

Derivando a equação 8.5 com relação ao tempo e substituindo na equação da continuidade, resulta em uma equação diferencial do modelo, cuja discretização por diferenças finitas, resulta:

$$Q_{t+1} = C_1 I_{t+1} + C_2 I_t + C_3 Q_t \quad (8.6)$$

Onde:

$$C_1 = \frac{-KX + \frac{\Delta t}{2}}{K(1 - X) + \frac{\Delta t}{2}}; \quad C_2 = \frac{KX + \frac{\Delta t}{2}}{K(1 - X) + \frac{\Delta t}{2}}; \quad C_3 = \frac{K(1 - X) - \frac{\Delta t}{2}}{K(1 - X) + \frac{\Delta t}{2}}$$

Cunge (1969) estimou os parâmetros do modelo Muskingun utilizando considerações do termo de difusão numérico e real, obtendo:

$$X = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{Q_{ref}}{B \cdot S_o \cdot C_{el} \cdot \Delta x}\right) \quad (8.7)$$

onde: B : base do canal; S_o : declividade; Δx : comprimento do trecho; Q_{ref} : vazão de referência para determinação dos parâmetros (normalmente $2/3 Q_{máx}$); C_{el} : celeridade da onda, determinada conforme a equação abaixo.

$$C_{el} = \frac{5}{3} \cdot \frac{S_o^{0,3} \cdot Q_{ref}^{0,4}}{n^{0,6} \cdot B^{0,4}} \quad (8.8)$$

onde n é a rugosidade de Manning.

O parâmetro X representa o peso da integração da vazão no espaço. Seu intervalo de variação é:

$$0 \leq X \leq 0,5 \quad (8.9)$$

O parâmetro K tem unidade de tempo e representa o tempo médio de deslocamento da onda entre montante e jusante do trecho, e é determinado segundo a equação:

$$K = \frac{\Delta x}{c_o} \quad (8.10)$$

A Figura 1.29 mostra a região válida dos parâmetros e a equação abaixo o intervalo:

$$2X \leq \frac{\Delta t}{K} \leq 2(1 - X) \quad (8.11)$$

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

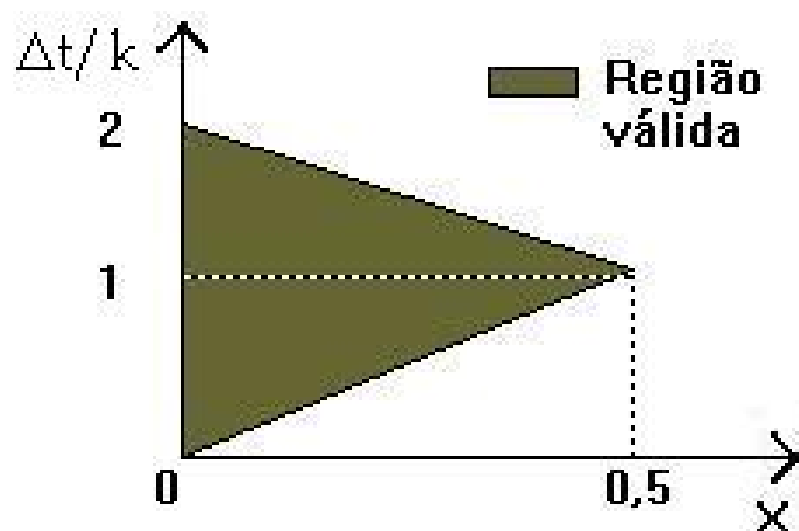


Figura 1.29 – Variação dos parâmetros do método de Muskingum-Cunge.

Jones (1981) demonstrou que a difusão numérica afeta a velocidade da onda ao mesmo tempo que a atenua. Também analisou a solução numérica da equação de difusão, com base no esquema utilizado pelo método Muskingum, definindo os erros envolvidos na discretização. Na Figura 1.30 são apresentadas as isolíneas do erro numérico na atenuação e na velocidade para diferentes valores de X e $K/\Delta t$. Nesta figura, no intervalo de X entre 0,2 e 0,5 pode-se ajustar uma curva que atenua as duas funções dentro da margem de 2,5% de erro.

Observando a equação 8.6, os coeficientes $C1$ e $C3$ podem ficar negativos de acordo com os valores dos parâmetros. $C1$ é negativo quando o $\Delta t/K$ é menor que $2X$, ou seja, a distância entre as seções é muito grande produzindo um valor alto de K , sendo necessário, evitar vazões negativas, subdividir o trecho, o que reduzirá o valor de K para cada sub-trecho.

