PREFEITURA MUNICIPAL DE CRAVINHOS

CONVITE Nº. 011/2010

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS - SP

VOLUME I - DADOS E INFORMAÇÕES

SETEMBRO/2010

Profissional	Função
Eng. Marcelo Malheiros Duclerc Verçosa	Responsável Técnico
Eng. Raphael Machado	Coordenador
Eng. Luiz Fernando Araujo	Engenheiro Civil
Engª. Dea Carolina Thieme	Engenheira Civil

ÍNDICE GERAL

1. APRESENTAÇÃO 8

2. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO 9

2.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MUNICÍPIO 9

2.1.1. Histórico do Município 9

2.2. UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS 9

2.3. ESTUDOS POPULACIONAIS E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS 10

2.3.1. População 10

2.3.1. Estatísticas vitais 12

2.3.1. Habitação 13

2.3.2. Trabalho e Renda 14

2.3.1. Consumidores de Energia Elétrica 15

2.3.1. Atividades Econômicas 16

2.4. ASPECTOS AMBIENTAIS 16

2.4.1. Cobertura vegetal natural remanescente 16

2.4.1. Áreas degradadas 19

2.5. INFRA-ESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS 19

2.5.1. Esgoto sanitário 19

2.5.1. Abastecimento de água 19

2.5.1. Resíduos sólidos 20

2.5.1. Doenças de veiculação hídrica 20

3. ESTUDOS ANTERIORES 21

3.1. PANORAMA GERAL 21

3.2. DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS PRINCIPAIS DE DRENAGEM 21

4. LEVANTAMENTO DE DADOS 23

4.1. DADOS CARTOGRÁFICOS 23

4.2. MARCOS GEODÉSICOS 23

4.3. TOPOGRAFIA 24

4.4. SONDAGENS 24

4.5. USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS 24

4.6. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS 29

4.7. AQUÍFEROS 32

4.8. IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE ÁGUA 32

4.9. DILUIÇÃO E TRANSPORTE DE EFLUENTES 32

4.10. QUALIDADE DA ÁGUA, ÍNDICES DE QUALIDADE, PERFIL SANITÁRIO E VULNERABILIDADES AMBIENTAIS 32
4.11. LEVANTAMENTO DE PREJUÍZOS CAUSADOS PELO ESCOAMENTO 33
5. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM 34
5.1. ASPECTOS GERAIS 34
5.2. CHUVAS DE PROJETO 34
5.3. ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS 35
5.3.1. Geologia 35
5.3.2. Geotecnia 36
5.4. ASPECTOS GEOMORFOPEDOLÓGICOS 37
5.4.1. Geomorfologia 37
5.4.2. Pedologia 39
5.5. CARACTERÍSTICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 42
6. SISTEMA DE DRENAGEM 43
6.1. SISTEMA EXISTENTE 43
6.2. DELIMITAÇÃO DE BACIAS DE DRENAGEM 44
7. SUBDIVISÃO E ANÁLISE DAS BACIAS DE DRENAGEM 46
8. INFORMAÇÕES CORRELATAS AO SISTEMA DE DRENAGEM 47
9. INSPEÇÕES DE CAMPO 48
9.1. PONTO 01 48
9.2. PONTO 02 50
9.3. PONTO 03 52
9.4. PONTO 04 54
9.5. PONTO 05 56
9.6. PONTO 06 58
9.7. PONTO 07 61
9.8. PONTO 08 61
9.9. PONTO 09 62
9.10. PONTO 10 64
9.11. PONTO 11 65
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68
ANEXO 01 – MAPA GEOLÓGICO 71
ANEXO 02 – MAPA GEOTÉCNICO 73
ANEXO 03 – MAPA GEOMORFOLÓGICO 75

ANEXO 04 – MAPA PEDOLÓGICO 77

ANEXO 05 – PLANTA GERAL DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS 79

ANEXO 06 – PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS CADASTRADAS 81

ANEXO 07 – PLANTA DE CADASTRO DAS SEÇÕES 83

ANEXO 08 – PLANTA DE DELIMITAÇÃO DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS 85

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

ILUSTRAÇÃO 1 – MUNICÍPIOS COM ÁREA NA UGRHI 10
ILUSTRAÇÃO 2 – LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS NO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS 30
ILUSTRAÇÃO 3 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM. 33
ILUSTRAÇÃO 4 – GEOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS. 36
ILUSTRAÇÃO 5 – GEOTECNIA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS. 37
ILUSTRAÇÃO 6 – GEOMORFOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS. 39
ILUSTRAÇÃO 7 – PEDOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS. 41
ILUSTRAÇÃO 8 – REDE HIDROGRÁFICA PRÓXIMA À ÁREA URBANA. 44
ILUSTRAÇÃO 9 – TRAÇADOS DAS SUB-BACIAS URBANAS DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS. 45
ILUSTRAÇÃO 10 – TRAVESSIA TR-5. 49
ILUSTRAÇÃO 11 – CONDIÇÕES DAS PAREDES LATERAIS DO CANAL DE JUSANTE DA TRAVESSIA TR-5. 50
ILUSTRAÇÃO 12 – CANAL DE JUSANTE DA TRAVESSIA TR-5. 50
ILUSTRAÇÃO 13 – TRAVESSIA TR-4. 51
ILUSTRAÇÃO 14 – CONDIÇÕES DAS PAREDES LATERAIS DO CANAL DE JUSANTE DA TRAVESSIA TR-4. 52
ILUSTRAÇÃO 15 – CANAL DE JUSANTE DA TRAVESSIA TR-4. 52
ILUSTRAÇÃO 16 – TRAVESSIA TR-3. 53
ILUSTRAÇÃO 17 – CANAL DE JUSANTE DA TRAVESSIA TR-3. 54
ILUSTRAÇÃO 18 – TRAVESSIA TR-2. 55
ILUSTRAÇÃO 19 – CANAL C-4. 56
ILUSTRAÇÃO 20 – TRAVESSIA TR-1. 57
ILUSTRAÇÃO 21 – CANAL C-3. 58
ILUSTRAÇÃO 22 – SAÍDA DO CANAL C-2. 59
ILUSTRAÇÃO 23 – PROTEÇÃO DOS ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS CONTRA INUNDAÇÃO. 60
ILUSTRAÇÃO 24 – SINAIS APARENTES DE INUNDAÇÃO EM POSTE DAS RUAS DO CENTRO 60
ILUSTRAÇÃO 25 – CAIXA COM GRELHA. 61
ILUSTRAÇÃO 26 – TRAVESSIA TR-6, MARGEM DIREITA. 62
ILUSTRAÇÃO 27 – TRAVESSIA TR-6, MARGEM ESQUERDA. 62
ILUSTRAÇÃO 28 – TRAVESSIA TR-7, MARGEM ESQUERDA. 63
ILUSTRAÇÃO 29 – TRAVESSIA TR-7, MARGEM DIREITA. 64
ILUSTRAÇÃO 30 – TRAVESSIA TR-8. 65
ILUSTRAÇÃO 31 – TRAVESSIA TR-9. 66
ILUSTRAÇÃO 32 – CONDIÇÕES A MONTANTE DA TRAVESSIA TR-9. 67
ILUSTRAÇÃO 33 – CONDIÇÕES A JUSANTE DA TRAVESSIA TR-9 67

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO DE 2000 -2010 11
QUADRO 2 – INFORMAÇÕES DE ESTATÍSTICAS VITAIS E SAÚDE DO ANO DE 2008 13
QUADRO 3 – DADOS RELATIVOS AO CRESCIMENTO VEGETATIVO DO MUNICÍPIO. 13
QUADRO 4 – INFORMAÇÕES RELATIVAS À HABITAÇÃO NO MUNICÍPIO. 13
QUADRO 5 – DADOS RELATIVOS À RENDA POR SETORES PRODUTIVOS NO MUNICÍPIO DE 2000 A 2004. 14
QUADRO 6 – DADOS RELATIVOS À RENDA POR SETORES PRODUTIVOS NO MUNICÍPIO DE 2005 A 2008. 15
QUADRO 7 – DADOS DO MUNICÍPIO RELATIVOS AO PESSOAL OCUPADO. 15
QUADRO 8 – DADOS DO MUNICÍPIO RELATIVOS AOS CONSUMIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. 15
QUADRO 9 – DADOS RELATIVOS AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA. 19
QUADRO 10 – RESUMO DOS USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS. 25
QUADRO 11 – DADOS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS. 31
QUADRO 12 – GEOLOGIA DE CRAVINHOS. 35
QUADRO 13 – GEOTECNIA DE CRAVINHOS. 36
QUADRO 14 – PEDOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS. 40
QUADRO 15 – GRUPOS HIDROLÓGICOS. 41

Trata-se de um relatório previsto no contrato firmado entre a PREFEITURA MUNICIPAL DE CRAVINHOS - SP e a VM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS LTDA., empresa brasileira registrada no CNPJ sob o nº. 04.257.647/0001-54 com sede à Rua Dom Pedro II, nº. 1241, São Carlos - SP.

Este relatório consubstancia o Volume I do “Plano Diretor de Drenagem Urbana”, que contempla os tópicos constantes do Termo de Referência referentes ao levantamento de dados e informações sobre o município.

2.1. Características Gerais do Município

2.1.1. Histórico do Município

Segundo informações divulgadas pela Fundação SEADE:

"A fundação de Cravinhos, em 19 de março de 1876, deve-se ao estabelecimento da família Pereira Barreto, vinda do Rio de Janeiro, na região conhecida como Canta Gallo.

Vieram atraídos pela fertilidade do solo e as possibilidades de cultivo do café. Em 1881, chegou ao local o engenheiro Dr. Santos Lopes para elaborar o projeto dos trilhos da Companhia Mogiana de Estradas de Ferro. Foi, então, construída a primeira estação de madeira com excelente acabamento, que serviu de alojamento ao referido engenheiro. A picada para a passagem dos trilhos foi aberta em 1882 e, em 23 de novembro de 1883, foi inaugurada a estrada que uniria Cravinhos a São Paulo, via Campinas.

Por volta de 1886, também chegaram à cidade outras famílias importantes como as de Feliciano Dias da Costa, de Domiciliano Fagundes e de Francisco Rodrigues dos Santos Bonfim. Este último mandou construir a primeira capela, em louvor de São Benedito, doada à paróquia de Cravinhos – hoje considerada a matriz velha, marco e patrimônio histórico da cidade.

Em 27 de abril de 1893, foi criado o distrito em terras do município de Ribeirão Preto, e quatro anos mais tarde, em 22 de julho de 1897, tornou-se município. O nome Cravinhos surgiu pela imensa quantidade de cravinas – cravos pequenos – existentes nas imediações das moradias locais."

2.2. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

O município de Cravinhos está localizado em duas unidades de gerenciamento de recursos hídricos: a do Pardo (UGRHI 04) e a Mogi-Guaçu

(UGRHI 09). Sua sede localiza-se na UGRHI 04. A figura a seguir mostra os municípios com áreas na unidade.

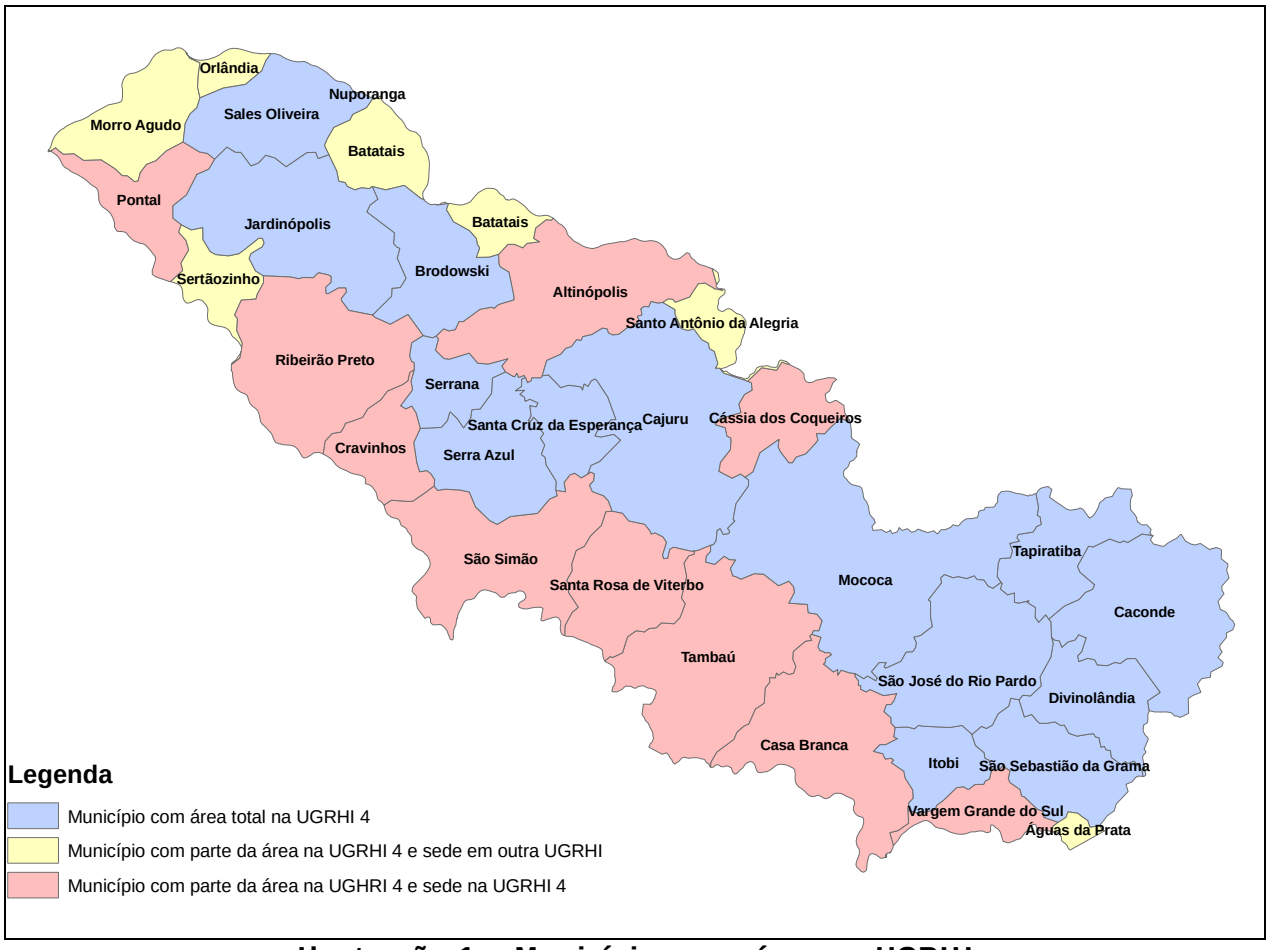


Ilustração 1 – Municípios com área na UGRHI

Fonte: Adaptado pela VM Engenharia

A Bacia do Pardo foi dividida em 6 sub-bacias, as quais foram ordenadas aproximadamente de oeste para leste e de norte para sul. Cravinhos está dentro da sub-UGRHI Ribeirão da Prata/Ribeirão Tamanduá.

2.3. Estudos Populacionais e Aspectos Socioeconômicos

2.3.1. População

De acordo com dados da Fundação SEADE, o município de Cravinhos possui em 2010 uma população estimada de 33.844 habitantes, com densidade demográfica igual a 108,7 habitantes/ km² e taxa Geométrica de Crescimento Anual da População no período de 2000/2010 de 1,79% a.a. O

Quadro 1 mostra a evolução da população total, urbana e rural entre os anos de 2000 e 2010, demonstrando o aumento pouco expressivo da população no município, e uma migração da população rural para a área urbana ao longo do tempo.

Quadro 1 – Evolução da população de 2000 -2010

Ano	População Rural	População Urbana	População Total
2000	1.226	27.123	28.349
2001	1.166	27.755	28.921
2002	1.109	28.397	29.506
2003	1.055	29.046	30.101
2004	1.005	29.705	30.710
2005	957	30.373	31.330
2006	908	30.909	31.817
2007	862	31.450	32.312
2008	819	31.996	32.815
2009	779	32.547	33.326
2010	-	-	33.844

Fonte: Fundação SEADE

Segundo o Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (2008), a população da UGRHI 04, em 2007, era de 1.028.497 habitantes. Assim sendo, no mesmo ano de referência, Cravinhos representava cerca de 3% da população da bacia.

O grau de urbanização do município tem crescido ao longo do tempo, sendo que em 2000 apresentava 95,68% da população residindo na área urbana, e em 2009 esse percentual subiu para 97,66%.

A população masculina é predominante sendo que em 2010 estima-se haver 101,92 homens para cada 100 mulheres.

O índice de envelhecimento da população que é dado pelo número de pessoas com 60 anos ou mais para cada 100 entre 0 a 14 anos cresceu entre 2000 e 2010, sendo no primeiro 33,88% e no ultimo 50,01%.

2.3.1. ESTATÍSTICAS VITAIS

A taxa de natalidade municipal no ano de 2008 foi de 12,62. Essa taxa é relativa à relação entre os nascidos vivos, ocorridos e registrados em 2008, e a população do município multiplicado por 1000 (Equação 1).

$$T_{natalidade} = \frac{Nascidos_vivos}{População_{aomeiodoperíodo}} \times 1.000$$

Equação 1 - Taxa de natalidade.

A taxa de fecundidade geral, no mesmo período, foi de 45,16. Essa taxa é relativa à relação entre o número de nascidos vivos ocorridos no município e a população feminina em idade fértil (15 a 49 anos) (Equação 2).

$$T_{fecundidade} = \frac{Nascidos_vivos}{População_feminina_{15a49anos}} \times 1.000$$

Equação 2 - Taxa de fecundidade geral.

A taxa de mortalidade municipal no ano de 2008 da população entre 15 e 34 anos foi de 34,14 por cem mil habitantes nessa faixa etária. Essa taxa representa a relação entre os óbitos da população dessa faixa etária e a população dessa mesma faixa etária (Equação 3).

$$T_{mortalidade} = \frac{Óbitos_{15a34anos}}{População_{15a34anos}} \times 100.000$$

Equação 3 - Taxa de mortalidade da população entre 15 e 34 anos.

Os dados relativos às taxas de mortalidade infantil, relativos ao ano de 2008, foram registrados em 12,08 por mil nascidos vivos.

O total de óbitos por causas externas é de 12 no ano de 2008.

O quadro abaixo seguir apresenta os valores acima citados e outros, como também a relação desses com os índices dos estados de São Paulo.

Quadro 2 – Informações de estatísticas vitais e saúde do ano de 2008

Estatísticas Vitais e Saúde	Ano	Município	Estado
Taxa de Natalidade (Por mil habitantes)	2008	12,62	14,63
Taxa de Fecundidade Geral (Por mil mulheres entre 15 e 49 anos)	2008	45,16	51,76
Taxa de Mortalidade Infantil (Por mil nascidos vivos)	2008	12,08	12,56
Taxa de Mortalidade na Infância (Por mil nascidos vivos)	2008	14,49	14,56
Taxa de Mortalidade da População entre 15 e 34 Anos (Por cem mil habitantes nessa faixa etária)	2008	34,14	120,75
Taxa de Mortalidade da População de 60 Anos e mais (Por cem mil habitantes nessa faixa etária)	2008	3719,13	3656,94
Mães Adolescentes (com menos de 18 anos) (Em %)	2008	7,73	7,13
Mães que Tiveram Sete e Mais Consultas de Pré-natal (Em %)	2008	78,3	76,89
Partos Cesáreos (Em %)	2008	47,34	56,69
Nascimentos de Baixo Peso (menos de 2,5kg) (Em %)	2008	7,04	9,03
Gestações Pré-termo (Em %)	2008	6,65	8,27

Fonte: Fundação SEADE

A diferença entre a taxa de natalidade e a taxa de mortalidade indica o crescimento vegetativo do município. O quadro a seguir expõe esse dado a partir do ano de 2000.

Quadro 3 – Dados relativos ao crescimento vegetativo do município.

Variável	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Taxa de Natalidade (Por mil habitantes)	17,07	15,04	15,29	14,88	14,43	14,17	14,14	13,25	12,62
Taxa de Mortalidade Geral - por local de residência (Por mil habitantes)	6,53	5,77	6,3	5,85	5,7	5,62	6,03	5,54	5,91
Crescimento Vegetativo (%)	1,054	0,927	0,899	0,903	0,873	0,855	0,811	0,771	0,671

2.3.1. HABITAÇÃO

A seguir são apresentados os dados relativos à habitação no município para determinados anos.

Quadro 4 – Informações relativas à habitação no município.

Variável	1980	1991	1996	2000	2003
Cortiços					Não
Favelas					Não
Condições de Moradia – Domicílios com Espaço Suficiente (Em %)				94,11	

Variável	1980	1991	1996	2000	2003
Condições de Moradia – Domicílios com Infraestrutura Interna Urbana Adequada (Em %)				98,94	
Domicílios	3.635	5.544		7.602	
Domicílios Coletivos		35		38	
Domicílios Particulares - Número de Domicílios Urbanos		5.100		7.269	
Domicílios Particulares - Número de Domicílios Rurais		444		333	
Domicílios Particulares - Total de Domicílios Particulares Permanentes		5.499	6.042	7.561	
Domicílios Particulares - Domicílios Particulares Permanentes em Cômodos		10		42	
Domicílios Particulares - Domicílios Particulares Permanentes em Casas				7.496	
Domicílios Particulares - Domicílios Particulares Permanentes em Apartamentos				23	
Domicílios Particulares - Domicílios Improvisados		10		3	
Domicílios Particulares - Domicílios Particulares Permanentes Urbanos		5.055		7.234	
Domicílios Particulares - Domicílios Particulares Permanentes Rurais		444		327	
Moradia em Áreas de Risco - Existência de Áreas de Risco com Moradias					Não
Moradia em Áreas de Risco - Número de Áreas de Risco Ocupadas por Moradias					-

Fonte: Fundação SEADE

2.3.2. TRABALHO E RENDA

Com relação à renda nos diversos Setores Produtivos, apresenta-se o seguinte quadro:

Quadro 5 – Dados relativos à renda por Setores Produtivos no município de 2000 a 2004.