Quando $C3$ é negativo $\Delta t/K$ é maior do que $2(1-X)$ o que indica que o intervalo de tempo é muito grande, o que também pode produzir valores negativos nas vazões, portanto é recomendável que o intervalo de tempo seja reduzido.

Recomenda-se que o modelo de Muskingum-Cunge seja utilizado somente quando seja cumprida a seguinte equação:

$$T \geq \frac{30}{S_o \sqrt{\frac{g}{h_o}}} \quad (8.12)$$

onde: T : período da onda de cheia (corresponde ao tempo total do hidrograma a ser propagado); S_o : declividade do canal; g : aceleração da gravidade; h_o : profundidade máxima do canal.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

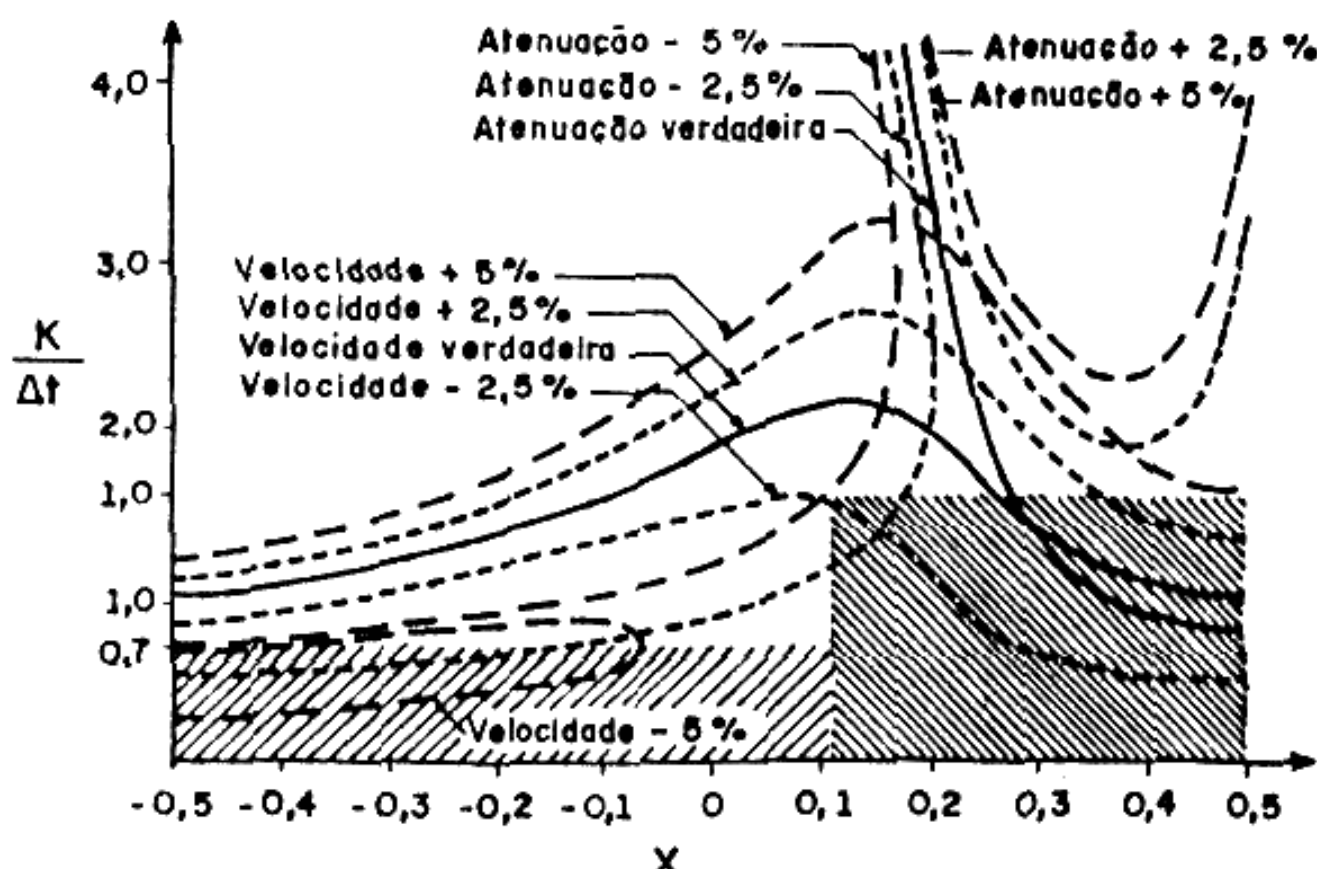


Figura 1.30 – Curva de precisão (Jones, 1981).

Caso não seja cumprida a equação 8.12, a propagação deverá ser realizada com um modelo de remanso ou hidrodinâmico.