Variável	2000	2001	2002	2003	2004
Renda Média na Agropecuária	683,88	621,4	544,24	586,77	645,14
Renda Média no Comércio	419,58	454,7	452,88	499,91	581,03
Renda Média na Construção Civil	566,86	519,66	546,54	842,86	1.181,98
Renda Média na Indústria	698,61	714,36	775,73	909,56	1.043,85
Renda Média nos Serviços	592,06	561,96	637,91	659,12	677,37

Quadro 6 – Dados relativos à renda por Setores Produtivos no município de 2005 a 2008.

Variável	2005	2006	2007	2008
Renda Média na Agropecuária	672,7	474,75	864,46	1.012,35
Renda Média no Comércio	666,18	693,22	782,22	812,13
Renda Média na Construção Civil	1.269,38	1.413,05	1.211,01	1.137,65
Renda Média na Indústria	1.106,43	1.248,70	1.363,91	1.448,67
Renda Média nos Serviços	878,3	1.061,74	1.073,76	956,62

Os dados existentes que demonstram a evolução do Pessoal Ocupado (POC) nas diversas atividades são:

Quadro 7 – Dados do município relativos ao Pessoal Ocupado.

Variável	1990	1991	1995	1999	2003
Pessoal Ocupado na Administração Direta Municipal	244	241	516	478	656
Pessoal Ocupado na Administração Indireta Municipal	25	25	46	53	11
Ocupados na Câmara Municipal	1	1	4	5	3

2.3.1. CONSUMIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA

Os dados existentes sobre os consumidores de energia elétrica estão divididos por setores, a saber:

Quadro 8 – Dados do município relativos aos consumidores de energia elétrica.

Variável	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Industrial	153	154	140	153	153	157	157
Comércio e Serviços	654	693	727	751	759	761	761
Residencial	7.882	8.151	8.269	8.465	8.598	8.869	9.164
Rural	250	260	258	263	262	262	241
Iluminação e Serviços Públicos e Outros	68	69	82	78	86	102	105
Total	9.007	9.327	9.476	9.710	9.858	10.151	10.428

2.3.1. Atividades Econômicas

Destacam-se como principais atividades econômicas do município a lavoura de cana-de-açúcar e as indústrias de diversos segmentos.

O município, paulatinamente, vem tornando-se um grande pólo industrial do interior de São Paulo. Segundo o Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (2008), as atividades industriais declaradas pela prefeitura são: Farmacêutica, produtos veterinários, química, sementes e mecânica.

2.4. Aspectos Ambientais

2.4.1. Cobertura vegetal natural remanescente

De acordo com o "Inventário Florestal" de 2005, que fez uso de modernos recursos das ciências computacionais e apresenta um detalhamento dos dados da publicação de 1993, incorporando os padrões utilizados pelo IBGE para o sistema de classificação fisionômico-ecológico hierarquizado da vegetação, o município de Cravinhos apresenta 1.797 ha de vegetação remanescente, segundo a Legenda IBGE (Projeto RADAM) sendo que desse total:

- 1.242 ha são de Floresta Estacional Semidecidual;
- 320 ha são de Formação Arbórea / Arbustiva em Região de Várzea;
- 235 ha são de Savana.

A adequação da terminologia de caráter regional com aquela próxima de uma classificação mais universal foi efetuada mediante associação dos remanescentes da vegetação natural, devidamente atualizados, com as unidades fisionômico-ecológicas mediante composição de suas respectivas bases digitais georreferenciadas. Observadas as limitações apresentadas pelos sensores orbitais utilizados em termos de escalas foram definidas as seguintes legendas:

Floresta Ombrófila Densa:

É uma formação com vegetação característica de regiões tropicais com temperaturas elevadas (média 25ºC) e com alta precipitação pluviométrica bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), sem período biologicamente seco.

Essa legenda abrangeu, na sua região de ocorrência, duas categorias de fitofisionomias da antiga legenda de caráter regional: mata e capoeira. Desta forma a "mata" passou a ser Floresta Ombrófila Densa, dividida nas seguintes categorias em função de gradientes altitudinais:

- Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas: 0 a 40 metros.
- Floresta Ombrófila Densa Submontana: 40 a 500 metros.
- Floresta Ombrófila Densa Montana: 500 a 1500 metros.
- Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana:1500 a 2000 metros.

De igual forma, a fitofisionomia "capoeira", passou a ser Vegetação Secundária da Floresta Ombrófila Densa, dividida também nas mesmas categorias em função dos gradientes altitudinais:

- Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas: 0 a 40 metros.
- Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Submontana: 40 a 500 metros.
- Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Montana: 500 a 1500 metros.
- Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana: > 1500 metros.

Floresta Ombrófila Mista:

Conhecida como "mata de araucária ou pinheiral" sendo encontrada em regiões da Serra da Mantiqueira e na Serra do Mar, sendo dividida nas seguintes categorias em função de gradientes altitudinais:

- Floresta Ombrófila Mista Montana: 1200 a 2000 metros
- Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana: > 1200 metros.

De igual forma, a fitofisionomia capoeira passou a ser vegetação secundária de Floresta Ombrófila Mista, dividida também nas mesmas categorias em função dos gradientes altitudinais:

- Vegetação Secundária da Floresta Ombrófila Mista Montana: 1200 a 2000 metros.
- Vegetação Secundária da Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana: > 1200 metros.

Savana (cerrado):

As diferentes fitofisionomias classificadas regionalmente como cerrado, cerradão, campo cerrado e campo, foram assim identificadas:

- Savana: cerrado
- Savana florestada: cerradão
- Savana arborizada: campo cerrado
- Savana gramíneo-lenhosa: campo

Formações Arbóreo-Arbustiva-Herbácia de Terrenos Marinhos Lodosos:

Essa legenda abrangeu, na sua região de ocorrência, a categoria chamada "mangue", na legenda regional.

Formações Arbóreo-Arbustiva-Herbácia sobre Sedimentos Marinhos Recentes:

Abrange a categoria chamada "restinga", na legenda regional.

Formações Arbóreo - Arbustiva-Herbácia em Regiões de Várzea:

Abrange a categoria de vegetação chamada "vegetação de várzea"

Em anexo está apresentado o Mapa Florestal do município de Cravinhos, referente à vegetação natural remanescente com legenda regional.

2.4.1. ÁREAS DEGRADADAS

Segundo dados do Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (2008) existem:

- 4 áreas de mineração no município de Cravinhos, que exploram basalto, diabásio e argila.
- 1 ponto susceptível a inundação no centro da zona urbana, nascente do Ribeirão Preto.

A verificação das áreas com problemas de erosão, assoreamento e drenagem foi realizada em visita técnica e será apresentada ulteriormente.

2.5. INFRA-ESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS

2.5.1. ESGOTO SANITÁRIO

O sistema de esgotamento sanitário é de responsabilidade do município através do Serviço de Autônomo de águas e Esgoto, SAEE. Segundo dados do CBH - Pardo (2008) o percentual de atendimento da coleta de esgoto é de 100% e não existe tratamento.

O corpo receptor é o Ribeirão Preto, e a carga poluidora potencial é de 1.715 kgDBO/dia.

2.5.1. ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Segundo CBH - Pardo (2008), o município de Cravinhos atende 100% da população por captação subterrânea. A operação da rede é de concessão do SAEE. Os seguintes dados relativos ao abastecimento de água foram coletados do Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (2008):

Quadro 9 – Dados relativos ao abastecimento de água.

Volume captado por mês	374.800 m³
Consumo per capta	157 l/hab.dia
Extensão da rede	108 km
Perdas	63,1%
Número de poços em operação	4, no Aquífero Guarani

Segundo informações disponibilizadas no sítio eletrônico da Agencia Nacional de Águas - ANA, o Aqüífero Guarani pode ser o maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo. Está localizado na região centro-leste da América do Sul, entre 12º e 35º de latitude sul e entre 47º e 65º de longitude oeste e ocupa uma área de 1,2 milhões de Km², estendendo-se pelo Brasil (840.000 Km²), Paraguai (58.500 Km²), Uruguai (58.500 Km²) e Argentina (255.000 Km²).

No território brasileiro, o aqüífero abrange os Estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e São Paulo.

As águas em geral são de boa qualidade para o abastecimento público e outros usos.

2.5.1. RESÍDUOS SÓLIDOS

Informações extraídas de CBH - Pardo (2008) mostraram que o município de Cravinhos efetuava, em 2006, a coleta de 30 toneladas de resíduos sólidos diariamente, sendo que o IQR (Índice de Qualidade de Aterros medido pela CETESB) em 2007 era de 3,6, ou seja, a disposição dos resíduos encontra-se em condições inadequadas (Enquadramento: “I”), conforme avaliação do referido órgão.

2.5.1. DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

Dentre as diversas doenças de veiculação hídrica, as mais recorrentes são a dengue, a diarréia e a gastroenterite.

Com relação à dengue, desde 2000 foram registrados 65 casos, sendo que em 2008 ocorreram apenas dois casos. Quanto à diarréia e a gastroenterite, em 2006 e 2007 não houve incidência das doenças.

3.1. PANORAMA GERAL

Para o desenvolvimento do presente estudo foram analisados os diversos instrumentos vigentes no município, dentre eles podem ser citados a lei orgânica, leis ambientais e, principalmente, o Plano Diretor, elaborado em 2006.

Os subsídios providos pelo Plano Diretor referem-se, basicamente, à dinâmica ocupacional na área urbana do município de Cravinhos. Serão respeitadas as tendências de expansão e ocupação sugeridas no estudo, bem como as áreas de preservação.

3.2. DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS PRINCIPAIS DE DRENAGEM

Do ponto de vista da macrodrenagem, o Ribeirão Preto é o único curso d'água que apresenta trechos canalizados. Em aproximadamente 200 metros de extensão, a seção do canal é composta por galerias de concreto e em 500 metros, por seção retangular aberta com fundo em terra e laterais revestidas em concreto.

Ao longo do trecho canalizado em seção aberta, o Ribeirão Preto apresenta cinco travessias. A jusante desse trecho localiza-se três travessias.

No item 9 são apresentadas fotos e descrições das intervenções descritas.

Quanto à microdrenagem, em visita técnica foi constatada a existência, em determinados bairros da área urbana, rede de galerias de águas pluviais. Porém, não existem dados cadastrais relativos a traçados, diâmetros e declividades.

Em entrevista com técnicos da prefeitura, foram identificados sete pontos de lançamento, a saber:

- Lançamento do Residencial Jardim Santana: 800 mm;

- Lançamento do Conjunto Habitacional Francisco Castilho: 600 mm;
- Lançamento do Jardim Itapuã: 800 mm;
- Lançamento do Conjunto Habitacional João Berbel: 800 mm;
- Lançamento do Jardim Botânico: 1000 mm;
- Lançamento do Centro: 1000 mm;
- Lançamento do Jardim Alvorada e Alvorada II: 1500 mm;

4.1. DADOS CARTOGRÁFICOS

Para a caracterização fisiográfica do município foram utilizadas as folhas topográficas do IBGE e do IGC.

As folhas do IBGE foram utilizadas para análise da área encerrada pela divisa do município. Encontram-se em escala 1:50.000, com curvas de nível a cada 20 m, referenciadas ao fuso 23° (meridiano central 45º W. Gr.), Datum Córrego Alegre, sendo elas:

- SF-23-V-C-I-1, Folha de Ribeirão Preto – SP.
- SF-23-V-C-I-2, Folha de Serrana – SP.
- SF-23-V-C-I-3, Folha de Bonfim Paulista – SP.
- SF-23-V-C-I-4, Folha de Cravinhos – SP.

As folhas do IGC foram utilizadas para análise da área urbana do município. Encontram-se em escala 1:10.000, com curvas de nível a cada 5 m, referenciadas ao fuso 23° (meridiano central 45º W. Gr.), Datum Córrego Alegre, sendo elas:

- SF-23-V-C-I-3-NE-D, Recreio Humaitá, Primeira Edição, 1992.
- SF-23-V-C-I-3-NE-F, Córrego das Flores, Primeira Edição, 1992.
- SF-23-V-C-I-4-NO-E, Cravinhos I, Primeira Edição, 1992.
- SF-23-V-C-I-4-NO-C, Cravinhos II, Primeira Edição, 1992.

4.2. MARCOS GEODÉSICOS

A pesquisa pelos marcos geodésicos localizados na região do município de Cravinhos foi realizada no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC).

Constatou-se que no município não há marcos geodésicos sob responsabilidade dos institutos citados acima, sendo que os mais próximos localizam-se no município de Ribeirão Preto, a saber:

- Fonte: IBGE
    - Nome da Estação: SAT 93509
        - Estação: 93509
        - Tipo da Estação: SAT GPS
        - Geocódigo: 3543402
- Fonte IGC:
    - Nome do Croqui: Ribeirão Preto
        - Outubro/51
        - Latitude: 21º10’30,6” S
        - Longitude: 47º48’38,5” W

4.3. TOPOGRAFIA

Os dados topográficos a serem utilizados no trabalho foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de Cravinhos. Trata-se da vetorização das folhas do IGC que contém informações da área urbana do município.

4.4. SONDAGENS

Não foram fornecidos dados de sondagens na região do município de Cravinhos.

4.5. USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

No Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE o município de Cravinhos apresenta diversos usos consultivos cadastrados (captações superficiais e subterrâneas), assim como demais interferências em recursos hídricos (travessias barramentos e lançamentos). A grande maioria dos processos de captação de água é para uso privado, cerca de 1448 m³/h, enquanto que para uso público é captado aproximadamente 258 m³/h.

O Quadro 10 apresenta o resumo dos usos cadastrados no DAEE.

Quadro 10 – Resumo dos usos dos recursos hídricos.

Nome do Rio / Aquífero	Autos	Usuário	Finalidade	Tipo	Situação	Vazão (m3/h)	UTM - Norte (Km)	UTM - Leste (Km)	MC
FORMACAO BOTUCATU - PIRAMBOIA	9305721	LOTEADOR	SANITAR	CAPT. SUBT.	LIC.PERF E IMPL.	200	7644,63	214,34	45
	9301447	PUBLICO	SANITAR	LANCAMENTO EM REDE	CAD. DAEE	0	0,00	0,00	0
	9305193	CONSTRUTOR	SANITAR	LANC. SOLO	CAD. DAEE	0	0,00	0,00	0
	9302090	INDUSTRIAL	SAN/IND	LANC. SOLO	CAD. DAEE	0	0,00	0,00	0
	9305259	SOLALT I	SANITAR	LANC. SOLO	CAD. DAEE	0	0,00	0,00	0
	9303992	US.RURAL	DESSED	CAPT. SUP.	REQ. INDEF	5	7634,47	212,22	45
	9303992	US.RURAL	DESSED	LANC. SUP.	REQ. INDEF	5	7634,48	712,40	45
	9304746	INDUSTRIAL	SANITAR	LANC. SOLO	CAD. DAEE	0	0,00	0,00	0
	9304317	SOLALT I	SANITAR	LANC. SOLO	CAD. DAEE	0	0,00	0,00	0
FORMACAO BOTUCATU	9304711	INDUSTRIAL	SAN/IND	CAPT. SUBT.	IMPL AUTORIZADA	72	7633,94	221,35	45
FORMACAO BOTUCATU	9304711	INDUSTRIAL	SAN/IND	CAPT. SUBT.	IMPL AUTORIZADA	251,4	7633,23	221,95	45
FORMACAO BOTUCATU	9304711	INDUSTRIAL	SAN/IND	CAPT. SUBT.	IMPL AUTORIZADA	251,4	7633,97	221,19	45
	9300947	INDUSTRIAL	SAN/IND	LANC. SOLO	CAD. DAEE	0	0,00	0,00	0
FREATICO	9303203	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPT. SUBT.	REQ. INDEF	2,2	7641,60	224,00	45
	9303203	AQUICULTOR	SANITAR	LANC. SOLO	CAD. DAEE	0	0,00	0,00	0
	9303709	SOLALT I	SANITAR	LANC. SOLO		0	0,00	0,00	0
	9303708	SOLALT I	SANITAR	LANC. SOLO		0	0,00	0,00	0
	9303417	INDUSTRIAL	SAN/IND	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
FORMACAO SERRA GERAL	9303173	OUTROS		CAPT. SUBT.	TAMPONADO	0	7642,09	216,02	45
	9303173	OUTROS	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9303194	OUTROS	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9303195	OUTROS	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9303174	OUTROS	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
FORMACAO SERRA GERAL	9303121	US.RURAL	IRRIGAC	CAPT. SUBT.	LIC PERFURACAO	6	7637,26	216,11	45
	9302812	US.RURAL	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9302863	US.RURAL	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9302807	US.RURAL	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9302837	US.RURAL	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9302808	US.RURAL	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9302907	US.RURAL	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9302810	US.RURAL	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9302762	OUTROS	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9302081	OUTROS	SANITAR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	9301340	INDUSTRIAL	INDUSTR	LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
FORMACAO BOTUCATU - PIRAMBOIA	9300368	COMERCIANT	SANITAR	CAPT. SUBT.	LIC PERFURACAO	5	7633,70	218,99	45
	20000	INDUSTRIAL	SAN/IND	LANC. SUP.		50	0,00	0,00	0
	20000	INDUSTRIAL	SAN/IND	CAPT. SUP.		50	0,00	0,00	0

Nome do Rio / Aquífero	Autos	Usuário	Finalidade	Tipo	Situação	Vazão (m3/h)	UTM - Norte (Km)	UTM - Leste (Km)	MC
	20000	INDUSTRIAL	SANITAR	CAPT. SUP.		0	0,00	0,00	0
	20000	INDUSTRIAL		LANC. SUP.		0	0,00	0,00	0
	28032	PUBLICO		CAPT. SUBT.		0	0,00	0,00	0
	28032	PUBLICO		CAPT. SUBT.		0	0,00	0,00	0
	28032	PUBLICO		CAPT. SUP.		30	0,00	0,00	0
SNA1 ROSARIO,RIB DO	9302704	AQUICULTOR	HIDROAG	LANC. SUP.	PORTARIA	18,4	7642,04	223,74	45
SNA1 ROSARIO,RIB DO	9302704	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPT. SUP.	PORTARIA	18,43	7641,97	223,31	45
PRETO,RIB	9303551	US.RURAL	LAZ/PAI	BARRAMENTO	CAD. DAEE	0	7638,07	216,09	45
PRETO,RIB	9301485	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7644,70	209,20	45
PRETO,RIB	28032	PUBLICO		LANC. SUP.		120	7639,15	214,20	45
PRETO,RIB	9302327	US.RURAL	LAZ/PAI	BARRAMENTO	PORTARIA	0	7638,83	214,45	45
PRETO,RIB	9302327	US.RURAL	LAZ/PAI	BARRAMENTO	PORTARIA	0	7638,30	215,10	45
PRETO,RIB	9301447	PUBLICO	DS/LIMP	DESASSOREAM ENTO	SERV AUTORIZADO	0	7637,89	216,37	45
PRETO,RIB	9301447	PUBLICO	DRENAGE	CANALIZACAO	PORTARIA	0	7637,69	216,52	45
LIMEIRA,COR DA	9301485	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7647,15	210,35	45
CONDANIN,CO R	9301485	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7642,30	207,90	45
SNA1 CONDANIN,CO R	9301485	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7643,00	208,25	45
SNA1 PRETO,RIB	9301511	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPT. SUP.	PORTARIA	25	7641,46	214,98	45
FAZENDA SANTA MARIA OU SANTA RITA,COR DA	9305193	CONSTRUTOR	ELEVNIV	BARRAMENTO	PORTARIA	0	7643,02	212,50	45
FAZENDA SANTA MARIA OU SANTA RITA,COR DA	9305193	CONSTRUTOR	ELEVNIV	BARRAMENTO	PORTARIA	0	7643,07	212,72	45
FAZENDA SANTA MARIA OU SANTA RITA,COR DA	9305193	CONSTRUTOR	ELEVNIV	BARRAMENTO	PORTARIA	0	7643,21	213,57	45
FAZENDA SANTA MARIA OU SANTA RITA,COR DA	9305193	CONSTRUTOR	PASSAGE	TRAVESSIA AEREA	PORTARIA	0	7643,73	214,04	45
FAZENDA SANTA MARIA OU SANTA RITA,COR DA	9305193	CONSTRUTOR	LAZ/PAI	CAPT. SUP.	PORTARIA	0,04	7643,91	214,21	45
FAZENDA SANTA MARIA OU SANTA RITA,COR DA	9305193	CONSTRUTOR	LAZ/PAI	CAPT. SUP.	PORTARIA	0,05	7643,99	214,26	45
FAZENDA SANTA MARIA OU SANTA RITA,COR DA	9305193	CONSTRUTOR	SANITAR	CAPTACAO EM NASCENTE	PORTARIA	0,9	7644,03	214,19	45
FIGUEIRA/TAM ANDUA OU DA FIGUEIRA/TAM ANDUA,RIB DO(A	9303203	AQUICULTOR	HIDROAG	LANC. SUP.	PORTARIA	2,2	7641,60	224,00	45

Nome do Rio / Aquífero	Autos	Usuário	Finalidade	Tipo	Situação	Vazão (m3/h)	UTM - Norte (Km)	UTM - Leste (Km)	MC
FIGUEIRA/TAMANDUA OU DA FIGUEIRA/TAMANDUA,RIBDO(A	9305384	INDUSTRIAL	PASDUTO	TRAVESSIA SUBTERRANEA	IMPL AUTORIZADA	0	7643,05	223,57	45
FIGUEIRA/TAMANDUA OU DA FIGUEIRA/TAMANDUA,RIBDO(A	9302960	US.RURAL	LAZ/PAI	CAPT. SUP.	REQ. INDEF	0,07	7642,54	223,85	45
FIGUEIRA/TAMANDUA OU DA FIGUEIRA/TAMANDUA,RIBDO(A	9302960	US.RURAL	LAZ/PAI	LANC. SUP.	REQ. INDEF	0,06	7642,49	224,04	45
FIGUEIRA/TAMANDUA OU DA FIGUEIRA/TAMANDUA,RIBDO(A	9302773	US.RURAL	LAZ/PAI	LANC. SUP.	PORTARIA	2	7642,73	224,06	45
JABUTICABAL, COR DO	9304751	INDUSTRIAL	UMECS	CAPTACAO EM NASCENTE	CAD. DAEE	4	7640,62	221,54	45
JABUTICABAL, COR DO	9305384	INDUSTRIAL	PASDUTO	TRAVESSIA SUBTERRANEA	IMPL AUTORIZADA	0	7641,92	223,28	45
SNA1 TAMANDUA,RIB DO	9305384	INDUSTRIAL	PASDUTO	TRAVESSIA SUBTERRANEA	IMPL AUTORIZADA	0	7638,09	224,07	45
SNA1 TAMANDUA,RIB DO	9303432	IRRIGANTE	IRRIGAC	LANC. SUP.	PORTARIA	13,94	7637,96	223,21	45
SNA1 TAMANDUA,RIB DO	9303432	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPT. SUP.	PORTARIA	16,78	7637,96	223,17	45
FAZENDA CRUZEIRO,COR DA	9305384	INDUSTRIAL	PASDUTO	TRAVESSIA SUBTERRANEA	IMPL AUTORIZADA	0	7646,54	223,81	45
SNA1 TAMANDUA,RIB DO	9305384	INDUSTRIAL	PASDUTO	TRAVESSIA SUBTERRANEA	IMPL AUTORIZADA	0	7640,38	223,44	45
SNA1 TAMANDUA,RIB DO	9305384	INDUSTRIAL	PASDUTO	TRAVESSIA SUBTERRANEA	IMPL AUTORIZADA	0	7639,10	223,77	45
SANTA MARIA,COR	9305384	INDUSTRIAL	PASDUTO	TRAVESSIA SUBTERRANEA	IMPL AUTORIZADA	0	7636,81	223,98	45
SNA1 SANTA MARIA,COR	9305384	INDUSTRIAL	PASDUTO	TRAVESSIA SUBTERRANEA	IMPL AUTORIZADA	0	7636,94	223,89	45
SNA1 AGUA DA CRUZ,COR	9305384	INDUSTRIAL	PASDUTO	TRAVESSIA SUBTERRANEA	IMPL AUTORIZADA	0	7634,16	224,04	45
ONCA,RIB DA	9301485	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7631,20	203,00	45
GRANDE,COR	9303572	SOLALT I	LAZ/PAI	CAPT. SUP.	PORTARIA	2,5	7630,40	210,41	45
GRANDE,COR	9303585	IRRIGANTE	SANITAR	CAPTACAO EM NASCENTE	PORTARIA	1,76	7636,80	215,50	45
SNA1 GRANDE,COR	28032	PUBLICO		CAPT. SUP.		107	7636,80	214,97	45
SNA1 GRANDE,COR	9300910	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPT. SUP.	PORTARIA	18,8	7633,50	214,89	45
SNA1 GRANDE,COR/(LIBERDADE,COR DA)	43247	OUTROS	LAZ/PAI	BARRAMENTO		0	7634,15	216,05	45

Nome do Rio / Aquífero	Autos	Usuário	Finalidade	Tipo	Situação	Vazão (m3/h)	UTM - Norte (Km)	UTM - Leste (Km)	MC
AGUA BRANCA/ESPERANCA,COR	9303145	IRRIGANTE	ELEVNIV	BARRAMENTO	PORTARIA	0	7631,50	217,10	45
AGUA BRANCA/ESPERANCA,COR	9300910	IRRIGANTE	DESSED	CAPT. SUP.	PORTARIA	2,68	7635,07	217,12	45
SAO FRANCISCO/JABUTICABAL,COR(DO)	9303109	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7636,05	205,17	45
SAO FRANCISCO/JABUTICABAL,COR(DO)	9301485	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7636,00	205,15	45
CATINGUEIRO, COR DO	9301485	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7634,65	204,55	45
CATINGUEIRO, COR DO	9303109	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7634,65	204,61	45
SNA1 ONCA,RIB DA	9301485	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7631,80	203,30	45
SNA1 ONCA,RIB DA	9303109	CONCESSION	PASSAGE	TRAVESSIA	PORTARIA	0	7631,95	203,45	45
	9303572	SOLALT I	LAZ/PAI	LANC. SUP.	PORTARIA	2,5	7630,11	210,73	45
FREATICO	9302762	OUTROS	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	0,41	7649,60	226,40	45
FREATICO	9302810	US.RURAL	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	1	7650,30	224,75	45
FREATICO	9302808	US.RURAL	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	0	7650,70	224,45	45
FORMACAO BOTUCATU	9302837	US.RURAL	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	0,5	7649,59	225,50	45
FREATICO	9302812	US.RURAL	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	0,3	7649,20	225,70	45
FREATICO	9302807	US.RURAL	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	0,5	7649,39	226,25	45
FREATICO	9302807	US.RURAL	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	0,5	7649,35	226,29	45
FREATICO	9302863	US.RURAL	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	0,2	7650,00	224,95	45
FREATICO	9303174	OUTROS	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	0,5	7649,95	221,10	45
FREATICO	9303203	AQUICULTOR	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	1	7648,61	224,75	45
FORMACAO BOTUCATU	9300910	IRRIGANTE	SANITAR	CAPT. SUBT.	PORTARIA	4,5	7633,15	214,70	45
CRISTALINO	9301390	US.RURAL	IRRIGAC	CAPT. SUBT.	PORTARIA	40	7640,94	210,90	45
FORMACAO BOTUCATU	9304317	SOLALT I	SANITAR	CAPT. SUBT.	PORTARIA	14,4	7633,78	205,61	45
FORMACAO BOTUCATU	41898	INDUSTRIAL	SAN/IND	CAPT. SUBT.	LICENCA OPERACAO	14	7631,17	215,90	45
FORMACAO SERRA GERAL	9301340	INDUSTRIAL	INDUSTR	CAPT. SUBT.	PORTARIA	5,8	7638,15	217,49	45
FORMACAO SERRA GERAL	9302081	OUTROS	SANITAR	CAPT. SUBT.	PORTARIA	5,5	7634,20	216,05	45
FORMACAO SERRA GERAL	9302090	INDUSTRIAL	SAN/IND	CAPT. SUBT.	PORTARIA	4	7640,02	215,90	45
FREATICO	9302704	AQUICULTOR	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	1,2	7642,32	223,98	45
FREATICO	9302773	US.RURAL	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	3	7642,75	223,99	45
FREATICO	9302907	US.RURAL	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	0,5	7642,85	224,00	45
FREATICO	9303194	OUTROS	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	1,5	7643,07	223,86	45
FREATICO	9303195	OUTROS	SANITAR	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	2,5	7643,15	223,97	45
FREATICO	9303252	US.URBANO	IRRIGAC	CAPT. SUBT.	CAD. DAEE	0,2	7638,15	216,65	45
FORMACAO BOTUCATU	9303145	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPT. SUBT.	PORTARIA	12	7631,30	217,00	45

Nome do Rio / Aquífero	Autos	Usuário	Finalidade	Tipo	Situação	Vazão (m3/h)	UTM - Norte (Km)	UTM - Leste (Km)	MC
FORMACAO SERRA GERAL	9303173	OUTROS	SANITAR	CAPT. SUBT.	PORTARIA	14,4	7642,20	216,01	45
FORMACAO SERRA GERAL	9303417	INDUSTRIAL	SAN/IND	CAPT. SUBT.	PORTARIA	0,9	7641,06	216,06	45
FORMACAO BOTUCATU	9303490	INDUSTRIAL	IRRIGAC	CAPT. SUBT.	PORTARIA	10,28	7643,86	215,21	45
FREATICO	9303708	SOLALT I	SANITAR	CAPT. SUBT.	PORTARIA	0,15	7642,45	223,90	45
FREATICO	9303709	SOLALT I	SANITAR	CAPT. SUBT.	PORTARIA	0,15	7642,44	223,90	45
FORMACAO SERRA GERAL - BOTUCATU	9304393	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPT. SUBT.	PORTARIA	12	7639,29	216,12	45
FORMACAO SERRA GERAL	9300947	INDUSTRIAL	SANITAR	CAPT. SUBT.	PORTARIA	2	7641,11	216,03	45
FORMACAO SERRA GERAL	9304746	INDUSTRIAL	INDUSTR	CAPT. SUBT.	PORTARIA	6	7640,29	220,55	45
FORMACAO SERRA GERAL	9305259	SOLALT I	SAN/IND	CAPT. SUBT.	PORTARIA	1,8	7640,77	216,20	45
FORMACAO SERRA GERAL	9301447	PUBLICO	SANITAR	CAPT. SUBT.	PORTARIA	1,05	7369,20	219,32	45

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE.

4.6. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

A consultora levantou os dados hidrometeorológicos do município de Cravinhos e a seguir é apresentado um resumo dos dados dos postos pluviométricos existentes, conforme informações do Banco de Dados Hidrológicos, disponibilizado pelo DAEE.

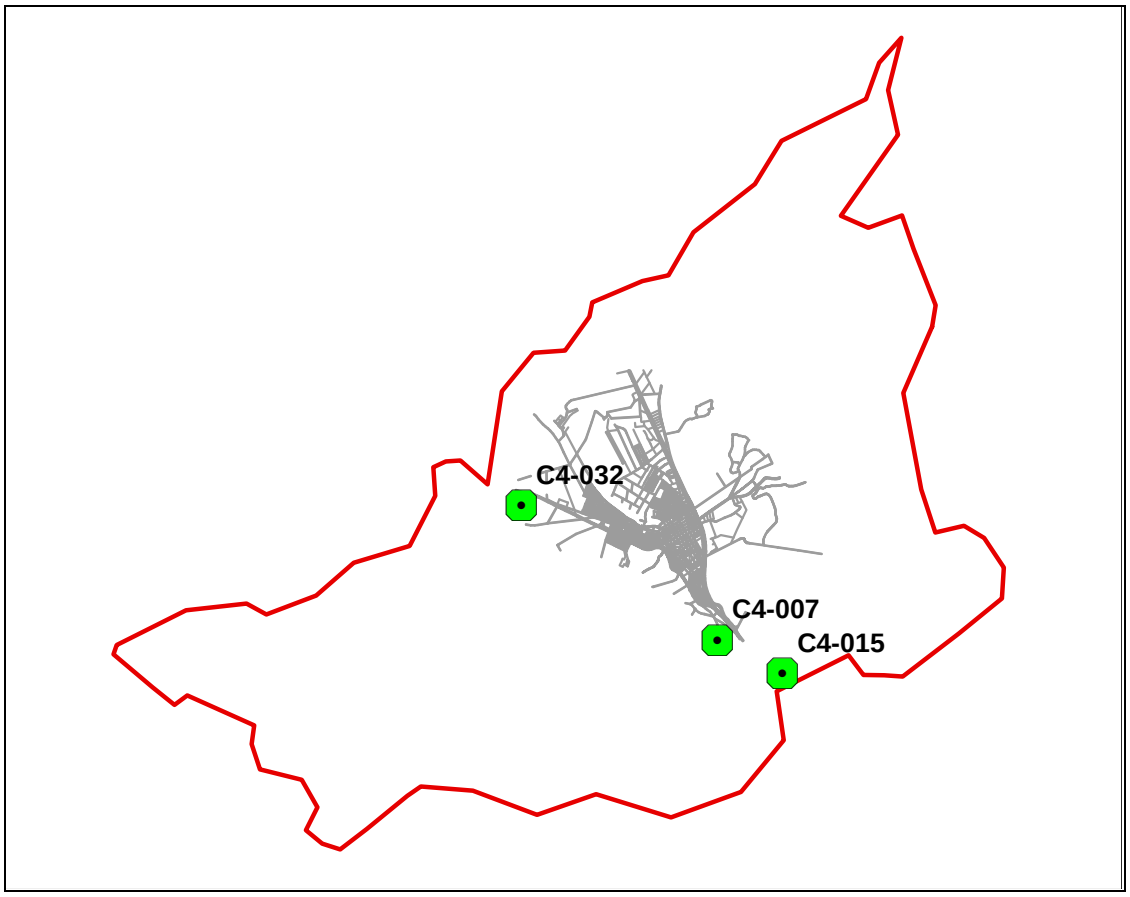


Ilustração 2 – Localização dos postos pluviométricos no município de Cravinhos.

Quadro 11 – Dados dos postos pluviométricos.

Cód DAEE	Nome do Posto	Município	Início Dados	Final Dados	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
C4-007	Cravinhos	Cravinhos	1936	2004	251,39	189,08	154,53	73,21	55,98	33,40	32,32	30,73	59,88	122,87	166,31	245,65	1415,35
C4-015	Tibirica (CMEF)	Cravinhos	1936	1964	271,14	228,06	177,09	63,65	57,34	30,37	26,15	18,82	49,14	129,90	181,78	262,21	1495,65
C4-032	Faz. das Flores	Cravinhos	1954	2004	258,51	201,61	154,23	80,29	59,73	36,61	35,46	31,91	69,46	127,68	170,97	255,60	1482,05
C4-042 (desati-vado)	Faz. Santo Andre	Cravinhos	1941	1969	249,48	216,55	165,83	63,22	67,40	35,91	32,05	20,35	47,01	126,65	148,16	239,13	1411,74
				Média	257,63	208,83	162,92	70,09	60,11	34,07	31,50	25,45	56,37	126,77	166,80	250,65	1451,20

Fonte: VM Engenharia de Recursos Hídricos Ltda.

4.7. AQUÍFEROS

Conforme DAEE, IG, IPT e CPRM (2005), a porção urbana de cravinhos situa-se sobre aqüíferos fraturados com vazão explotável por poço de 3 a 23 m³/h. Sobre aqüíferos fraturados do tipo Serra Geral, descontínuo, extensão regional, com porosidade e permeabilidade associados a fraturas, disjunções colunares e vesículas. A rocha principal deste aqüífero é o basalto.

4.8. IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE ÁGUA

Não existem registros de transposição de recursos hídricos entre bacias hidrográficas do município de Cravinhos.

4.9. DILUIÇÃO E TRANSPORTE DE EFLUENTES

Assim como mencionado anteriormente, não há estação de tratamento de esgoto (ETE) no município de Cravinhos e, portanto, os próprios cursos d'água são responsáveis pela diluição e transporte dos efluentes para um curso de maior porte. Tais efluentes não possuem relação direta com o escoamento das águas pluviais, tendo em vista que suas vazões possuem valores pouco significantes em relação ao escoamento de origem pluvial. Constitui, no entanto, um grave problema ambiental.

4.10. QUALIDADE DA ÁGUA, ÍNDICES DE QUALIDADE, PERFIL SANITÁRIO E VULNERABILIDADES AMBIENTAIS

A Ilustração 3 (CESTESB, 2010) mostra que em Cravinhos não há pontos de amostragem de qualidade de água. Observa-se que os pontos PARD02600 e PARD02500 estão localizados muito a montante do município e seus dados não podem ser utilizados para caracterizar a qualidade de água de Cravinhos. Além desses, a equipe desconhece pontos de qualidade de água não oficiais para caracterizar a qualidade.

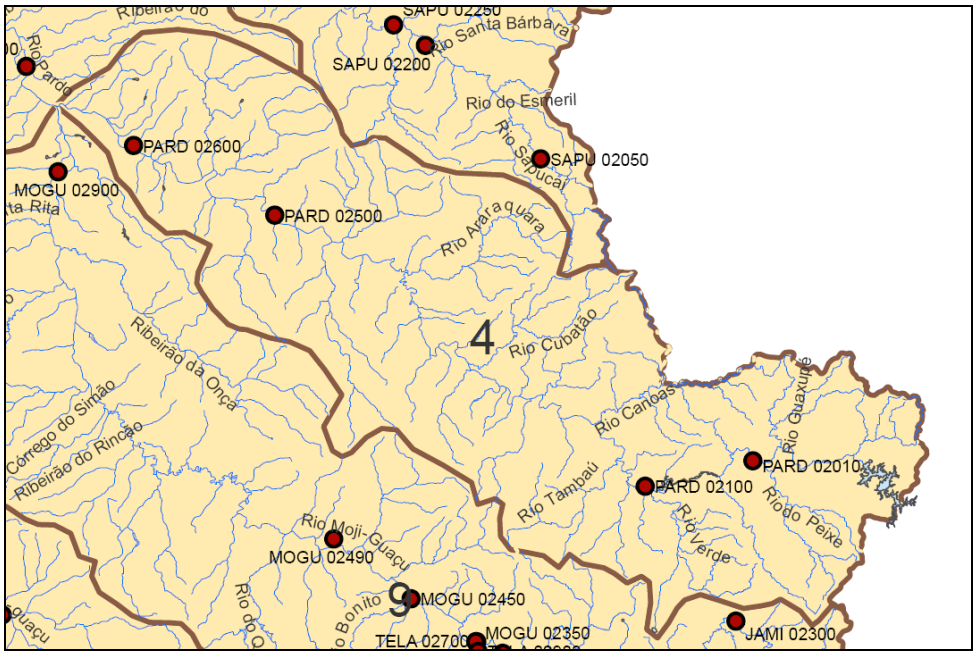


Ilustração 3 – Localização dos pontos de amostragem.

Fonte: Adaptação - Relatório de qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo 2009.

4.11. LEVANTAMENTO DE PREJUÍZOS CAUSADOS PELO ESCOAMENTO

A equipe não dispõe de informações suficientes para uma análise econômica dos prejuízos decorrentes de enchentes e inundações. A visita técnica empreendida no município, no entanto, permitiu constatar os seguintes prejuízos ocasionados pelo escoamento na ocorrência de um evento chuvoso intenso:

- Inundações localizadas devido à insuficiência da rede de galeria de águas pluviais. Dentre os bairros atingidos, podem ser destacados o Centro e Conjunto Habitacional João Berbel.
- Travessias em condições precárias que apresentam risco de serem destruídas na ocorrência de um evento chuvoso intenso;
- Trechos de canais que apresentam revestimentos em más condições de conservação.

5.1. ASPECTOS GERAIS

Para a estimativa da chuva de projeto considerou-se a equação de chuva do município de Serrana (MARTINEZ & MAGNI, 1999), tendo em vista a proximidade com o município de Cravinhos e que, em média, a precipitação anual dos dois municípios é de aproximadamente 1400 mm.

Quanto aos aspectos geológicos, geotécnicos, geomorfológicos e pedológicos, a área urbana do município localiza-se, respectivamente, em:

- Formação Serra Geral;
- Superfície com baixa suscetibilidade aos diversos processos do meio físico analisados;
- Relevos em colinas médias; e
- Predominantemente, Latossolo Roxo.

A seguir, são apresentadas as considerações e características da área em apreço.

5.2. CHUVAS DE PROJETO

Para que fossem estudados os impactos hidrológicos nas bacias urbanas e com relação à macrodrenagem, foram calculadas as vazões máximas de projeto com a utilização do método do NRCS, antigo Soil Conservation Service.

Para tanto, a precipitação de projeto é estimada considerando a equação de chuva adotada para o município.

A equação de chuva utilizada para o cálculo das vazões máximas de projeto foi a do posto pluviométrico do município de Serrana, localizado a pouco mais de 20 km de Cravinhos, disponível no site do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH, www.sigrh.sp.gov.br.

A equação do município de Serrana é do tipo “ln ln“. Esse tipo de equação foi desenvolvido entre os anos de 1979 e 1982 para o estado de São Paulo, considerando séries anuais e parciais de intensidade de chuva.

A equação de Serrana fez uso de série de dados dos anos entre 1972 a 1985, 1988 a 1994 e 1996, do posto C4-083R, a saber:

$$i_{t,T} = 39{,}8213 \cdot (t+25)^{-0{,}8987} + 9{,}1245 \cdot (t+150)^{-0{,}8656} \cdot \left[-0{,}4786 - 0{,}9085 \cdot \ln\ln\left[T/T-1\right]\right]$$

Equação 4 – Equação de chuva de Serrana a ser utilizada para o município de Cravinhos.