Roteiro de cálculo

O roteiro de cálculo começa com a escolha do Δt e Δx de cálculo, no entanto, estes dependem das características dos trechos e dados disponíveis. Quando Δx é fixado em função dos dados (largura, declividade ou rugosidade), Δt é determinado procurando ficar dentro das faixas de precisão das curvas estabelecidas e $\Delta t \leq t_p/5$, onde t_p é o tempo de pico do hidrograma de entrada. Para um trecho de canal com condições físicas aproximadamente uniformes e sem dados históricos, a combinação das equações anteriores pode ser usada na discretização. Existem várias alternativas, a seguir apresentamos dois roteiros:

- 1) fixe $\Delta t = t_p/5$ ou outro valor que obedeça à condição $\Delta t \leq t_p/5$;
- 2) Δx é determinado por tentativa, iniciando com um valor obtido por

$$\Delta x_o = \frac{2,5 \cdot Q_{ref}}{S_o \cdot B \cdot co} \quad (8.13)$$

- 3) valor de Q_{ref} deve ser adotado como 2/3 da vazão máxima do hidrograma de montante.
- 4) conhecido Δx é possível calcular X e K das expressões 8.7 e 8.10. Verifique se a precisão está dentro da faixa de 5%, caso contrário retorne ao item 2 e reavalie Δx , ou usar outro valor de Δt .

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- 5) após determinados os valores de X e K dentro dos limites de aplicabilidade, determinar os valores dos ponderadores C1, C2 e C3;
- 6) realizar a propagação, com o cuidado de quando os dados não estarem discretizados de acordo com o Δt calculado, deve-se interpolar os dados de vazão.

Modelo hidrodinâmico

O escoamento numa área urbana pode ser considerado como resultante de diversos componentes, dois dos quais são de grande destaque, o que se desenvolve na superfície da bacia e o que está ligado à Rede de Drenagem de Águas Pluviais (RDAP). No primeiro, utilizam-se métodos de transformação precipitação-vazão e propagação do escoamento superficial. No segundo, os modelos de rede de condutos.

Sendo simples ou complexos, os modelos de redes de condutos desempenham grande papel no projeto e melhoramento das RDAPs, pois os resultados advindos de sua aplicação podem ser largamente utilizados para planejamento, projeto e para propósitos operacionais, e sua escolha depende de vários fatores como, por exemplo, o desejo de se representar os fenômenos físicos ou não, adquirir mais consistência ou precisão nos resultados, aplicabilidade e outros que consigam fornecer ganhos significativos.

Dentre estes modelos, os hidrodinâmicos são os mais sofisticados, pois utilizam as equações completas de Saint Venant que levam em consideração os principais elementos governantes do fluxo unidimensional. Esta formulação é necessária quando se deseja uma simulação precisa, contudo processar os fenômenos em sofisticados modelos não necessariamente significa melhorar a precisão; a vantagem está na avaliação da performance de componentes propostos de um sistema. De uma forma ou de outra, os modelos computacionais sofisticados permitem uma análise mais completa e dão resultados mais realistas.

Os modelos hidrodinâmicos em geral podem representar o sistema de redes de drenagem e contemplam todos os efeitos de remanso. As equações de fluxo são resolvidas por esquemas implícitos de diferenças finitas. As estruturas especiais que aparecem numa rede de drenagem são representadas, geralmente, de forma simplificada, mas contemplando todos os efeitos importantes que elas provocam. Como esses modelos tratam todos os processos principais envolvidos, permitem analisar modificações e levar em conta efeitos de jusante, que outros métodos não têm condições de representar, e podem ser tão rápidos quanto os outros métodos.

Atualmente, tanto na macrodrenagem como na microdrenagem, os modelos de hidrodinâmicos estão assumindo papel de destaque. Ao passo que sua sofisticação aumenta, também aumenta o suporte tecnológico e vice-versa.

Existem modelos hidrodinâmicos disponibilizados gratuitamente, por exemplo o SWMM (Storm Water Management Model) que pode ser obtido a partir de um download na Internet (www.epa.gov/ednnrmrl/swmm/), He-Ras, entre outros.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

1.8.2.2 Propagação em reservatórios

O método recomendado para o dimensionamento do reservatório é o de Puls, por ser um dos mais conhecidos. O método utiliza a equação de continuidade concentrada, sem contribuição lateral e a relação entre o armazenamento e a vazão é obtida considerando a linha de água do reservatório horizontal. Discretizando a equação da continuidade resulta

$$\frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} = \frac{I_t + I_{t+1}}{2} - \frac{Q_t + Q_{t+1}}{2} \quad (8.14)$$

onde: I_t e I_{t+1} : vazões de entrada no reservatório em t e t+1; Q_t e Q_{t+1} : vazões de saída do reservatório em t e t+1; S_t e S_{t+1} : armazenamento do reservatório nos tempos referidos.

As duas incógnitas do problema são Q e S no tempo t+1. Reorganizando a equação 8.14 com as variáveis conhecidas de um lado e as desconhecidas de outro, resulta

$$Q_{t+1} + \frac{2S_{t+1}}{\Delta t} = I_t + I_{t+1} - Q_t + \frac{2S_t}{\Delta t} \quad (8.15)$$

Como existe uma equação e duas incógnitas, a equação adicional é a relação $Q = f(S)$, relacionando a vazão de saída do reservatório com o estado de armazenamento do mesmo. A obtenção dessa função é descrita posteriormente nesse texto. Utilizando esta função, é possível construir uma segunda função auxiliar, para a determinação de Q_{t+1} .

$$Q = f1(Q + 2S/\Delta S) \quad (8.16)$$

Normalmente essa função é conhecida de forma tabular, onde para cada ordenada haverá um valor de S, dividido pelo intervalo de tempo de cálculo e somado a vazão define a nova abcissa, gerando a função f1.

Com base nas equações 8.15 e 8.16 é possível simular o escoamento através do reservatório através da seguinte sequência:

- Para o início do cálculo é necessário definir o volume inicial do reservatório (S_0). Esse volume depende dos critérios do estudo em análise ou do valor observado conhecido, no caso de reprodução de um evento. Conhecido S_0 é calculado Q_0 através da função entre as duas variáveis ($Q = f(S)$);
- Para o intervalo de tempo seguinte deve-se determinar os termos da direita da equação 8.15, já que todos os termos do lado esquerdo da equação são conhecidos (hidrograma de entrada deve ser previamente conhecido);
- O termo da direita é igual à abcissa da função f1. Portanto entrando com esse valor na função obtém-se a vazão Q_{t+1} ;
- Conhecido Q_{t+1} determina-se S_{t+1} através da função que relaciona essas variáveis.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

Os passos de b até d se repetem para todos os intervalos de tempo.

Determinação da relação entre S e Q:

Esta relação é estabelecida com base nas seguintes relações:

- cota e o armazenamento;
- cota e vazão de saída.

A curva cota x armazenamento é obtida pela cubagem do reservatório (Figura 1.31). Essa relação é apresentada na forma de tabela, gráfico ou é ajustada uma equação. Devido às características normalmente encontrada nos reservatórios essa função pode ser ajustada a uma função do tipo seguinte:

$$Z = aS^b \quad (8.17)$$

onde a e b são coeficientes ajustados aos dados e Z a cota. Existem outras expressões matemáticas utilizadas para o ajuste.