Em que:

- i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;
- t : duração da chuva em minutos;
- T : período de retorno em anos.

5.3. ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

5.3.1. GEOLOGIA

O município de Cravinhos está localizado em área de predomínio do Grupo São Bento, Formação Serra Geral. Na área do município são encontradas as formações geológicas apresentadas e descritas no Quadro 12.

Quadro 12 – Geologia de Cravinhos.

Legenda	Período	Formação	Grupo	Minerais de Rocha
Jksg	Triássico-Cretáceo	Serra Geral	São Bento	Basaltos toleíticos em derrames tabulares superpostos e arenitos intertrapianos
TRJb	Triássico-Cretáceo	Botucatu	São Bento	Arenitos finos a médios, estratificação cruzada de grande porte, cores creme e vermelho
TRJp	Triássico-Cretáceo	Pirambóia	São Bento	Arenitos finos a médios com matriz síltico-argilosa, estratificação cruzada de médio a grande porte
Qa	Holoceno	-	-	Depósitos aluviais, areias e argilas, conglomerados na base

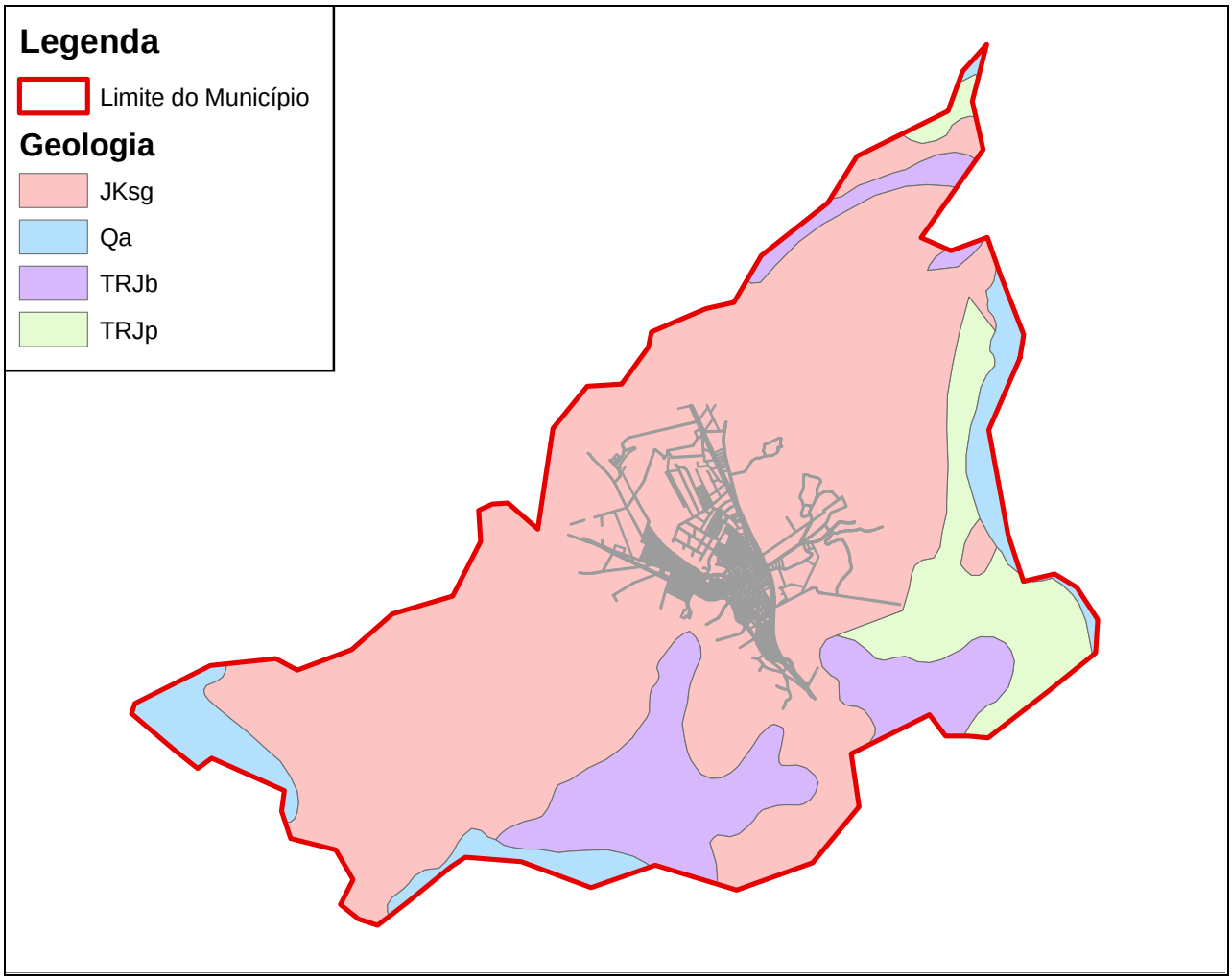


Ilustração 4 – Geologia do município de Cravinhos.
Fonte: Digitalização do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, Escala 1:250.000 Folha de Ribeirão Preto. Referência: SF-23-V-C, 1982.

5.3.2. GEOTECNIA

O território do município de Cravinhos possui é atingido pelos processos do meio físico indicados no Quadro 13, conforme a Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1994).

Quadro 13 – Geotecnia de Cravinhos.

Legenda	Processos do meio físico
2	Alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas, boçorocas de grande porte predominantemente induzida por concentração de escoamento superficial.
15	Alta suscetibilidade à erosão a inundações, recalques, assoreamento, solapamento das margens dos rios.
17	Baixas suscetibilidades aos diversos processos do meio físico analisados.

A Ilustração 5 mostra a disposição dos diferentes tipos de processos do meio físico presentes no município de Cravinhos.

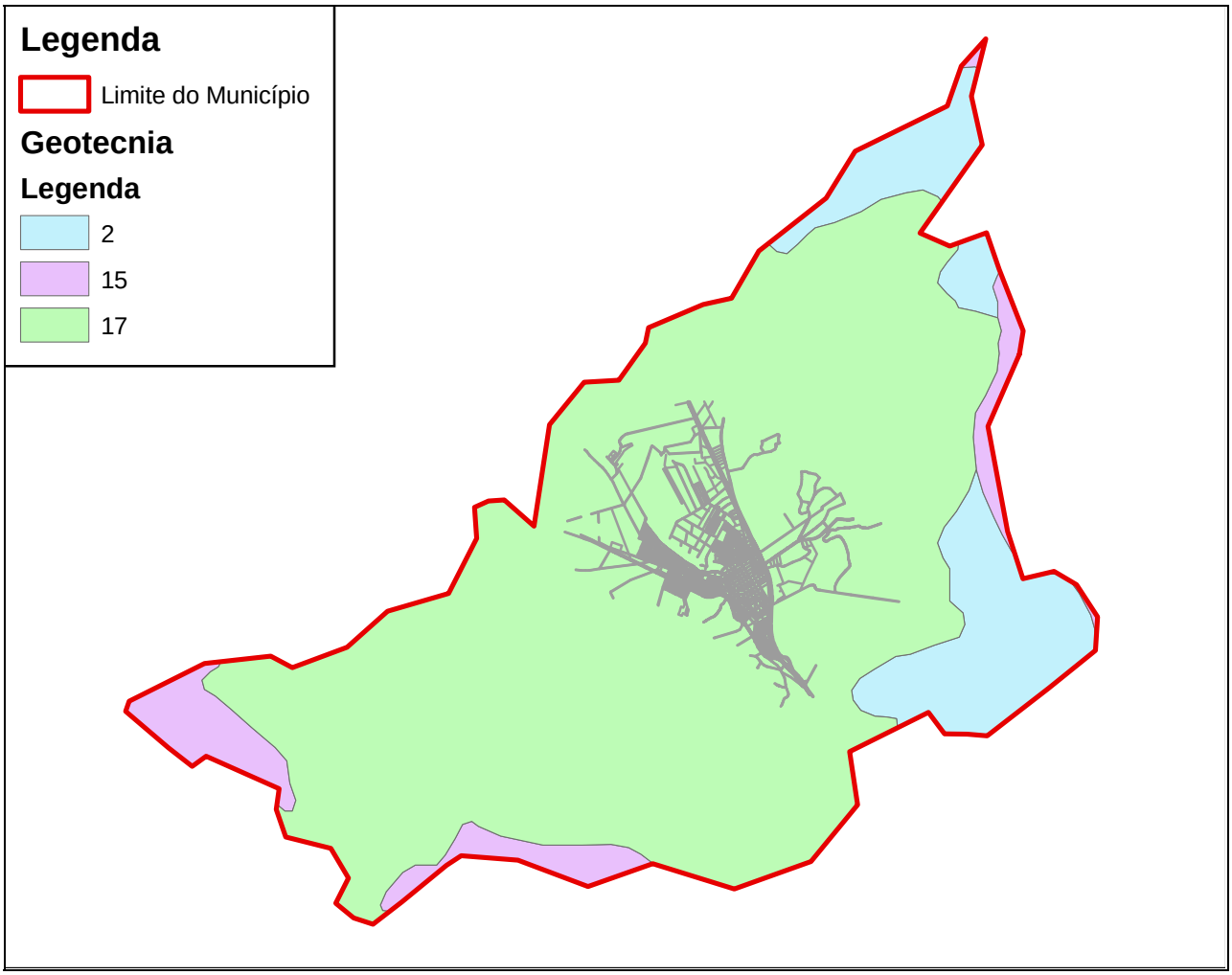


Ilustração 5 – Geotecnia do município de Cravinhos.
Fonte: Digitalização da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, Escala 1:500.000 Folha de Ribeirão Preto.

5.4. ASPECTOS GEOMORFOPEDOLÓGICOS

5.4.1. GEOMORFOLOGIA

O território do município de Cravinhos possui as seguintes formas de relevo, conforme Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1981):

Relevos de Agradação

- *Continentais:*

- Planícies Aluviais (111) - terrenos baixos e mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações;

Relevos de Degradação, em planaltos dissecados:

- *Relevo Colinoso (predominam baixas declividades – até 15% e amplitudes locais inferiores a 100 metros):*
  - Colinas amplas (212) – predominam interflúvios com área superior a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdentrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.
  - Colinas médias (213) – predominam interflúvios com área 1 a 4 km², topo aplainados, vertentes com perfis convexo a retilíneos. Drenagem média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes;
- *Relevos de Morros com encostas suavizadas (predominam baixas declividades - até 15% e amplitudes locais de 100 a 300 metros):*
  - Morros amplos (221) – constituem interflúvios arredondados com área superior a 15 km², topos arredondados a achatados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão dendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas. Em vários locais há presença de boçorocas.
- *Relevos de Morros (predominam declividades médias a altas – acima de 15% e amplitudes locais de 100 a 300 metros):*
  - Morros arredondados (241) – topos arredondados e localmente achatados, vertentes com perfis convexos a retilíneo, localmente ravinados. Exposições locais de rocha. Presença de espigões curtos locais. Drenagem de média densidade, padrão dendrítico a subdendrítico, vales fechados;

A Ilustração 6 mostra a disposição dos diferentes tipos de relevo presentes no município de Cravinhos.

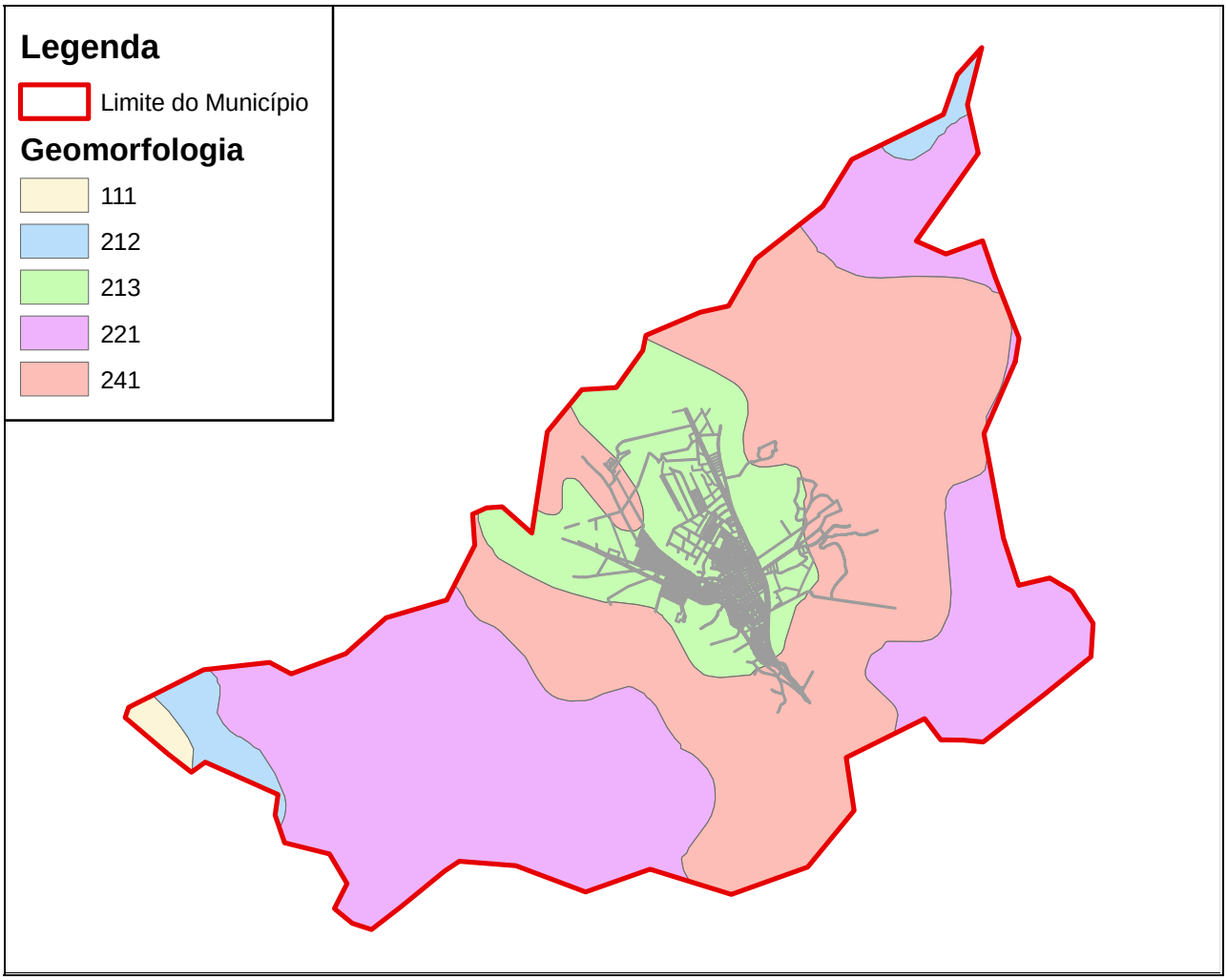


Ilustração 6 – Geomorfologia do município de Cravinhos.

Fonte: Adaptada pela VM Engenharia de Recursos Hídricos Ltda.

5.4.2. PEDOLOGIA

O estudo pedológico da área de projeto é de grande importância uma vez que a metodologia utilizada para o cálculo das vazões máximas de cada sub-bacia, Método NRCS, faz uso dos valores dos curve number (CN[1]) de cada sub-bacia, que variam conforme o uso do solo e a sua pedologia. Além da

[1] Curve number: parâmetro empírico, uso em hidrologia para estimativa do escoamento superficial e infiltração de uma precipitação determinada.

pedologia, os CN dependem do uso e ocupação de cada local. Essa classificação será apresentada em capítulo oportuno.

Neste item somente estão apresentadas a classificação pedológica e a definição dos grupos hidrológicos para cada solo existente no município.

O estudo pedológico do município foi realizado com base no Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo em escala 1:100.000, quadrícula de Ribeirão Preto.

A classificação foi realizada em ambiente SIG. Com sobreposição do mapa pedológico acima citado com o limite do município, que engloba toda a área de estudo, foi possível definir os tipos de solos existentes em todo o município e em cada sub-bacia.

O Quadro 14 apresenta os tipos de solo encontrados dentro do município e também a descrição desses e de seus componentes.

A Ilustração 7 mostra a pedologia do município.

Quadro 14 – Pedologia do Município de Cravinhos.

Pedologia	Classe	Descrição
AQ	Areia Quartzosa Profunda	Álica, A moderado.
Hi-1	Solos Hidromórficos	Associação de Gley húmico e Gley pouco húmico com ou sem solo orgânico.
Hi-3	Solos Hidromórficos	Solo Orgânico.
LE-1	Latossolo Vermelho Escuro	Álico, A moderado, textura média.
LE-2	Latossolo Vermelho Escuro	Álico ou Distrófico, A moderado, textura média.
LE-3	Latossolo Vermelho Escuro	Álico, Distrófico ou Ácrico. A moderado, textura argilosa.
LRa	Latossolo Roxo	Ácrico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.
LRd-1	Latossolo Roxo	Distrófico, A moderado ou proeminente, textura argilosa ou muito argilosa.
LRe	Latossolo Roxo	Eutrófico, A moderado ou chernozênmico, textura muito argilosa ou argilosa.
LRr	Latossolo Roxo	Eutrófico, Distrófico ou Ácrico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa, raso.
LRv	Latossolo Roxo	Ácrico ou Distrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.
LV-1	Latossolo Vermelho Amarelo	Álico, A moderado, textura média.
Li-1	Solos Litólicos	Eutróficos ou Distróficos, horizonte A chermozêmico, proeminente ou moderado, textura argilosa, com ou sem pedras ou cascalho, substrato basalto ou diabásico.
TE	Terra Roxa Estruturada	Eutrófico ou Distrófico, A moderado. Unidade Estruturada.

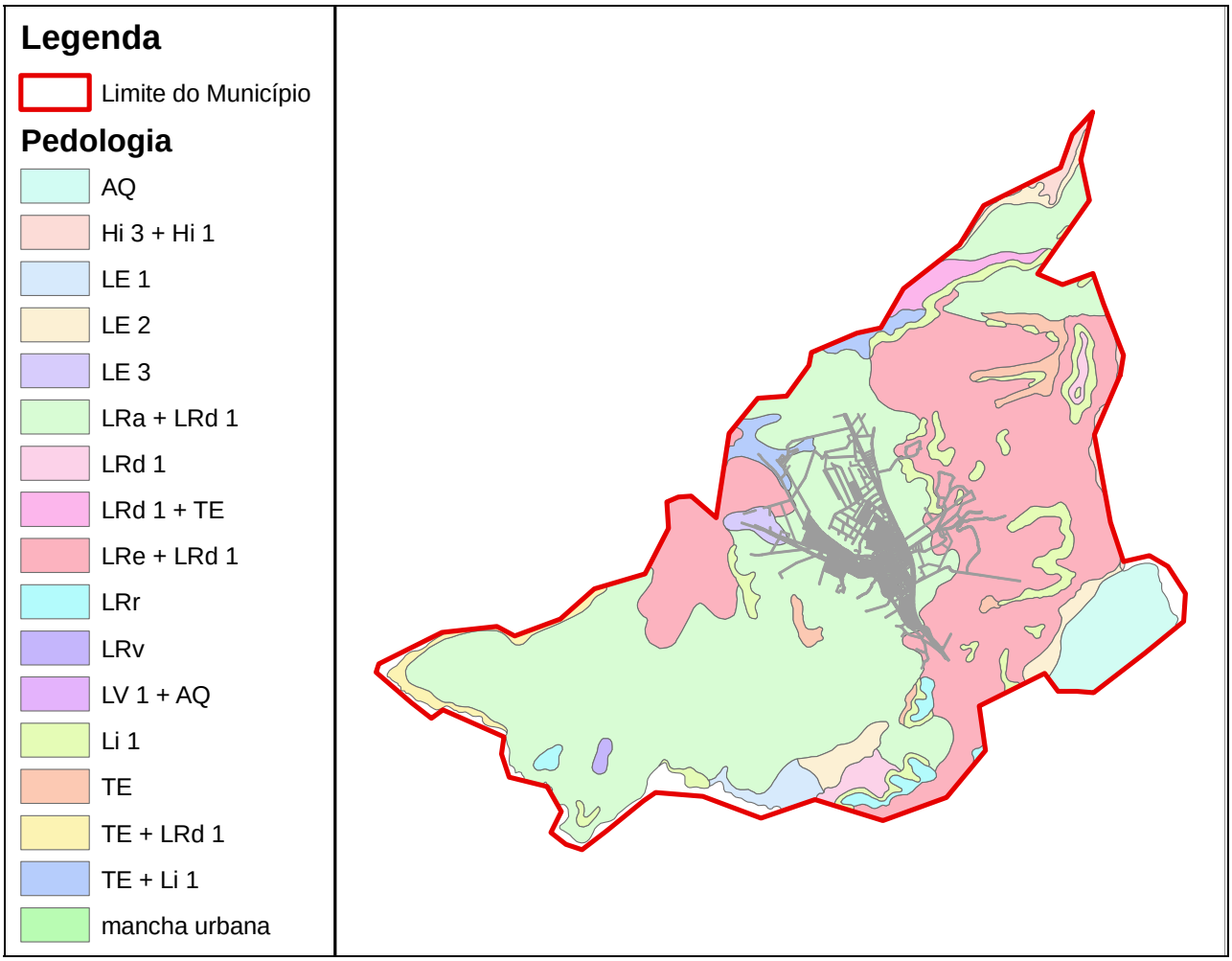


Ilustração 7 – Pedologia do município de Cravinhos.