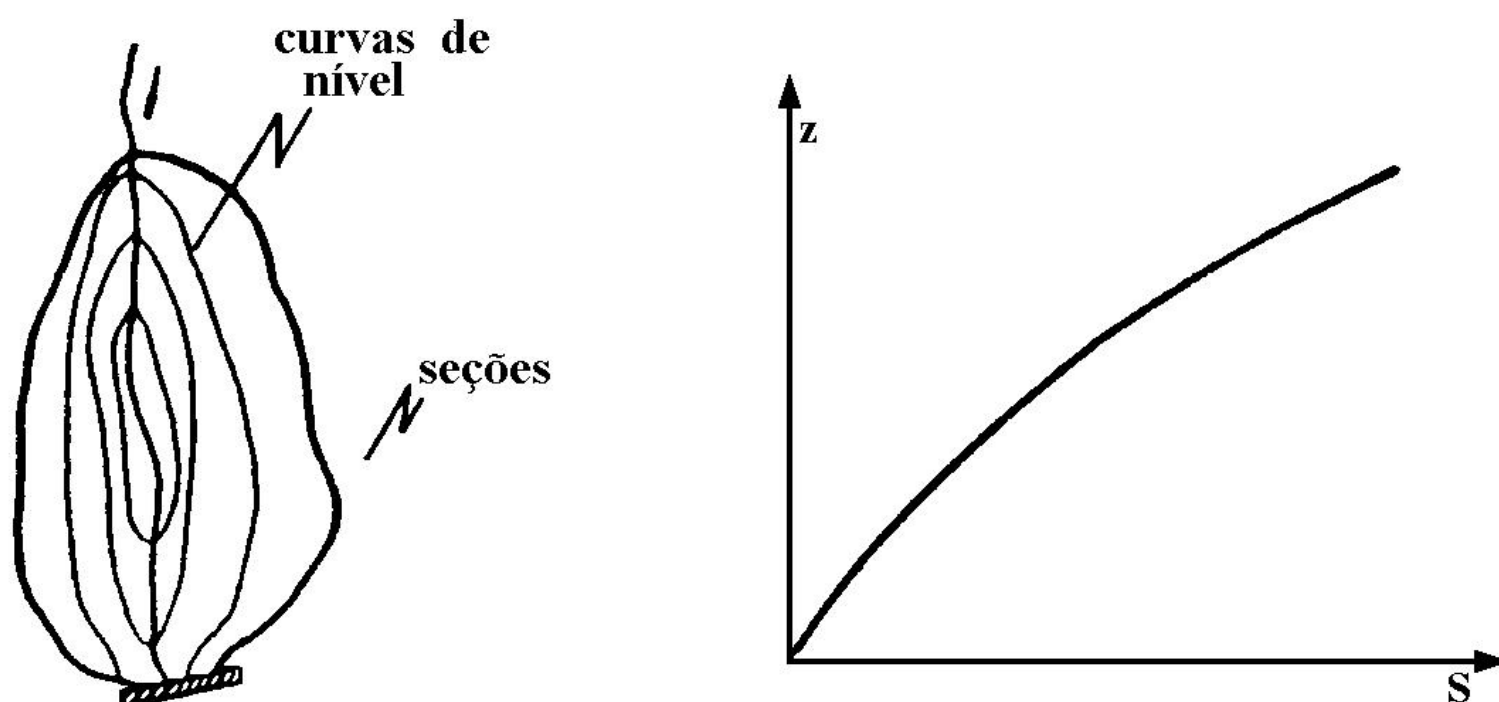


Figura 1.31 – Relação entre cota e armazenamento.

A função entre cota e a vazão de saída depende do tipo de estrutura de saída que está sendo utilizada. Essa função é fornecida pelo projetista ou estabelecida através de modelo reduzido. Os reservatórios podem possuir dois tipos de extravasores: vertedor e descarregador de fundo (Figura 1.32). Tanto um como o outro podem ter comportas.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

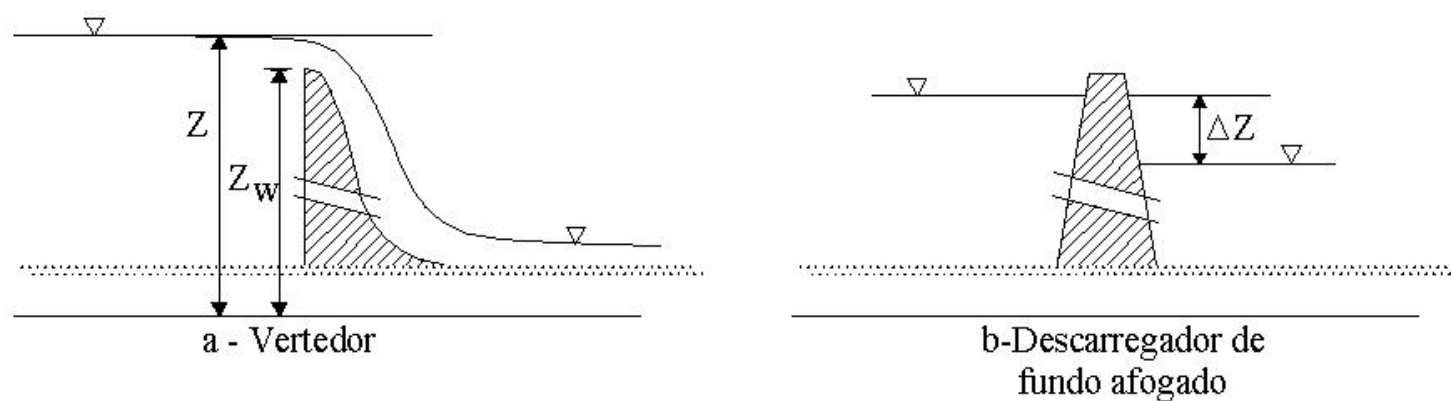


Figura 1.32 – Extravasores de reservatórios.

Para evitar que haja alteração destas equações, e possível comprometimento do funcionamento do reservatório, recomenda-se que as estruturas de descarga não operem afogadas, e para proporcionar o esvaziamento total do reservatório, que o descarregador de fundo esteja posicionado junto ao fundo do reservatório.

Combinando a função $Z = f_2(S)$ com a função $Q = f_3(Z)$ é possível determinar $Q = f(S)$ (conforme Figura 1.33). Utilizando um valor de Z_i da primeira função, determina-se S_i . Para o mesmo valor de Z_i , na função f_3 determina-se Q_i . Com esse pontos e outros obtidos da mesma forma pode-se construir a relação mencionada (Figura 1.34).

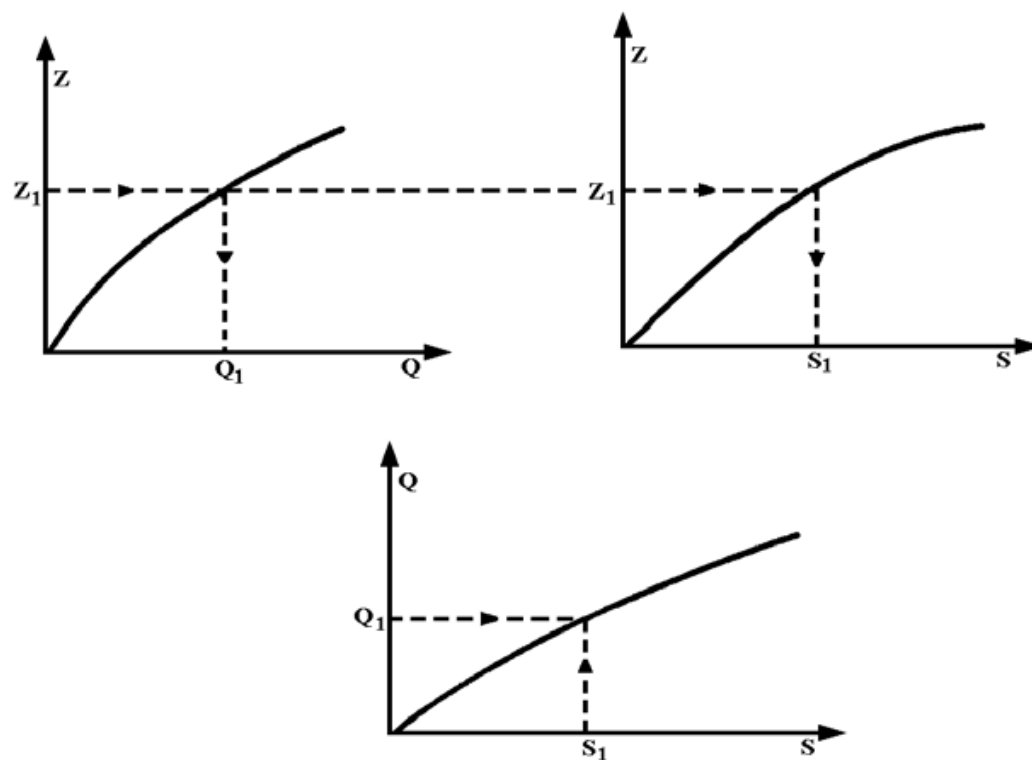


Figura 1.33 – Cálculo do amortecimento em reservatório: funções de armazenamento.

Quando o reservatório possui comportas, a curva de descarga muda para cada manobra de comporta. A função f_3 é alterada, o que necessita um novo cálculo de $Q = f(S)$. A regra operacional é transferida para a simulação através da função f_3 .

A aplicação do método de Puls, ou o uso somente da relação biunívoca entre armazenamento e vazão, implica em admitir que a linha de água no reservatório é aproximadamente horizontal. Quando a declividade da linha de água é importante, e os processos dinâmicos afetam o escoamento de saída e mesmo ao longo do reservatório, esse tipo de método não deve ser utilizado. Para esta

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

situação deve-se procurar utilizar um modelo hidrodinâmico baseado na solução das equações completas de Saint Venant ou outro modelo de escoamento que trata o trecho do reservatório como um rio.