Fonte: Adaptada pela VM Engenharia de Recursos Hídricos Ltda.

Após o estudo pedológico, os solos apresentados na Ilustração 7 foram classificados quanto ao grupo de hidrológico, conforme Sartori (2004), como mostra o Quadro 15.

Quadro 15 – Grupos hidrológicos.

Pedologia	Grupo Hidrológico
AQ	B
Hi-3 + Hi-1	D
LE-1	A
LE-2	A
LE-3	A
LRa + LRd-1	A
LRd-1	A
LRd-1 + TE	A + B
LRe + LRd-1	A
LRr	A
LRv	A
LV-1 + AQ	B

Pedologia	Grupo Hidrológico
Li-1	D
TE	B
TE + Li-1	B + D
TE + LRd-1	B + A

5.5. CARACTERÍSTICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Nota-se que a bacia do Ribeirão Preto encontra-se densamente ocupada por áreas urbanas e comerciais ocasionando um aumento significativo da parcela relativa ao escoamento superficial. As áreas encerradas por essa bacia que ainda não se encontram ocupadas (setor norte) são tratadas pelo Plano Diretor como áreas preferenciais para expansão urbana e serão analisadas para avaliar o impacto futuro e propor ações de prevenção.

Nas demais regiões, pertencentes às demais bacias, a taxa de impermeabilização também se apresenta elevada, com poucas áreas verdes e árvores nos lotes. Correspondem a setores industriais, urbanos periféricos e de expansão.

No Volume II do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDUr) serão tratadas com mais detalhes as informações relativas ao uso e ocupação do solo nas bacias a serem estudadas.

6.1. SISTEMA EXISTENTE

A área urbana do município de Cravinhos localiza-se na nascente do Ribeirão Preto e próxima às nascentes dos córregos Grande, Cachoeira, do Jaboticabal, Cravinhos e outros sem denominação.

Foi constatado que o município apresenta declividades acentuadas de relevo, que ocasionam altas velocidades de escoamento. Esse fator, associado às intervenções antrópicas e intempéries naturais pode, possivelmente, acentuar o processo erosivo da superfície natural.

A ilustração a seguir apresenta a localização da área urbana e dos cursos d'água próximos a ela:

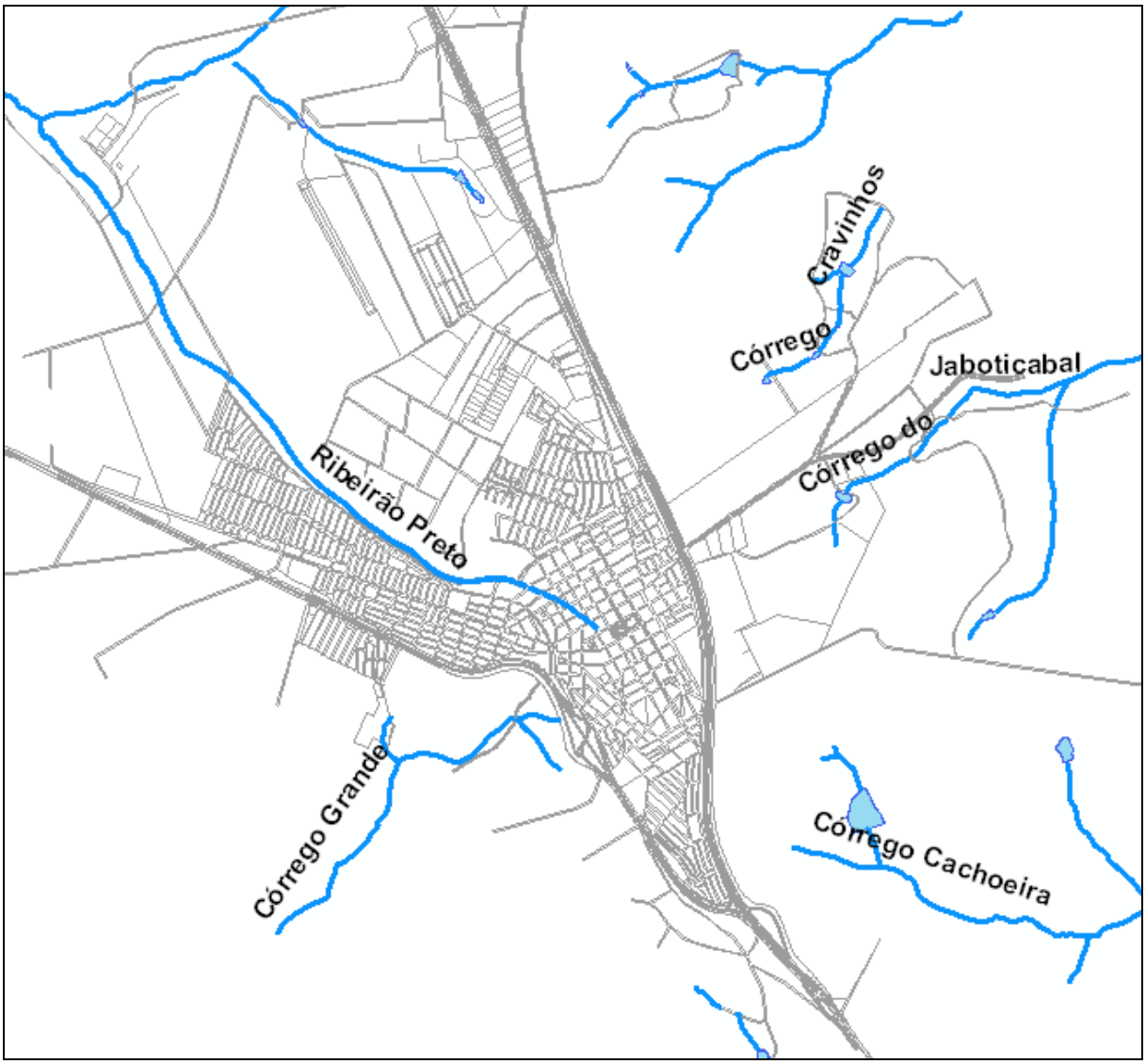


Ilustração 8 – Rede hidrográfica próxima à área urbana.

6.2. DELIMITAÇÃO DE BACIAS DE DRENAGEM

Foram identificadas seis bacias que encerram parcelas de áreas urbanizadas e drenam as águas para os seguintes cursos d'água: Ribeirão Preto, Córrego Grande, Córrego Cachoeira, Córrego Cravinhos, Córrego Jaboticabal e um afluente sem denominação do Ribeirão Preto.

Na Ilustração 9 estão representadas as bacias delimitadas, sendo que os traçados podem ser verificados com mais detalhes no ANEXO 08.

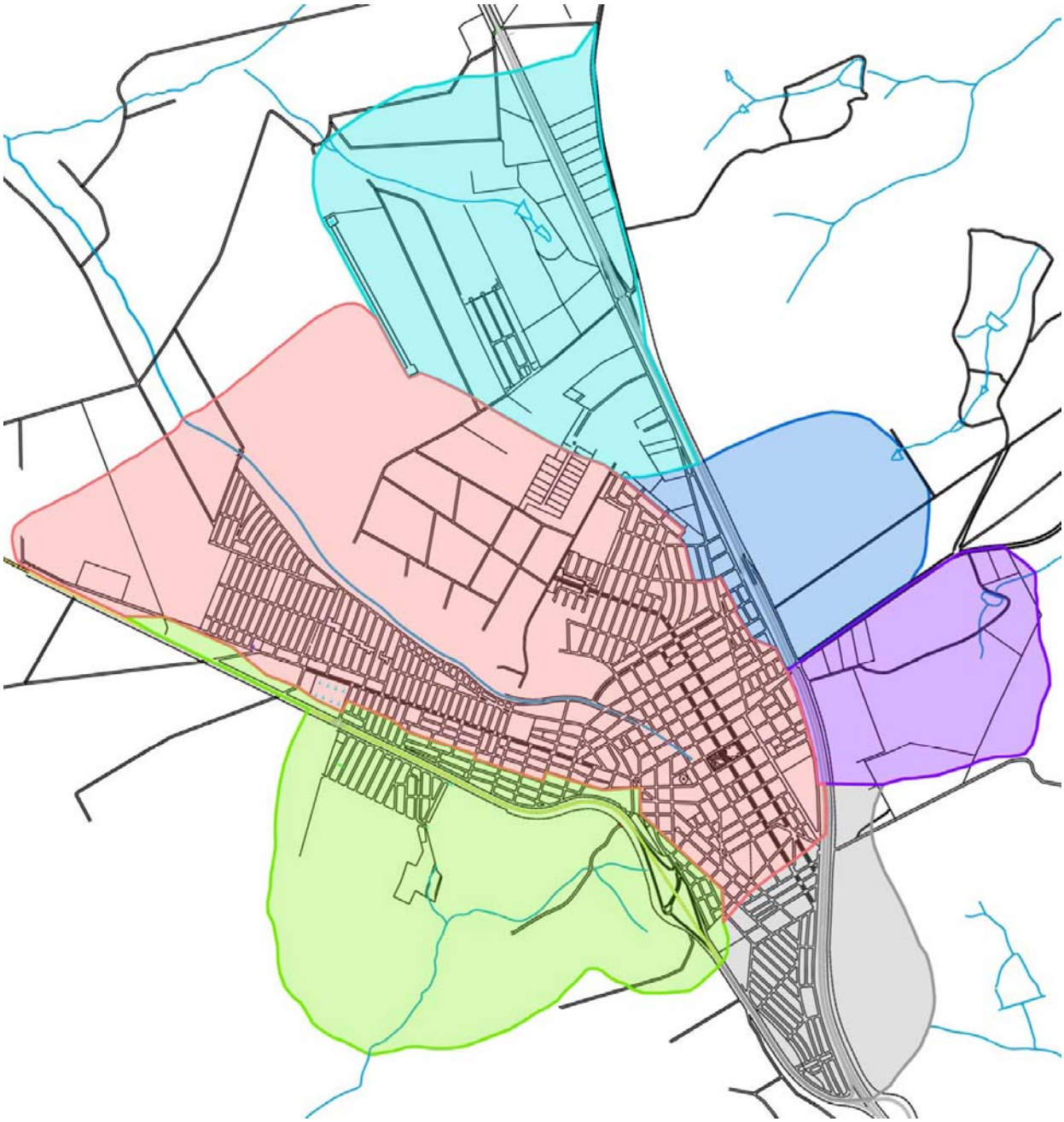


Ilustração 9 – Traçados das sub-bacias urbanas do município de Cravinhos.

7. SUBDIVISÃO E ANÁLISE DAS BACIAS DE DRENAGEM

A bacia do Ribeirão Preto é a que encerra a maior parcela da área urbana do município de Cravinhos, envolvendo a região central, mais antiga, e regiões periféricas, recentes. Cabe ressaltar que a porção norte da cidade, também localizada na bacia mencionada, foi abordada no Plano Diretor como sendo uma área preferencial para expansão urbana.

As demais bacias hidrográficas conduzem o escoamento superficial para áreas rurais e drenam pequenas parcelas de regiões urbanizadas e/ou de expansão.

Com base no Mapa Cadastral fornecido pela Prefeitura Municipal e demais informações obtidas durante a visita técnica foi possível identificar as sub-bacias. Os traçados foram efetuados baseando-se nas interferências existentes (travessias) e regiões de interesse (áreas urbanizadas).

O ANEXO 08 apresenta o mapa detalhado dos traçados das sub-bacias urbanas com a respectiva numeração para posterior identificação dos resultados.

A equipe do projeto optou pela inclusão deste capítulo para cumprimento do item 6.1, letras “l” a “p”, do Termo de Referência do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Cravinhos. Tratam-se, no entanto, de informações pouco relevantes ao projeto.

- “Caracterização do sistema institucional de gestão atual do sistema de drenagem urbana” (letra “l”): a empresa não dispôs de informações suficientes para o atendimento deste item, é sabido, no entanto, que o sistema institucional é constituído apenas por atividades de manutenção emergenciais.
- “Programa de educação ambiental e participação comunitária” (letra “m”): a empresa não dispôs de informações suficientes para o atendimento deste item.
- “Levantamento de organizações sociais, comunitárias, entidades de classe e demais agentes potencialmente participantes da elaboração do PDDUr” (letra “n”): este projeto possui características apenas técnicas e não se evidenciou, desde o início, a necessidade da elaboração participativa. Ressalta-se, no entanto, que a comunidade seja envolvida futuramente no detalhamento dos projetos das medidas estruturais e não estruturais, a serem implantadas, propostas por este Plano Diretor de Drenagem Urbana.
- “Levantamento e avaliação de planos e projetos existentes, e em desenvolvimento, que tenham alguma interface com o sistema de drenagem” (letra “o”): A equipe dispôs apenas do Plano Diretor do município.
- “Outros dados de interesse” (letra “p”): não há outras informações correlatas ao plano de macrodrenagem relevantes ao projeto.

A visita técnica realizada no município de Cravinhos, SP objetivou a verificação “in loco” de aspectos importantes para o estudo de macrodrenagem, dentre outros, como: sanar as dúvidas quanto ao traçado de bacias de contribuição; observar as características ambientais no entorno dos corpos d’água (ocupação, erosão, assoreamento, etc.); observar características construtivas das interferências (travessias, canalizações e obstruções).

A visita foi realizada no dia 12 de agosto de 2010 pela equipe técnica da VM Engenharia de Recursos Hídricos Ltda.

Nessa oportunidade foram observados e previamente discutidos os pontos potenciais para estudo de dispositivos. Tais pontos serão indicados no decorrer do texto deste relatório.

A visita foi iniciada na nascente do Ribeirão Preto percorrendo locais considerados importantes do ponto de vista de macrodrenagem para a devida inspeção. O número pontos visitados totaliza 11, onde foram cadastradas as interferências (seções de canais e travessias). O ANEXO 05 apresenta a planta de localização das interferências cadastradas.

As observações a respeito do local com relevância para o Plano de Drenagem Urbana estão apresentadas juntamente com as fotos capturadas.

No ANEXO 07 são expostos os dados relativos ao cadastro das seções, com informações coletadas *in loco* pelos técnicos da consultora. O produto apresenta as dimensões e características geométricas das seções relevantes ao projeto.

Os itens a seguir apresentam a descrição dos locais visitados.

9.1. PONTO 01

Trata-se da travessia TR-5 da Rua Marechal Deodoro da Fonseca sobre o Ribeirão Preto.

A seção da travessia possui fundo em terra com muitas irregularidades e presença significativa de vegetação rasteira. As paredes laterais são verticais e revestidas com concreto em más condições.

A seção do canal a jusante possui o fundo em condições semelhantes à travessia e paredes laterais verticais com revestimento em alvenaria estruturada em más condições.

As fotos a seguir ilustram as situações descritas.

Ilustração 10 – Travessia TR-5.

Ilustração 11 – Condições das paredes laterais do canal de jusante da travessia TR-5.

Ilustração 12 – Canal de jusante da travessia TR-5.

9.2. PONTO 02

Trata-se da travessia TR-4 da Rua Dona Inácia sobre o Ribeirão Preto.

A seção da travessia possui fundo em terra com muitas irregularidades e presença significativa de vegetação rasteira. As paredes laterais são verticais e revestidas com concreto em más condições.

A seção do canal a jusante possui o fundo em condições semelhantes à travessia e paredes laterais verticais com revestimento em alvenaria estruturada em más condições.

As fotos a seguir ilustram as situações descritas.

Ilustração 13 – Travessia TR-4.

Ilustração 14 – Condições das paredes laterais do canal de jusante da travessia TR-4.

Ilustração 15 – Canal de jusante da travessia TR-4.

9.3. PONTO 03

Trata-se da travessia TR-3 da Rua Cerqueira César sobre o Ribeirão Preto.

A seção da travessia possui fundo em terra com muitas irregularidades e presença significativa de vegetação rasteira e pedras. As paredes laterais são verticais e revestidas com concreto em más condições. A fundação da estrutura está exposta e em más condições. Há interferências significativas, no escoamento da seção, provocadas pelo emissário, que obstrui parte da seção da travessia, e pela fundação da ponte.

A seção do canal a jusante possui o fundo em condições semelhantes à seção da travessia e paredes laterais verticais, levemente inclinadas, e possuem revestimento em alvenaria estruturada em más condições.

As fotos a seguir ilustram as situações descritas.

Ilustração 16 – Travessia TR-3.

Ilustração 17 – Canal de jusante da travessia TR-3.

9.4. PONTO 04

Trata-se da travessia TR-2 sobre o Ribeirão Preto, na Rua Bernadino de Campos.

O fundo do canal sob a travessia é em terra, pouco irregular e com presença pouco significativa de vegetação. As paredes laterais são verticais e com revestimento em concreto em condições regulares.

Ressalta-se a obstrução ocasionada pelo emissário de esgoto que apresenta traçado paralelo ao eixo do curso d'água. Na seção da travessia, a tubulação encontra-se integralmente coberta por uma camada de terra, enquanto que ao longo do canal C-4, apresenta-se parcialmente exposto.

Existe ainda uma tubulação que cruza transversalmente a seção sob a travessia obstruindo, também, a passagem da onda de cheia.

O canal C-4 apresenta retangular possui fundo em terra nas mesmas condições descritas para a seção sob a travessia TR-2 e as paredes laterais

possuem revestimento, em determinado trecho, em alvenaria estruturada e, em outro, pedra argamassada.

As fotos a seguir ilustram as condições descritas.

Ilustração 18 – Travessia TR-2.

Ilustração 19 – Canal C-4.

9.5. PONTO 05

Trata-se da travessia TR-1 sobre o Ribeirão Preto, na Rua Prudente de Moraes.

O fundo do canal sob a travessia é em terra, pouco irregular com presença significativa de vegetação rasteira. As paredes laterais possuem revestimento em concreto em condições regulares.

Não há obstruções significativas ocasionada por tubulações.

O canal C-3 possui fundo em terra nas mesmas condições descritas para a seção sob a travessia TR-2. Quanto às paredes laterais, uma apresenta-se levemente inclinada com degraus, revestida com concreto, e a outra é vertical, revestida com alvenaria, ambas em condições regulares.

As fotos a seguir ilustram as condições descritas.

Ilustração 20 – Travessia TR-1.

Ilustração 21 – Canal C-3.

9.6. PONTO 06

Trata-se do ponto em que se iniciam os trechos de canal com seção aberta. Localiza-se na Rua Quinze de Novembro.

A montante o Ribeirão Preto nasce e escoa em duas galerias circulares de concreto (C-1), aparentemente em condições regulares.

A jusante (C-2) a seção do canal é semelhante às descritas nos itens anteriores. O fundo do canal é em terra e com irregularidades. As paredes laterais são levemente inclinadas, em degraus, e revestidas em concreto em condições regulares.

Ilustração 22 – Saída do canal C-2.

No local foi constatado, visualmente e por meio de entrevista realizada com alguns comerciantes, que a região próxima ao ponto sofre inundações na ocorrência de chuvas intensas.

Há marcas nos postes que indicam tal condição. Em alguns estabelecimentos comerciais foram improvisados dispositivos para impedir a invasão da água de chuva em seu interior. As fotos a seguir ilustram a situação descrita.

Ressalta-se que o problema é decorrente da insuficiência do sistema de galerias de águas pluviais, ou seja, microdrenagem.

Ilustração 23 – Proteção dos estabelecimentos comerciais contra inundação.

Ilustração 24 – Sinais aparentes de inundação em poste das ruas do centro.

9.7. PONTO 07

Trata-se de uma caixa com grelha para coletar as águas pluviais que escoam na Rua Cezário Motta.

O Ribeirão Preto escoa, nesse trecho, em duas galerias circulares.

Ilustração 25 – Caixa com grelha.

9.8. PONTO 08

Trata-se de uma travessia interditada sobre o Ribeirão Preto, localizada ao término da Rua Domingos Vessi.

Não foi realizado o cadastro da interferência, uma vez que a estrutura da travessia encontra-se comprometida e deverá ser readequada. Portanto, não serão processados cálculos hidráulicos para verificação da seção. O estudo indicará apenas a vazão de projeto no local.

Ilustração 26 – Travessia TR-6, margem direita.

Ilustração 27 – Travessia TR-6, margem esquerda.

9.9. PONTO 09

Trata-se, também, de uma travessia interditada sobre o Ribeirão Preto, localizada ao término da Rua Honorina da Silva M. Costa.

Assim como a travessia TR-6, não foi realizado o cadastro da interferência, uma vez que a estrutura da travessia está comprometida e deverá ser readequada.

Deste modo, o estudo indicará apenas a vazão de projeto na seção.

Ilustração 28 – Travessia TR-7, margem esquerda.

Ilustração 29 – Travessia TR-7, margem direita.

9.10. PONTO 10

Travessia sobre o Ribeirão Preto localizada ao término da Rua Antônio Thomazini.

A estrutura rompeu, provavelmente por eventos críticos ocorrido no passado.

O estudo indicará apenas a vazão de projeto na seção.

Ilustração 30 – Travessia TR-8.

9.11. PONTO 11

Corresponde à travessia TR-9 sobre o Ribeirão Preto, no Residencial Jardim Santana.

A seção é constituída de fundo em terra e rocha. As paredes laterais são verticais em concreto em condições regulares.

A montante e a jusante, o escoamento ocorre no leito natural do Ribeirão Preto.