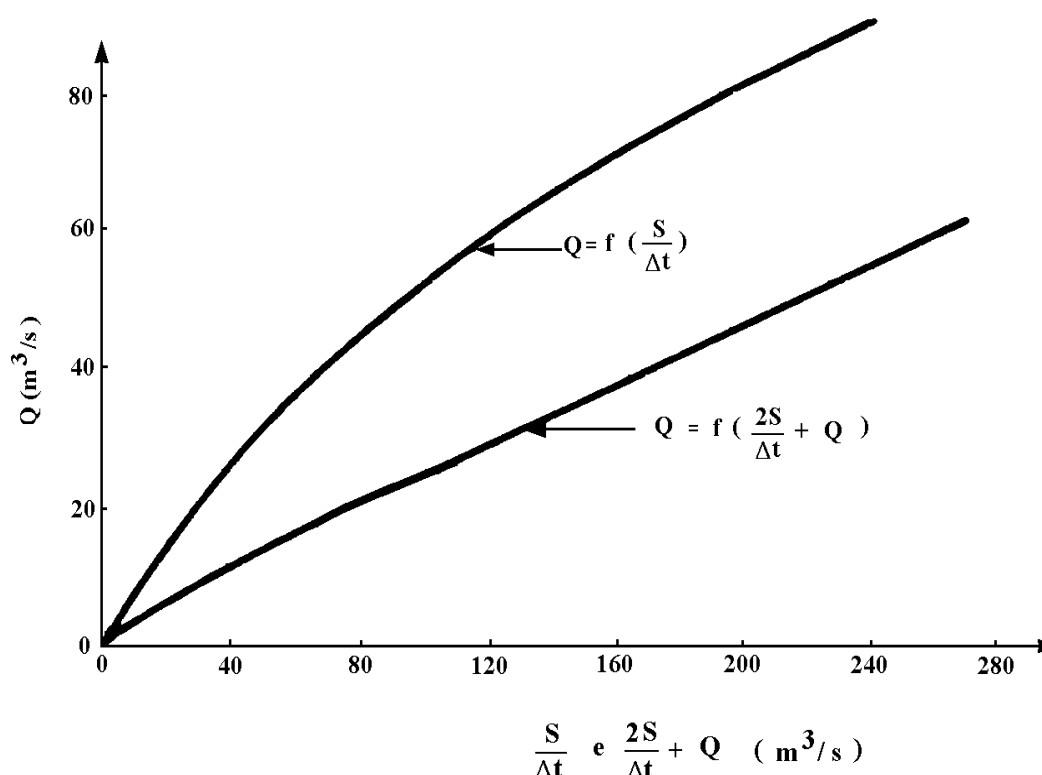


Figura 1.34 – Função vazão x armazenamento.