Ilustração 31 – Travessia TR-9.

Ilustração 32 – Condições a montante da travessia TR-9.

Ilustração 33 – Condições a jusante da travessia TR-9.

210-VI-NEH - National Engineering Handbook. Chapter 9 Hydrologic Soil-Cover Complexes, July 2004. Disponível em http://policy.nrcs.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17758.wba.

Agencia Nacional de Águas – ANA. Projeto Aquífero Guarani Disponível em http://www.ana.gov.br/guarani/sistema/descricao.htm.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS – CPTI, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI – 4). São Paulo. 2008.

Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE. Instruções Normativas da DPO/DAEE 001, 002, 003 e 004. São Paulo. 30 de julho de 2007.

Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE. Manual de Cálculo de Vazões Máximas, Médias e Mínimas para as Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo. São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, 1994, 64p.

Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, Instituto Geológico – IG, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT e Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo. Escala 1:1.000.000. São Paulo, 2005.

Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Mapa geológico do Estado de São Paulo: folha Ribeirão Preto. Escala 1:250.000. Referência SF-23-V-C, 1982.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Banco de Dados Geodésicos. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sgb.shtm.

Instituto Geográfico e Cartográfico – IGC. Croquis de Localização de Marcos de Coordenadas Geográficas. Disponível em http://www.igc.sp.gov.br/HistArqHist/aa_croquis.htm.

FUNDAÇÃO SEADE. Disponível em: < http://www.seade.gov.br

MARTINEZ & MAGNI. São Paulo, Secretaria De Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, Departamento de Águas e Energia Elétrica, Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo. Convênio Departamento de Águas e Energia Elétrica e Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA e Instituto Agronômico. Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula Ribeirão Preto. Escala 1:100.00. Referência SF-23-V-C-I, 1983.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. Companhia de Promoção de Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de São Paulo – PROMOCET. Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais Pró-Minério. IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:1000.000. Ano de referência 1981.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT. Carta Geotécnica do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. Ano de referência 1994. SARTORI, A. Avaliação da Classificação dos grupos hidrológicos do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Total p. Dissertação (mestre em engenharia civil), Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2004.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Relatório de qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo 2009. São Paulo, 2010.

SARTORI, A. LOMBARDI NETO, F. & GENOVEZ, A. M. Classificação dos grupos hidrológicos de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. 2005. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, v.10, n.4, out/dez, pág. 05-18. 2005a.

SARTORI, A. LOMBARDI NETO, F. & GENOVEZ, A. M. Classificação dos grupos hidrológicos de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 2: Aplicação. 2005. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, v.10, n.4, out/dez, pág. 05-18. 2005b.

SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS SANEAMENTO, DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas. São Paulo, DAEE 2ª Edição, 2006

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Organizado por Carlos E. M. Tucci, André L. L. da Silveira... [et al.] – 3ª ed., primeira reimpressão. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. 1ª ed. 1993.

TUCCI, C.E.M., Porto, R.L.L., Barros, M.T. Drenagem Urbana, Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995

ANEXO 05 – PLANTA GERAL DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS

ANEXO 06 – PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS CADASTRADAS

ANEXO 07 – PLANTA DE CADASTRO DAS SEÇÕES

ANEXO 08 – PLANTA DE DELIMITAÇÃO DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRAVINHOS

CONVITE Nº. 011/2010

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS - SP

VOLUME II - ESTUDOS BÁSICOS E DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

SETEMBRO/2010

Profissional	Função
Eng. Marcelo Malheiros Duclerc Verçosa	Responsável Técnico
Eng. Raphael Machado	Coordenador
Eng. Luiz Fernando Araujo	Engenheiro Civil
Engª. Dea Carolina Thieme	Engenheira Civil

ÍNDICE GERAL

1. APRESENTAÇÃO 7

2. ESTUDOS DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO 8

2.1. PROJEÇÕES POPULACIONAIS 8

2.2. ESTIMATIVAS DE ÁREAS IMPERMEABILIZADAS 8

2.3. PROJEÇÕES DE OCUPAÇÃO DE SOLO 9

3. ESTUDOS HIDROLÓGICOS 11

3.1. MODELAGEM HIDROLÓGICA 11

3.2. CHUVAS DE PROJETO 11

3.2.1. Equação de chuva 11

3.2.2. Período de retorno 11

3.3. DADOS RELATIVOS ÀS BACIAS 12

3.4. VAZÕES DE PROJETO 13

4. ESTUDOS HIDRÁULICOS 15

4.1. ASPECTOS GERAIS 15

4.1.1. Instruções normativas para pré - dimensionamento e verificação hidráulica dos dispositivos ... 15

4.1.1.1. Folga sobre o dimensionamento 16

4.1.1.2. Coeficiente de rugosidade 16

4.1.1.3. Restrições de velocidade 17

4.1.2. Método de verificação 17

4.1.2.1. Canais retangulares e trapezoidais 17

4.1.2.1. Galerias circulares 19

4.2. PRINCIPAIS CANAIS DA REDE ATUAL DE MACRODRENAGEM 19

4.3. ESTUDOS PRELIMINARES DOS CANAIS E TRAVESSIAS 20

4.3.1. Canais 20

4.3.2. Travessias 22

5. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL 24

5.1. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA ATUAL 24

5.2. PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE REQUEREM AÇÕES IMEDIATAS 24

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 26

ANEXO 01 – MÉTODO DO NRCS 28

ANEXO 02 – DETERMINAÇÃO DO CURVE NUMBER “CN”.....36

ANEXO 03 – DIAGRAMA UNIFILAR.....42

ANEXO 04 – MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....44

ANEXO 05 – MAPA DE RISCO.....46

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

ILUSTRAÇÃO 1 – ESQUEMA DE UMA SEÇÃO RETANGULAR. 18
ILUSTRAÇÃO 2 – ESQUEMA DE UMA SEÇÃO TRAPEZOIDAL. 18
ILUSTRAÇÃO 3 – ESQUEMA DE UMA SEÇÃO CIRCULAR. 19

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – PROJEÇÕES DEMOGRÁFICAS URBANAS, RURAIS E TOTAIS NO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS. 8
QUADRO 2 – EVOLUÇÃO DA EXPANSÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS. 9
QUADRO 3 – TABELA DE DADOS RELATIVOS ÀS BACIAS. 12
QUADRO 4 – RESULTADOS DAS VAZÕES MÁXIMAS EM CADA SEÇÃO. 14
QUADRO 5 – VALORES MÍNIMOS DE BORDA LIVRE SOBRE O DIMENSIONAMENTO. 16
QUADRO 6 – VALORES RECOMENDADOS PARA O COEFICIENTE DE MANNING. 17
QUADRO 7 – LIMITES DE VELOCIDADE. 17
QUADRO 8 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL C-1. 20
QUADRO 9 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL C-2. 21
QUADRO 10 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL C-3. 21
QUADRO 11 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL C-4. 21
QUADRO 12 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL C-5. 21
QUADRO 13 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL C-6. 22
QUADRO 14 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL C-7. 22
QUADRO 15 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL TR-1. 22
QUADRO 16 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL TR-2. 22
QUADRO 17 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL TR-3. 23
QUADRO 18 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL TR-4. 23
QUADRO 19 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL TR-5. 23
QUADRO 20 – RESUMO DOS RESULTADOS DO CANAL TR-9. 23
QUADRO 21 – RELAÇÕES PARA O CALCULO DO HIDROGRAMA CURVILÍNEO DO NRCS E DE SUA CURVA DE MASSA. 31
QUADRO 22 – "CURVE NUMBER" PARA ÁREAS RURAIS (AGRICULTURA) (1) 37
QUADRO 23 – "CN" DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA USOS AGRÍCOLAS (IA = 0,2.S, CONDIÇÃO II DE UMIDADE ANTECEDENTE E CONDIÇÃO HIDROLÓGICA SUPERFICIAL MÉDIA) 39
QUADRO 24 – "CURVE NUMBER" PARA ÁREAS URBANAS 40

Trata-se do relatório previsto no contrato firmado entre a PREFEITURA MUNICIPAL DE CRAVINHOS - SP e a VM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS LTDA., empresa brasileira registrada no CNPJ sob o nº. 04.257.647/0001-54 com sede à Rua Dom Pedro II, nº. 1241, São Carlos - SP.

Este relatório consubstancia o Volume II do "Plano Diretor de Drenagem Urbana", que contempla os tópicos constantes do Termo de Referência referentes ao estudo básico e diagnóstico da situação atual.

2.1. PROJEÇÕES POPULACIONAIS

As projeções demográficas foram extraídas do Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (2008) e são referentes aos anos de 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2015, 2016 e 2019. A população total corresponde à soma da população urbana e rural. O quadro a seguir contém as informações descritas.

Quadro 1 – Projeções demográficas urbanas, rurais e totais no município de Cravinhos.

Ano	População Rural	População Urbana	População Total
2008	735	28.800	29.536
2009	690	29.009	29.699
2010	647	29.220	29.867
2011	606	29.432	30.038
2012	569	29.645	30.214
2015	314	31.610	31.924
2016	250	32.045	32.295
2019	68	33.350	33.418

Fonte: Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI-4)

2.2. ESTIMATIVAS DE ÁREAS IMPERMEABILIZADAS

A análise de áreas impermeabilizadas, para a condição atual de ocupação, foi realizada utilizando imagens de satélite obtidas no *"software" Google Earth*. Para a classificação das regiões da área urbanizada do município de Cravinhos, foram criadas quatro classes apresentando diferentes faixas de impermeabilização, a saber:

- Área urbanizada com impermeabilização menor do que 65%;
- Área urbanizada com impermeabilização variando entre 65% a 75%;
- Área urbanizada com impermeabilização variando entre 76% a 85%;
- Área urbanizada com impermeabilização maior do que 85%;

No ANEXO 04 pode ser visualizada a classificação aplicada à superfície das bacias de drenagem traçadas.

2.3. PROJEÇÕES DE OCUPAÇÃO DE SOLO

As projeções de ocupação do solo subsidiaram a elaboração do cenário tendencial para avaliação dos impactos decorrentes da urbanização no sistema de macrodrenagem existente.

Tendo em vista que não existem informações precisas relacionadas à expansão urbana, optou-se por estimar uma taxa de crescimento da área impermeável levando em conta a evolução da mancha urbana relatada no Plano Diretor do município.

O Quadro 2 apresenta o aumento progressivo da área urbana em períodos divididos a cada 10 anos. Tais informações foram coletadas da planta "Evolução da Mancha Urbana" elaborada no Plano Diretor de Cravinhos. Utilizou-se um "software" gráfico para medir as áreas de acordo com o período de construção.

Quadro 2 – Evolução da expansão urbana do município de Cravinhos.

Período	Área (m²)	Área acumulada (m²)	Taxa de crescimento
Até 1949	595.253	595.253	-
Anos 50	139.358	734.612	23,41%
Anos 60	238.288	972.900	32,44%
Anos 70	1.879.193	2.852.092	193,15%
Anos 80	1.110.242	3.962.335	38,93%
Anos 90	779.775	4.742.110	19,68%
Anos 2000	733.972	5.476.082	15,48%

Observando o quadro acima, pode-se depreender:

- Da época de sua formação à década de 70, a área urbana do município de Cravinhos apresentou uma evolução acelerada quanto à ocupação urbana;
- A partir da década de 80, o município continuou apresentando crescimento significativo a despeito de haver uma desaceleração do processo;

- Para realizar a projeção de ocupação do solo, considerou-se que o crescimento da mancha urbana ocorrerá, nos próximos 10 anos, em ritmo semelhante aos anos 2000 e, para tanto, adotou-se uma taxa de expansão de 15% no período.

Ainda com relação ao Plano Diretor, uma das diretrizes constantes no trabalho, recomenda que o setor norte na área urbana do município seja considerado como zona preferencial de ocupação urbana e que os terrenos marginais à rodovia Anhanguera sejam utilizados para a expansão urbana.

Portanto, os seguintes critérios serão adotados para estimar a projeção de ocupação:

- Áreas atualmente não ocupadas: Nos setores de expansão urbana e industrial, considerar-se-á um aumento de 15% da urbanização em todas as bacias que drenam essas áreas.
- Áreas atualmente ocupadas: Será considerada uma taxa de adensamento de 5%, ou seja, acréscimo de 5% da área impermeabilizada nas bacias ocupadas.

3.1. MODELAGEM HIDROLÓGICA

A modelagem hidrológica foi processada por meio de planilhas de cálculo computacional que utilizam a metodologia do *Natural Resources Conservation Service – NRCS*, antigo *Soil Conservation Service – SCS*, descrita no ANEXO 01.

Serão considerados dois cenários de ocupação do solo para avaliação dos impactos decorrentes do escoamento superficial. São eles:

- Cenário Atual: considera as áreas atualmente ocupadas;
- Cenário Tendencial: considera uma taxa de expansão da mancha urbana, estimada a partir da análise da dinâmica de crescimento da mesma.

Para auxiliar na modelagem foi traçado um diagrama unifilar, apresentado no ANEXO 01, a fim de representar a rede hidrográfica da área de projeto.

3.2. CHUVAS DE PROJETO

3.2.1. EQUAÇÃO DE CHUVA

Como já elucidado em no Volume I, a equação de chuva adotada para a cidade de Cravinhos é a de Serrana, a ser exposta novamente:

$$i_{t,T} = 39{,}8213 \cdot (t+25)^{-0{,}8987} + 9{,}1245 \cdot (t+150)^{-0{,}8656} \cdot \left[-0{,}4786 - 0{,}9085 \cdot \ln\ln\left[T/T-1\right]\right]$$

Equação 1 – Equação de chuva de Serrana a ser utilizada para o município de Cravinhos.

3.2.2. PERÍODO DE RETORNO

Para a determinação das vazões de projeto o período de retorno será adotado igual a 100 anos, pois de acordo com a Instrução DPO nº 002, 30/07/2007: "Em projetos de canalizações ou de travessias de maior importância ou porte, independentemente de sua localização, deve ser

adotado o mínimo de 100 anos para o período de retorno". Mesmo no caso de em que as interferências não sejam de grande porte, mas se localizem na área urbana de um município deve-se adotar um período de retorno de 100 anos.

3.3. DADOS RELATIVOS ÀS BACIAS

O exame da pedologia e a verificação do uso e ocupação do solo da área em estudo viabilizam a estimativa dos CN's, parâmetros utilizado no cálculo da vazões de projeto, pela sobreposição em ambiente SIG desses dados.

Tal sobreposição gerou inúmeros polígonos, sendo que cada um deles possui um CN diferente, podendo-se obter por meio desses o "CN" médio de cada sub-bacia de estudo. A metodologia aplicada para determinação dos "CN" está discutida no ANEXO 02.

Ressalta-se que o solo pertence totalmente ao grupo hidrológico tipo "A" na área do projeto.

A determinação do curve number médio por sub-bacias foi realizada para as bacias de macrodrenagem, e os resultados estão mostrados a seguir.

Quadro 3 – Tabela de dados relativos às bacias.

Nome	Área da Bacia de Drenagem (km²)	Comprimento do talvegue (km)	Declividade média (m/km)	CN médio - *Cenário Atual*	CN médio - *Cenário Futuro*
1	1,015	1,29	30,00	84,38	86,26
2	0,023	0,31	35,93	93,08	95,54
3	0,068	0,87	50,83	89,38	91,62
4	0,032	0,37	35,54	90,21	92,50
5	0,085	0,92	48,64	88,49	90,50
6	0,089	0,60	39,28	92,10	94,17
7	0,098	0,98	44,85	88,48	90,65
8	0,029	0,44	50,76	89,23	91,33
9	0,083	0,95	46,87	87,20	89,37
10	0,027	0,35	50,41	87,87	90,03
11	0,122	1,27	43,67	81,70	83,23

Nome	Área da Bacia de Drenagem (km²)	Comprimento do talvegue (km)	Declividade média (m/km)	CN médio - *Cenário Atual*	CN médio - *Cenário Futuro*
12	0,081	0,49	52,86	86,98	90,01
13	0,957	1,75	42,92	76,74	80,71
14	0,135	0,55	47,51	85,57	88,88
15	0,304	1,57	50,39	54,68	60,74
16	0,760	0,54	57,24	88,63	90,47
17	1,138	1,52	58,88	64,74	69,28
18	0,848	0,96	55,01	75,36	79,31
19	1,517	1,73	57,07	68,15	72,18
20	1,014	1,40	65,89	62,36	62,36
21	0,374	1,39	53,23	68,97	68,97
22	0,846	1,52	53,44	66,65	71,57
23	0,159	0,53	130,44	51,58	51,58
24	0,051	0,69	135,52	36,56	36,56
25	1,585	2,15	60,06	54,49	60,76
26	1,332	1,48	75,73	67,61	71,72
27	0,537	1,26	102,52	63,66	63,66
28	1,646	2,08	42,29	70,99	73,13
29	1,610	1,61	42,28	65,97	70,11
30	1,376	2,00	39,08	67,27	71,73
31	0,872	0,98	61,43	66,63	66,63
32	1,813	3,47	28,24	67,74	70,61
33	1,743	1,82	53,91	62,49	65,39

3.4. VAZÕES DE PROJETO

A simulação do modelo determinou as vazões nas seções indicadas no diagrama unifilar e o quadro a seguir apresenta os resultados para os cenários considerados.

Quadro 4 – Resultados das vazões máximas em cada seção.

Seção	Vazão Máxima de Projeto (m³/s) - *Cenário Atual*	Vazão Máxima de Projeto (m³/s) - *Cenário Futuro*
S1.1	16,97	18,45
S1.2	18,39	20,00
S1.3	20,58	22,25
S1.4	24,49	26,48
S1.5	26,76	29,05
S1.6	29,00	31,43
S1.7	39,30	43,82
S1.8	42,25	47,33
S1.9	62,52	70,84
S1.10	80,20	93,38
S1.11	86,59	99,01
S2.1	6,04	7,91
S2.2	6,49	8,33
S3.1	10,62	15,20
S3.2	24,03	31,24
S4.1	13,55	15,07
S5.1	10,71	13,42
S5.2	26,09	31,64
S6.1	10,44	12,04
S7.1	9,41	11,20

4.1. ASPECTOS GERAIS

O estudo hidráulico consistiu na determinação da capacidade máxima das travessias cadastradas.

Os cálculos foram efetuados com bases nas recomendações da Instrução Normativa DPO – DAEE n° 002 de julho de 2007.

Após a verificação hidráulica, os dados da capacidade máxima de escoamento de cada seção foram confrontados com as vazões máximas de projeto calculadas em 3.4 para os cenários de ocupação expostos no item 2.

Nos itens a seguir, são apresentadas as normas e os resumos dos resultados da verificação hidráulica.

4.1.1. INSTRUÇÕES NORMATIVAS PARA PRÉ - DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DOS DISPOSITIVOS

O DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica é o órgão responsável pela aprovação e fiscalização de projeto hidráulico e hidrológico de obras de interferências em recursos hídricos – travessias, barramentos, entre outros.

O órgão em seu "Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas", como também na "Instrução Normativa da DPO/DAEE nº 002", restringe categoricamente os projetos de drenagem, quanto a folgas de dimensionamento (bordas livres), velocidades máximas para cada tipo de material, coeficiente de Manning dos materiais das travessias, entre outras coisas.

Algumas dessas restrições serão utilizadas para a verificação das seções das travessias cadastradas, visando à máxima utilização dessas estruturas com o atendimento das restrições apresentadas a seguir.

4.1.1.1. FOLGA SOBRE O DIMENSIONAMENTO

No dimensionamento deverão ser observados os valores mínimos de folga, ou seja, bordas livres.

Quadro 5 – Valores mínimos de borda livre sobre o dimensionamento.

Obra Hidráulica	Tipo / Características	Folga sobre dimensionamento (f)
Canalização	Seção aberta	$f \geq 0{,}20\ h_{TR}$
	Seção em contorno fechado	$f \geq 0{,}20\ H$
Travessia	Aérea (pontes)	$f \geq 0{,}20\ h_{TR}$, com $f \geq 0{,}4$ m
	Intermediária (galerias)	$f \geq 0{,}20\ H$
	Bueiro	Previsto para trabalhar em carga

Fonte: DPO – DAEE (2007).

Sendo que:

- "h_{TR}" - profundidade da lâmina d'água correspondente à vazão máxima de projeto, associada a um período de retorno (TR), em conformidade com o estabelecido no Quadro 5;
- Canalizações em seção aberta – "f" é o desnível entre a linha d'água correspondente à máxima vazão possível de escoar sem extravasamento e a lâmina d'água correspondente à vazão máxima de projeto;
- Canalizações em contorno fechado: "H" é a altura máxima da seção transversal, medida internamente;
- Travessias aéreas: "f" é o desnível entre a face inferior da estrutura de sustentação do tabuleiro da ponte e a lâmina d'água correspondente à vazão máxima de projeto;

4.1.1.2. COEFICIENTE DE RUGOSIDADE

Conforme a Tabela 5 da DPO - DAEE n°002 os coeficientes de rugosidade de Manning recomendados pelo DAEE para determinação da capacidade de escoamento em canais, são:

Quadro 6 – Valores recomendados para o coeficiente de Manning.

Tipo de superfície ou de revestimento	n
Terra	0, 035
Grama	0, 035
Rachão	0, 035
Gabião	0, 028
Pedra argamassada	0, 025
Aço corrugado	0, 024
Concreto	0, 018

Fonte: DPO – DAEE (2007).

4.1.1.3. RESTRIÇÕES DE VELOCIDADE

As velocidades máximas permissíveis para escoamento em canais relacionadas com o tipo de revestimento estão apresentadas abaixo:

Quadro 7 – Limites de velocidade.

Revestimento	$V_{máx}$ (m/s)
Terra	1,5
Gabião	2,5
Pedra argamassada	3,0
Concreto	4,0

Fonte: DAEE (2006).

4.1.2. MÉTODO DE VERIFICAÇÃO

4.1.2.1. CANAIS RETANGULARES E TRAPEZOIDAIS

Para a verificação dos canais será utilizado o equacionamento de Manning:

$$Q = \frac{\sqrt{I}}{n} \cdot A_m \cdot Rh^{2/3}$$

Equação 2

$$Q = V \cdot A_m$$

Equação 3

$$Rh = \frac{A_m}{P_m}$$

Equação 4

- Q: vazão máxima da seção (m³/s);
- V: velocidade média da seção transversal (m/s);
- A_m: seção transversal na altura da lâmina d'água (m²);

- P_m: perímetro molhado (m);
- Rh: raio hidráulico da seção (m);
- i: declividade longitudinal média do trecho (m/m);
- n: coeficiente de rugosidade de Manning equivalente à altura do escoamento.

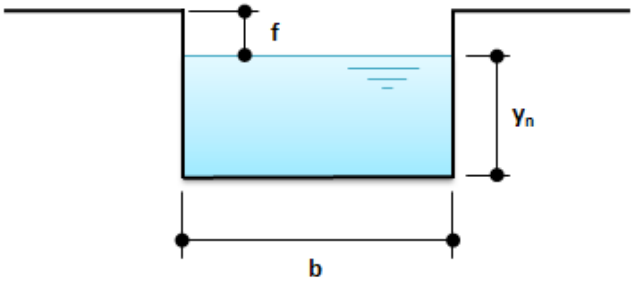


Ilustração 1 – Esquema de uma seção retangular.

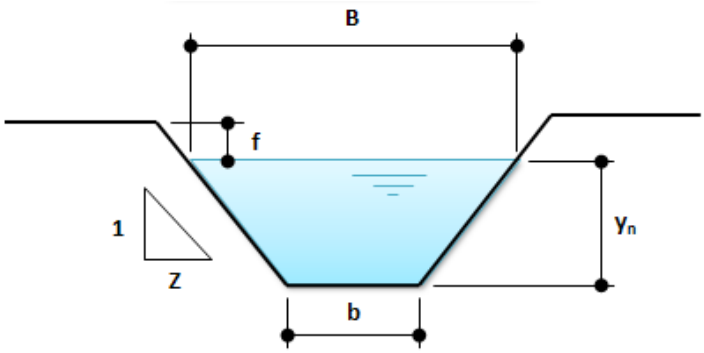


Ilustração 2 – Esquema de uma seção trapezoidal.

Para a determinação dos dados relativos à área molhada e perímetro molhado, adotou-se a altura da lâmina de água máxima de acordo com a relação de *freeboard* (borda livre) recomendada para cada tipo de travessia, conforme o Quadro 5. A mesma consideração foi realizada para o cálculo do coeficiente equivalente de Manning, quando a seção transversal é composta por mais de um material. Calculou-se por meio de média ponderada dos trechos com diferentes materiais até a altura da lâmina máxima.

$$n_{eq} = \frac{\sum n_i . L_i}{\sum L_i}$$

Sendo que L_i é o comprimento do trecho com o mesmo material "n_i".

4.1.2.1. GALERIAS CIRCULARES

Segundo Porto (1998), o dimensionamento ou verificação de seções circulares pode ser feito com as seguintes relações geométricas:

$$A = \alpha \cdot D^2 = D^2 \cdot \frac{(\theta - SEN\theta)}{8}$$

$$Rh = \beta \cdot D = D \cdot \frac{\left(1 - SEN\,\theta/\theta\right)}{4}$$

$$Q = \frac{A \cdot Rh^{2/3} \cdot \sqrt{I}}{n}$$

Os coeficientes α e β são tabelados conforme a relação y_n/D.

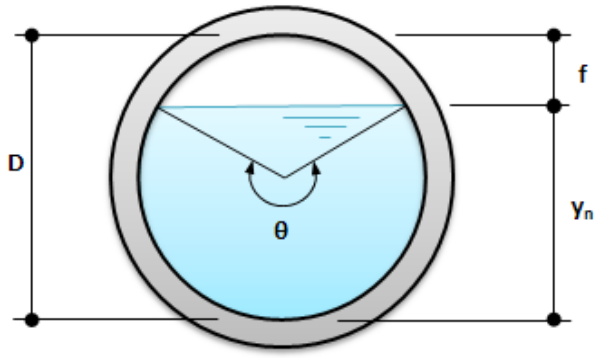


Ilustração 3 – Esquema de uma seção circular.

Conforme Porto (1998) o escoamento da vazão máxima ocorre quando a relação lâmina/diâmetro (y_n/D) é 0,94. Porém, será adotada recomendação da relação de borda livre para se obter a máxima vazão conforme a norma.

4.2. PRINCIPAIS CANAIS DA REDE ATUAL DE MACRODRENAGEM

Na rede de macrodrenagem urbana do município de Cravinhos o único curso d'água que apresenta trechos canalizados e travessias é o Ribeirão Preto.

As características e cadastros das seções de canal e travessias foram apresentados no Volume I do "Plano Diretor de Drenagem Urbana" e serão utilizados para verificação hidráulica das obras existentes.

Os demais cursos d'água não se encontram canalizados e suas travessias estão localizadas na zona rural do município, não ocasionando riscos ou problemas às áreas urbanizadas.

4.3. ESTUDOS PRELIMINARES DOS CANAIS E TRAVESSIAS

Para o cálculo hidráulico das seções de canais e travessias, foi efetuado um levantamento das informações relativas ao coeficiente de rugosidade do revestimento, declividade de fundo e características geométricas.

As características geométricas das seções, como citado no item anterior, foram cadastradas em campo pela equipe técnica da empresa consultora. Os coeficientes de rugosidade dos revestimentos foram estimados de acordo com as condições constatadas no dia do levantamento de campo, respeitando-se as recomendações feitas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE.

Em toda a extensão do canal as condições são semelhantes: apresentam-se bancos de sedimentos, vegetação, revestimentos de alvenaria e concreto com acabamento rústico e declividade fraca. Adotou-se o valor de 0,045 para o coeficiente de rugosidade.

Quanto à declividade, foram utilizadas as informações planialtimétricas fornecidas pela prefeitura municipal de Cravinhos.

Os quadros seguintes apresentam os resultados da capacidade hidráulica das interferências estudadas.

4.3.1. CANAIS

Quadro 8 – Resumo dos resultados do canal C-1.

Tipo	Galeria circular, duas unidades.		
D	1,00	m	Diâmetro da tubulação
y_n / D	0,8	m	Relação de freeboard
y_n	0,8	m	Altura da lâmina de água no canal
n	0,018	-	Coeficiente de Manning
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$ (1 un.)	1,35	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)
$Q_{máxima}$ (2 un.)	2,70	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)
V	2,00	m/s	Velocidade

Quadro 9 – Resumo dos resultados do canal C-2.

Tipo	Canal de seção aberta, fundo em terra e laterais revestidas		
H	2,40	m	Altura disponível total
yn	2,00	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,40	m	Borda livre disponível
f / yn	0,20	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,031	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	30,68	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)
V	2,73	m/s	Velocidade

Quadro 10 – Resumo dos resultados do canal C-3.

Tipo	Canal de seção aberta, fundo em terra e laterais revestidas		
H	2,70	m	Altura disponível total
y_n	2,25	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,45	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,20	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,036	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	52,83	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)
V	2,80	m/s	Velocidade

Quadro 11 – Resumo dos resultados do canal C-4.

Tipo	Canal de seção aberta, fundo em terra e laterais revestidas		
H	2,30	m	Altura disponível total
y_n	1,92	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,38	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,20	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,039	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	20,60	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)
V	2,09	m/s	Velocidade

Quadro 12 – Resumo dos resultados do canal C-5.

Tipo	Canal de seção aberta, fundo em terra e laterais revestidas		
H	3,60	m	Altura disponível total
y_n	3,00	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,60	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,20	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,038	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	68,12	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)
V	2,96	m/s	Velocidade

Quadro 13 – Resumo dos resultados do canal C-6.

Tipo	Canal de seção aberta, fundo em terra e laterais revestidas		
H	3,60	m	Altura disponível total
y_n	3,00	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,60	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,20	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,036	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	75,20	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)
V	3,13	m/s	Velocidade

Quadro 14 – Resumo dos resultados do canal C-7.

Tipo	Canal de seção aberta, fundo em terra e laterais revestidas		
H	3,70	m	Altura disponível total
y_n	3,00	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,70	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,23	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,036	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	75,20	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)
V	3,13	m/s	Velocidade

4.3.2. TRAVESSIAS

Quadro 15 – Resumo dos resultados do canal TR-1.

Tipo	Travessia aérea, fundo em terra e laterais revestidas		
H	1,80	m	Altura disponível total
y_n	1,40	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,40	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,29	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,036	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	17,82	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)

Quadro 16 – Resumo dos resultados do canal TR-2.

Tipo	Travessia aérea, fundo em terra e laterais revestidas		
H	1,50	m	Altura disponível total
y_n	1,10	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,40	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,36	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,041	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	11,44	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)

Quadro 17 – Resumo dos resultados do canal TR-3.

Tipo	Travessia aérea, fundo em terra e laterais revestidas		
H	2,90	m	Altura disponível total
y_n	2,32	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,58	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,20	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,038	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	39,18	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)

Quadro 18 – Resumo dos resultados do canal TR-4.

Tipo	Travessia aérea, fundo em terra e laterais revestidas		
H	2,50	m	Altura disponível total
y_n	2,00	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,50	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,20	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,035	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	37,24	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)

Quadro 19 – Resumo dos resultados do canal TR-5.

Tipo	Travessia aérea, fundo em terra e laterais revestidas		
H	2,60	m	Altura disponível total
y_n	2,08	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,52	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,20	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,035	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	0,635%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	39,65	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)

Quadro 20 – Resumo dos resultados do canal TR-9.

Tipo	Travessia aérea, fundo em terra e laterais revestidas		
H	4,30	m	Altura disponível total
y_n	3,44	m	Altura da lâmina de água no canal
f	0,86	m	Borda livre disponível
f / y_n	0,20	m	Relação do freeboard
n_{eq}	0,028	-	Coeficiente de Manning equivalente
i	1,95%	m/m	Declividade conforme dados fornecidos pela prefeitura
$Q_{máxima}$	80,26	m³/s	Capacidade máxima de escoamento (de acordo com as normas DAEE)

5.1. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA ATUAL

Comparando-se a verificação hidráulica das seções de canal e das travessias com as vazões de projeto calculadas no item 3.4 pode-se inferir que:

- O sistema de macrodrenagem é ineficiente em determinados locais, podendo, eventualmente, ocasionar inundações das áreas marginais do Ribeirão Preto na ocorrência de eventos chuvosos intensos.
- O sistema de microdrenagem pode estar subdimensionado. Tal constatação foi evidenciada por vestígios de linha de inundação verificados na região do comércio, relatos da população à consultora e por indicação do Plano Diretor do município.

No ANEXO 05 é apresentado um mapa com as indicações das regiões afetadas.

5.2. PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE REQUEREM AÇÕES IMEDIATAS

Com relação à macrodrenagem podem ser listados os seguintes problemas:

- Insuficiência dos canais C-1, trecho em galerias circulares da nascente à Rua 15 de Novembro, e C-4, entre as ruas Cerqueira César e Dona Inácia;
- Insuficiência da travessia TR-2 na Rua Bernadino de Campos;
- Não atendimento da restrição de borda livre na travessia TR-1 na Rua Prudente de Moraes.
- Péssimas condições do revestimento das paredes laterais no canal C-7.

Quanto à microdrenagem, os seguintes problemas podem ser destacados:

- Ausência de cadastro das redes existentes, com informações sobre bocas-de-lobo, poços-de-visita, diâmetros, materiais, profundidade, extensão e dispositivos dissipadores de energia nos terminais.
- Ineficiência da rede de galerias de águas pluviais no Centro da cidade de Cravinhos, principalmente na região próxima à nascente do Ribeirão Preto;
- Ineficiência e/ou insuficiência da rede de galerias de águas pluviais dos bairros: Conjunto Habitacional João Berbel, Parque São Francisco;
- Lançamento do Conjunto Habitacional João Berbel que se encontra em más condições podendo provocar erosão na região.

210-VI-NEH - National Engineering Handbook. Chapter 9 Hydrologic Soil-Cover Complexes, July 2004. Disponível em http://policy.nrcs.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17758.wba.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS – CPTI, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI – 4). São Paulo. 2008.

DAEE. Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas. São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, 2ª Edição, 2006, 124p.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Instruções Normativas da DPO/DAEE 001, 002, 003 e 004. São Paulo. 30 de julho de 2007.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Manual de Cálculo de Vazões Máximas, Médias e Mínimas para as Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo. São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, 1994, 64p

MARTINEZ & MAGNI. São Paulo, Secretaria De Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, Departamento de Águas e Energia Elétrica, Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo. Convênio Departamento de Águas e Energia Elétrica e Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SARTORI, A. Avaliação da Classificação dos grupos hidrológicos do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Total p. Dissertação (mestre em engenharia civil), Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2004.

SARTORI, A. LOMBARDI NETO, F. & GENOVEZ, A. M. Classificação dos grupos hidrológicos de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. 2005. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, v.10, n.4, out/dez, pág. 05-18. 2005a.

SARTORI, A. LOMBARDI NETO, F. & GENOVEZ, A. M. Classificação dos grupos hidrológicos de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 2: Aplicação. 2005. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, v.10, n.4, out/dez, pág. 05-18. 2005b.

O Departamento de Recursos Naturais e Conservação do Solo norte-americano, NRCS ("National Resources Conservation Service"), antigo SCS (Soil Conservation Service) realizou trabalhos com o objetivo de estabelecer relações entre precipitação, deflúvio superficial, vegetação, tipo e ocupação do solo. Apesar de, originalmente ter sido desenvolvido para pequenas bacias rurais e eventos chuvosos diários, tem sido adaptado para as condições urbanas. O método propõe um simples equacionamento relacionando a altura precipitada ,h_p, à altura da lâmina escoada,h_q, e o índice de armazenamento d'água na bacia, S, como apresentado pela equação a seguir:

$$\frac{h_q}{S} = \frac{\left(\frac{h_p}{S} - 0{,}2\right)^2}{\frac{h_p}{S} + 0{,}8}$$

Equação 5

Em que:

h_q: altura da lâmina d'água escoada (mm);

h_p: altura precipitada (mm);

S : índice de armazenamento d'água na bacia (mm);

Válida quando h_p.>0,2 .S Para h_p ≤0,2.S, o modelo admite que não ocorre deflúvio superficial, ou seja, h_q = 0

O índice de armazenamento de água na bacia é expresso conforme a equação a seguir:

$$S = \frac{254 \cdot (100 - CN)}{CN}$$

Equação 6

Em que:

- "CN": "Curve Number" ou número de deflúvio.

Sabe-se que a quantidade de chuvas anteriores e conseqüentes umidades anteriores do solo são bastante significativas para o cálculo das vazões extremas. Dessa maneira, o Método NRCS distingue três condições de umidade do solo:

- Condição I: solos secos - chuvas recentes não ultrapassam 1 mm;
- Condição II: solos umedecidos - chuvas nos últimos cinco dias atingindo um total de até 40 mm. Esta condição é normalmente assumida em projetos de drenagem urbana;
- Condição III: solos úmidos (próximos da saturação) - chuvas nos últimos dias superiores a 40 mm.

Hawkins et al. (1985) desenvolveram correlações entre a retenção potencial máxima para as condições I e III (SI e SIII) e a retenção potencial máxima para a condição II (SII):

$$S_I = 2{,}281 \cdot S_{II}$$

Equação 7

$$S_{III} = 0{,}427 \cdot S_{II}$$

Equação 8

Em que:

- S_I : ·índice de armazenamento para a condição I
- S_{II} : ·índice de armazenamento para a condição II
- S_{III} : ·índice de armazenamento para a condição III

Hawkins et al. ainda determinaram equações que correlacionam o "CN" da condição II com as demais condições, as quais são válidas para o intervalo 50 ≤ "CN" ≤ 95:

$$CN_I = \frac{CN}{2{,}281 - 0{,}01281 \times CN}$$

Equação 9

$$CN_{III} = \frac{CN}{0{,}427 - 0{,}00573 \times CN}$$

Equação 10

O Método NRCS também distingue quatro tipos de solos, a saber:

- Grupo A: solos arenosos com baixo teor de argila; total inferior a 8%; não há rocha nem camadas argilosas, até profundidade de l m;
- Grupo B: solos arenosos, menos profundos que os solos do Grupo A e com maior teor de argila total, porém ainda inferior a 15%;
- Grupo C: solos barrentos com teor de argila entre 20 e 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até a profundidade de 1,2 m;
- Grupo D: solos barrentos com teor de argila acima de 30%.

As tabelas referentes ao Número da Curva ("CN") a serem adotadas para as áreas urbanas e rurais no presente estudo serão apresentadas em item especifico a seguir onde se procede a explanação acerca do Método de determinação do "CN".

O Método NRCS prevê ainda determinação do volume escoado nas bacias de cabeceira utilizando a técnica do hidrograma unitário, tendo em vista a ausência de medidas hidráulicas nas bacias em questão.

O método do hidrograma unitário adimensional do NRCS foi obtido após uma extensiva análise de dados observados em várias pequenas bacias hidrográficas de diversas partes dos Estados Unidos. O hidrograma unitário adimensional é um hidrograma unitário médio que melhor representou os diversos hidrogramas unitários obtidos para as diversas bacias hidrográficas estudadas (McCuen, 2004). Hjelmfelt e Cassidy (1975) citados por Genovez (1991) recomendam o método para bacias com áreas menores que 2.600 km².

O hidrograma unitário adimensional do NRCS, também conhecido como hidrograma unitário curvilíneo (HUC-NRCS), possui o tempo de base igual a cinco unidades do tempo de pico (5tp) e cerca de 3/8 (37,5%) do volume total escoado superficialmente ocorre antes do tempo de pico. O ponto de inflexão ocorre aproximadamente a 1,7 tp. Este hidrograma é apresentado na Figura 1 e na Quadro 21 encontram-se os valores da abscissa (t/tp) e da ordenada (q/qp) do HUC-NRCS.

Quadro 21 – Relações para o calculo do hidrograma curvilíneo do NRCS e de sua curva de massa.

t/t_p	q/q_p	Q_a/Q	t/t_p	q/q_p	Q_a/Q	t/t_p	q/q_p	Q_a/Q
0,0	0,000	0,000	1,1	0,990	0,450	2,4	0,147	0,934
0,1	0,030	0,001	1,2	0,930	0,522	2,6	0,107	0,953
0,2	0,100	0,006	1,3	0,860	0,589	2,8	0,077	0,967
0,3	0,190	0,012	1,4	0,780	0,650	3,0	0,055	0,977
0,4	0,310	0,035	1,5	0,680	0,700	3,2	0,040	0,984
0,5	0,470	0,065	1,6	0,560	0,751	3,4	0,029	0,989
0,6	0,660	0,107	1,7	0,460	0,790	3,6	0,021	0,993
0,7	0,820	0,163	1,8	0,390	0,822	3,8	0,015	0,995
0,8	0,930	0,228	1,9	0,330	0,849	4,0	0,011	0,997
0,9	0,990	0,300	2,0	0,280	0,871	4,5	0,005	0,999
1,0	1,000	0,375	2,2	0,207	0,908	5,0	0,000	1,000

q: vazão no tempo t; qp: vazão de pico; Qa: volume acumulado no tempo t; Q: volume total; tp: tempo de pico do hidrograma.

Fonte: McCuen, 2004.

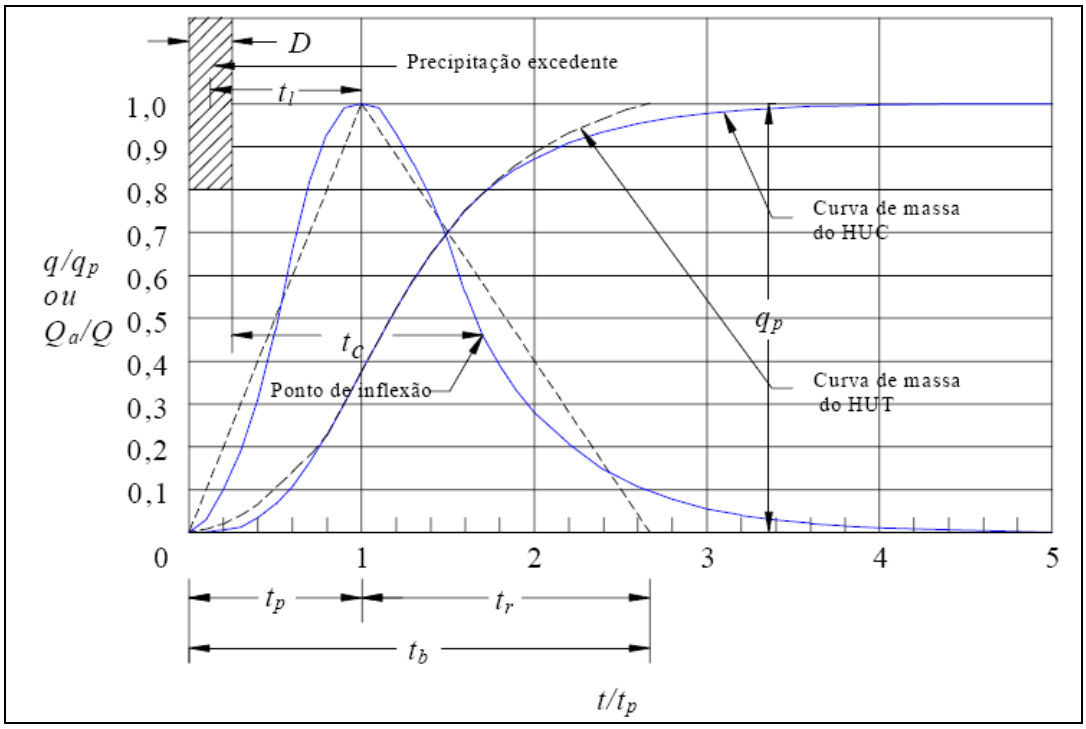


Figura 1 - Hidrograma Unitário Curvilíneo Adimensional e o Hidrograma Unitário Triangular Equivalente
Fonte: McCuen, 2004.

O HUC-NRCS foi aproximado por um hidrograma unitário adimensional triangular (HUT-NRCS), o qual possui características similares a do HUC-NRCS. Isso pode ser observado na Figura 1. O tempo de base do HUT-NRCS é menor que o do HUC-NRCS, sendo somente 8/3 do tempo de pico (2,67tp). A área antes do tempo de pico para os dois hidrogramas é a mesma, ou seja, o volume escoado superficialmente que ocorre antes do pico nos dois hidrogramas é igual a 3/8 (37,5%) do volume total escoado superficialmente.

A área abaixo da linha que desenha o hidrograma unitário é igual ao volume do escoamento superficial, para o HUT-NRCS esse volume pode se determinado pelas características geométricas (McCuen, 2004):

$$Q = \frac{1}{2} \cdot q_p \cdot \left(t_p + t_r\right)$$

Equação 11

Em que,

q_p - vazão de pico

t_p - tempo de pico

t_r - tempo de recessão

Isolando q_p temos:

$$q_p = \frac{K \cdot Q}{t_p}$$

Equação 12

Sendo que:

$$K = \frac{2}{1 + \frac{t_r}{t_p}}$$

Equação 13

O valor de tr/tp é uma constante que para uma dada cheia pode ser obtida através dos hidrogramas registrados. Da grande análise de dados, foi adotado o valor médio de 5/3 para tr/tp (Ogrosky e Mockus, 1964; USBR, 1977). Com este valor, obtêm-se K = 3/4.

Para se obter q_p em m²/s, usando t_p em horas, Q em cm e introduzindo a área da bacia de drenagem A em km², no segundo membro da Equação 12, é necessário multiplicá-lo pela constante 25/9 (2,778). Introduzindo também o valor de K, chega-se a equação:

$$q_p = 2{,}083 \cdot \frac{A \cdot Q}{t_p}$$

Equação 14

Em que:

q_p - vazão de pico em m³/s

A - área de drenagem em km²

t_p – tempo de pico em horas

Q - precipitação excedente em cm.

Segundo McCuen (2004), a constante 25/12 (2,083) reflete um hidrograma unitário triangular que tem 3/8 de sua área abaixo da curva de ascensão. Para bacias localizadas completamente ou parcialmente em regiões montanhosas, pode-se esperar um valor maior que 3/8 e, portanto, a

constante da equação 2.29 pode se aproximar de 625/242 (2,582). Para bacias planas, em áreas de brejo ou alagadas (banhados), pode ser da ordem de 625/484 (1,291).

O tempo de retardamento tl e o tempo de recessão tr foram associados empiricamente ao tempo de concentração, chegando às seguintes relações (Genovez, 2001):

$$t_l = 0{,}6 \cdot t_c$$

Equação 15

$$t_r = 1{,}67 \cdot t_p$$

Equação 16

O termo 0,6.tc é um fator empírico adotado por hidrólogos do NRCS como representativo do tempo de retardamento tl. Este fator depende do tempo de concentração tc (Genovez, 2001).

Com base na figura 2.11, o tempo de pico tp pode ser expresso em função da duração unitária da precipitação excedente D e do tempo de concentração da bacia tc, permitindo duas relações (McCuen, 2004):

$$t_c + D = 1{,}7 \cdot t_p$$

Equação 17

$$\frac{D}{2} + 0{,}6 \cdot t_c = t_p$$

Equação 18

Resolvendo o sistema formado pelas equações acima para D, encontra-se (McCuen, 2004):

$$D = 0{,}133 \cdot t_c$$

Equação 19

Portanto, o tempo de pico pode ser escrito em função do tempo de concentração:

$$t_p = \frac{2}{3} \cdot t_c$$

Equação 20

Expressando a Equação 14 em função do tempo de concentração, resulta (McCuen, 2004):

$$q_p = 3{,}125 \cdot \frac{A \cdot Q}{t_c}$$

Equação 21

Sendo:

q_p - vazão de pico em m³/s

A - área de drenagem em km²

t_c – tempo de concentração em horas

Q - precipitação excedente em cm.

Com os valores de qp, A, tc e Q = 1 cm obtêm o hidrograma unitário adimensional triangular do NRCS. O hidrograma unitário adimensional curvilíneo pode ser construído com os valores de qp e tp, usando as relações do Quadro 21.

"Curve Number", ou Número da Curva, é o principal parâmetro para elaboração do estudo de vazões de pico de uma determinada região, desta forma, a aproximação dos valores leva em consideração as características do solo, conforme acima apresentado, segundo a Classificação dos grupos hidrológicos do mesmo, combinando estes aos tipos de uso e ocupação do solo evidenciado na referida região.

No Brasil a classificação dos solos existente diverge da classificação proposta pela metodologia NRCS, tradicionalmente utilizada, pois existem tipos de solos e de uso do solo diversos daqueles calibrados para os Estados Unidos.

Desta forma, a seguir está apresentada a metodologia de classificação quanto ao "CN" que foi utilizada nesse projeto, que é uma adaptação para a realidade brasileira selecionadas dentre as bibliografias estudadas, sendo ela: a metodologia proposta por Lombardi Neto em 1989, que foi ampliada e aplicada por Sartori (2004), conforme publicações da Revista Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH (Sartori et al., 2005).

Sartori et. al (2005)

A proposta de extensão e adaptação do método elaborado por Lombardi Neto (1989) publicada por Sartori et al (2005), tem por objetivo utilizar a metodologia proposta pelo NRCS para determinação de chuva excedente, de forma que a mesma possa ser adaptada à realidade brasileira, quando aos tipos de solos existentes, e as características dos mesmos que os classificam como pertencentes aos grupos hidrológicos "A", "B", "C" ou "D".

De acordo com o manual – National Engineering Handbook, Part. 630, Capítulo 9 – Hydrologic Soil-Cover Complexes, o "Curve Number", para áreas rurais e urbanas podem ser definidos, conforme mostram os quadros a seguir. Estes mesmos quadros foram adaptados e apresentados por McCuen (2004)

em Hydrologic Analysis and Design – Third Edition. Os quadros a seguir foram traduzidos de forma a facilitar a compreensão.

Quadro 22 – "Curve Number" para Áreas Rurais (Agricultura) (1)

Uso do solo	Descrição do tipo de uso e ocupação do solo (2)	Condição Hidrológica (3)	Grupos Hidrológicos			
			A	B	C	D
Solo exposto (preparo para cultivo)	Solo exposto	--	77	86	91	94
	Cobertura de resíduos de culturas (CR)	Pobre	76	85	90	93
		Boa	74	83	88	90
Solo Cultivado	Superfície limpa (SR)	Pobre	72	81	88	91
		Boa	67	78	85	89
	SR + CR	Pobre	71	80	87	90
		Boa	64	75	82	85
	Com curvas de nível (C)	Pobre	70	79	84	88
		Boa	65	85	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
		Boa	64	74	81	85
	Com curvas de nível & terraceado (C & T)	Pobre	66	74	80	82
		Boa	62	71	78	81
	C & T + CR	Pobre	65	73	79	81
		Boa	61	70	77	80
Pequenas plantações ou culturas	SR	Pobre	65	76	84	88
		Boa	63	75	83	87
	SR + CR	Pobre	64	75	83	86
		Boa	60	72	80	84
	C	Pobre	63	74	82	85
		Boa	61	73	81	84
	C + CR	Pobre	62	73	81	84
		Boa	60	72	80	83
	C & T	Pobre	61	72	79	82
		Boa	59	70	78	81
	C & T + CR	Pobre	60	71	78	81
		Boa	58	69	77	80
Plantações de legumes ou cultivados ou Culturas ou pastos rotativos	SR	Pobre	66	77	85	89
		Boa	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
		Boa	55	69	78	83
	C & T	Pobre	63	73	80	83
		Boa	51	67	78	80
Pastagens, cultura permanente ou forragem para formação de pastagens (4)	--	Pobre	68	79	86	89
	--	Média	49	69	79	84
	--	Boa	39	61	74	80
Campos permanente	--	Boa	30	58	71	78
Parques e Jardins (5)	--	Pobre	48	67	77	83
	--	Média	35	56	70	77
	--	Boa	30(6)	48	65	73
Combinação de áreas com pastagens e áreas florestadas ou reflorestadas (7)	--	Pobre	57	73	82	86
	--	Média	43	65	76	82
	--	Boa	32	58	72	79
Áreas Florestadas (8)	--	Pobre	45	66	77	83
	--	Média	36	60	73	79
	--	Boa	30	55	70	77
Chácaras, construções rurais e estradas de terra	--	--	59	74	82	86
Vias	Não pavimentada	--	72	82	87	89
	Cascalho	--	76	85	89	91

Fonte: 210-VI-NEH, July 2004

Condição media de Número da Curva (runoff), considerando Ia=0.2;

Áreas cobertas com resíduos de culturas deverá ser utilizado para até 5% de cobertura durante o ano;

Condições hidrológicas são baseadas em uma combinação de fatores que pode afetar a infiltração e o escoamento superficial, incluindo: a) densidade de áreas cultivadas por vegetais; b) período no qual a área esta coberta ou vegetada durante o ano; c) quantidade de área gramada ou cultivada por leguminosas; d) percentual de resíduos de culturas anteriores sobre a superfície (boa > 20%), e e) grau de superfície compacta. Pobre: fatores que dificultam a infiltração e colaboram com o aumento do escoamento superficial. Bom: fatores que colaboram com a infiltração, e, portanto, reduzem o escoamento superficial.

Pobre: < 50% cobertura ou pastagem densa. Média: 50-75% coberto, sem pastagem densa; boa > 75% de cobertura e pastagem rara ou ocasional.

Pobre: < 50% cobertura; Média: 50-75% cobertura; Boa> 75% de cobertura.

O valor mínimo de "CN" deve ser igual a 30, ainda que o valor obtido seja inferior.

"CN" determinado neste caso considera 50% da área coberta com árvores ou vegetação densa, e os outros 50% de área com pastagem. Outras combinações podem ser obtidas calculando-se "CN" de áreas florestadas em composição com o "CN" de áreas de pastagens.

Pobre: pequenas florestas, árvores de pequeno porte, e áreas arbustivas destruídas por pastagens ou queimadas regularizadas. Média: as árvores estão menos densas, mas não houve queima, e há uma cobertura razoável de área florestada. Boa: as árvores estão protegidas e as demais áreas cobertas.

De acordo com Sartori (2004), a adaptação das tabelas do "CN" para usos agrícolas, principalmente sobre as definições dos tipos de culturas e manejo agrícola baseada nos resultados do estudo proposto em sua

dissertação e nos trabalhos de Silva (1996) e Lombardi Neto (não publicado), e também nos próprios valores do "CN" da tabela do NRCS, resultam no quadro a seguir.

Quadro 23 – "CN" de escoamento superficial para usos agrícolas (Ia = 0,2.S, condição II de umidade antecedente e condição hidrológica superficial média)

Descrição da cobertura		Número da curva para os grupos			
Uso	Tratamento ou manejo do solo	A	B	C	D
Solo Exposto	Solo exposto	83	86	91	94
	Terra Arada + SRC	81	85	90	93
	RCS	75	83	88	90
Culturas Anuais (Ca)	N* + SRC	77	84	89	91
	N* + RCI	72	80	85	88
	N* + RCSI	66	74	80	82
	N* + RCS	63	70	77	80
Culturas Temporárias (Ct)	N*	65	75	81	83
	N* + RCS	61	71	78	81
Culturas Perenes (Cp)	N*	43	65	76	82
	N* + RCS	32	58	72	79
Pastagem	Degradada	68	79	86	89
	Nativa	49	69	79	84
	Melhorada	39	61	74	80
Reflorestamento	N*	45	66	77	83
	N* + RCS	35	55	70	77
Vegetação Natural	Capoeira	30	48	65	73
	Mata	20	400	49	52
Estradas e Construções Rurais < 50% impermeável		59	74	82	86
Estradas e Construções Rurais > 50% impermeável		72	82	87	89

Fonte: Sartori (2004)

Legenda:

N*: Plantio em nível ou contorno

Ca: Culturas anuais (plantio e colheita anual). Exemplo: milho, soja, etc.

Ct: Culturas temporárias (plantio a cada 3 ou mais anos). Exemplo: cana-de-açúcar

Cp: Culturas perenes. Exemplo: pomar, café.

SRC: Sem resíduo cultural

RCI: Resíduo cultural incorporado < 2 t/ha

RCSI: Resíduo cultural semi-incorporado 2 a 4 t/ha

RCS: Resíduo cultural na superfície > 5 t/ha

Pastagem: Degradada - presença de compactação superficial, utilização de queimadas, e até 25 % da área sem vegetação, mesmo no período

chuvoso. Nativa: Pasto natural sendo feito controle de manejo de animais e limpezas esporádicas. Melhorada: Correção de acidez e fertilização, plantio de gramíneas adaptadas, manejo de animais.

Quadro 24 – "Curve Number" para áreas urbanas[1]

Descrição do tipo de cobertura e condições hidrológicas	Área Impermeável (%)[2]	Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
Área urbana totalmente desenvolvida (vegetação estabilizada)		--	--	--	--
Espaços livres (parques, cemitérios, etc)[3]		--	--	--	--
Condições ruins (cobertura vegetal < 50%)		68	79	86	89
Condições médias (cobertura vegetal 50-75%)		49	69	79	84
Condições boas (cobertura vegetal > 75%)		39	61	74	80
Áreas impermeáveis		--	--	--	--
Estacionamentos pavimentados, telhados e ruas		98	98	98	98
Ruas e rodovias		--	--	--	--
Pavimentadas, com sistema de drenagem		98	98	98	98
Pavimentadas, sem sistema de drenagem		83	89	92	93
Cascalho		76	85	89	91
Não pavimentada		72	82	87	89
Áreas urbanas não ocupadas		--	--	--	--
Áreas permeáveis (natural)[4]		63	77	85	88
Áreas impermeáveis (artificial)		96	96	96	96
Distritos urbanos: Comercial	85	89	92	94	95
Distritos urbanos: Industrial	72	81	88	91	93
Residencial: Tipo 1 (aprox. 500 m²)	65	77	85	90	92
Residencial: Tipo 2 (aprox. 1000 m²)	38	61	75	83	87
Residencial: Tipo 3 (aprox. 1350 m²)	30	57	72	81	86
Residencial: Tipo 4 (aprox. 2000 m²)	25	54	70	80	85
Residencial: Tipo 5 (aprox. 4050 m²)	20	51	68	79	84
Residencial: Tipo 6 (aprox. 8100 m²)	12	46	65	77	82
Áreas urbanas em desenvolvimento (permeável, sem vegetação)		77	86	91	94

Fonte: 210-VI-NEH, July 2004

[1] Condição de escoamento superficial média, e Ia = 0.2S;

[2] O percentual de área impermeável considerado foi utilizado na composição do "CN". Outros aspectos adotados: áreas impermeáveis estão conectadas diretamente ao sistema de drenagem, áreas impermeáveis tem "CN" igual a 98, e áreas permeáveis são consideradas como espaços abertos e com boas condições de drenagem;

[3] "CN" apresentado equivale ao de áreas gramadas ou com pastagem. Um "CN" composto pode ser utilizada para outras combinações de áreas abertas;

[4] "CN" composto para áreas naturalmente desocupadas devem ser consideradas utilizando as figuras abaixo, fundamentadas na área impermeável ("CN" = 98) e na área permeável ("CN" variável). Para as áreas permeáveis adota-se como equivalente condições hidrológicas ruins.

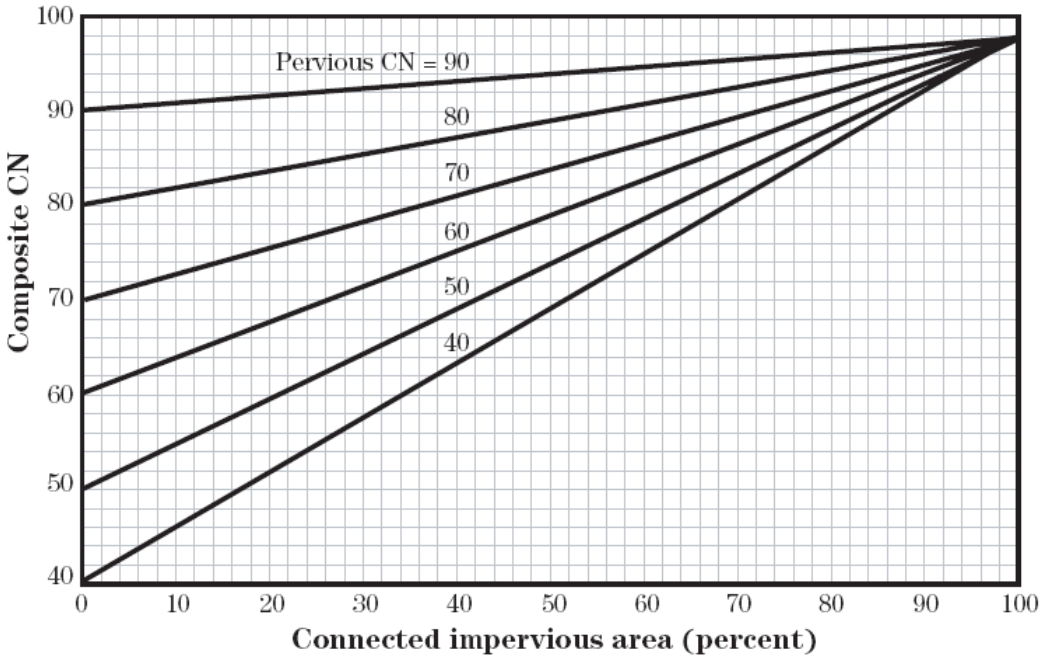


Figura - 2 "CN" composto para áreas impermeáveis conectadas
Fonte: 210-VI-NEH, July 2004

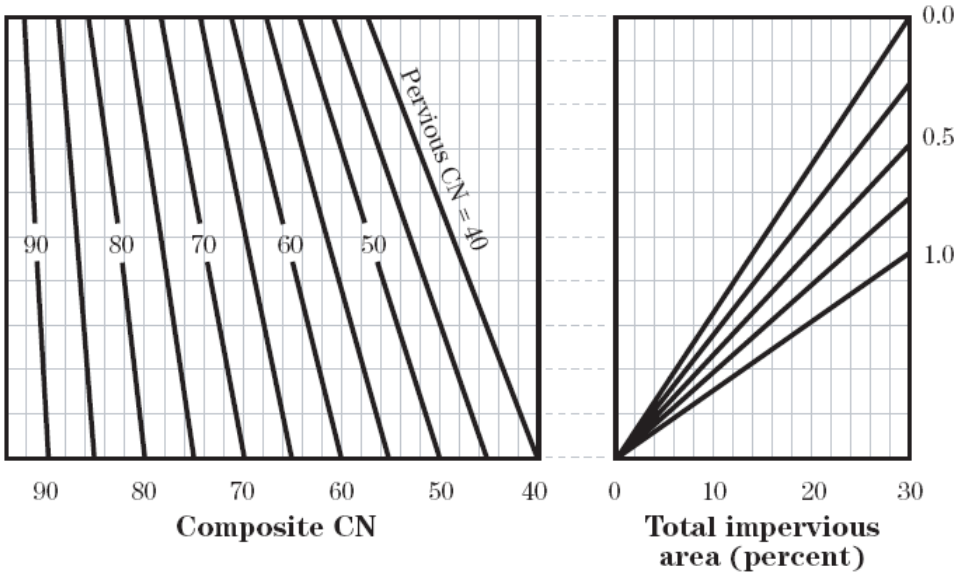


Figura 3 - "CN" composto para áreas impermeáveis isoladas e inferior a 30%
Fonte: 210-VI-NEH, July 2004

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRAVINHOS

CONVITE Nº. 011/2010

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS - SP

VOLUME III - PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES

OUTUBRO/2010

Profissional	Função
Eng. Marcelo Malheiros Duclerc Verçosa	Responsável Técnico
Eng. Raphael Machado	Coordenador
Eng. Luiz Fernando Araujo	