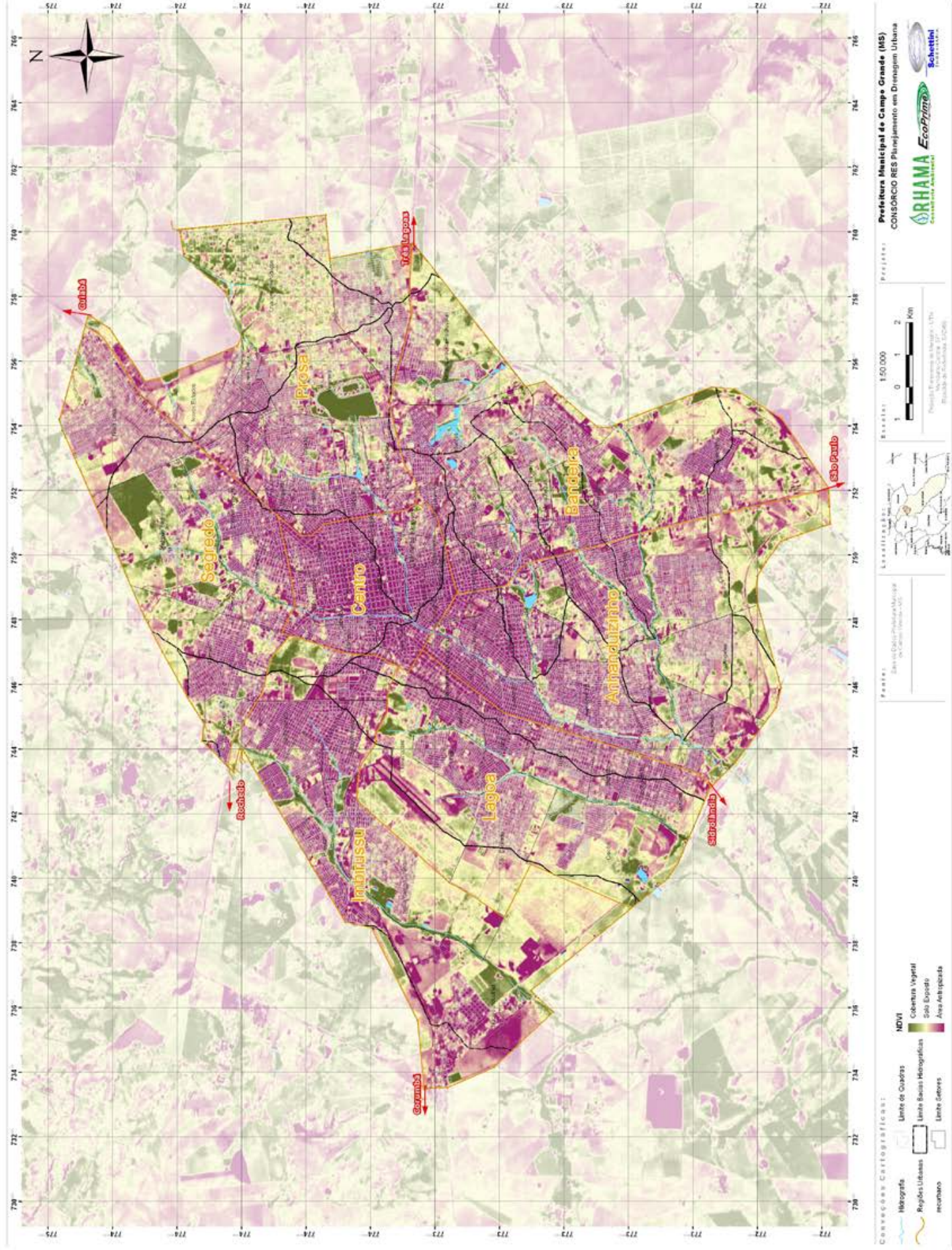
1.9 REFERÊNCIAS

- ASCE, 1969. **Design and Construction of sanitary and storm sewers**. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37).
- ASCE, 1985. **Stormwater Detention Outlet Control Structures**. Task Comitee on the Design of Outlet Structures. American Society of Civil Engineers, New York.
- ASCE, 1992. **Design and construction of stormwater management systems**. The urban water resources research council of the American Society of Civil Engineers (ASCE) and the Water Environmental Federation. New York, NY.
- CAPUTO, Homero Pinto (1969). **Mecânica dos solos e suas aplicações**. vol. 1. 2.ed. Ao livro técnico. Rio de Janeiro
- CHOW, V. Te, 1959. **Open-channel hydraulics**. McGraw-Hill – Civil Engineering Series. 680p.
- CIRIA (1996). **Infiltration drainage - Manual of good practice**. Roger Bettles Bsc PhD MCIWEM. CIRIA Report 156
- CUNGE, J.A. 1969. **On the Subject of Flood Propagation Computation Method (Muskingun Method)**. *Journal of Hydraulic Research*, Delft V7, N. 2, p205-230.
- DAEE/CETESB 1980. **Drenagem Urbana**. 2 ed. São Paulo.

CONSÓRCIO RES Planejamento em Drenagem Urbana

- DAWDY, D.R. 1967. **Knowledge of sedimentation in urban environments.** Journal of the Hydraulic Division. ASCE. v.93, Ser. HY, n.6, p. 235-245, Nov.
- HOGLAND, W.; NIEMCZYNOWICZ, J., 1986. **The unit Superstructure - A New Construction to prevent groundwater depletion.** In: BUDAPEST SYMPOSIUM, 1986. *Conjunctive Water Use: Proceedings.* Wallingford: IAHS. 547p. 512-522 (International Association of Hydrological Sciences. Publication n. 156).
- JONES, S.B. 1981. **Choice of space and time steps in the Muskingum-Cunge flood routing method.** *Proceedings Institution of Civil Engineers*, v.71, n.2, p758-772.
- LEOPOLD, L.B., 1968. **Hydrology for Urban Planning - A Guide Book on the Hydrologic Effects on Urban Land Use.** USGS circ. 554, 18p.
- MAIDMENT, D.R. (ed.) 1993. **Handbook of Hydrology.** New York: McGraw-Hill.
- NEVILLE, A. M. 1982. **Properties of Concret.** (Português). *Propriedades do Concreto.* São Paulo: PINI. XVI, 738p. IL.
- SANCHEZ, J. E., 2000. **Fundamentos de Hidrologia.** 2ª edição revisada e atualizada. 346p.
- SCHUELLER, T. 1987. **Controlling Urban Runoff : A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs.**
- SCS, 1957. **Engineering Handbook: section 4 Hydrology.** Washington: U.S. Department of Agriculture Supplement A.
- SCS, 1975. **Urban Hydrology for Small Watersheds.** Washington: U.S. Dept. Agr. (Technical Release, 55).
- SCS, 1986. **Hydrology nº 4 – Time of concentration.** NENTC Chester – Pennsylvania U.S. Dept. Agr. (Technical Note).
- SILVEIRA, 2000. **Hidrologia urbana no Brasil.** In: **Avaliação e controle da drenagem urbana.** Porto Alegre: Ed. Da Universidade. P. 511-525.
- SIMÕES LOPES, M.O., SANCHEZ, J.E.O. 1986. **Avaliação do impacto hidrológico causado pela urbanização de uma bacia.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas. vol. 1 e 2, ca.20 f.
- URBONAS, B.; STAHR, P., 1993. **Stormwater Best Management Practices and Detention,** Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p.
- WILKEN, P.S., 1978. **Engenharia de drenagem superficial.** São Paulo: CETESB 477p.

ANEXO 3 - Bacias Hidrográficas



ANEXO 4 - Cobertura Vegetal

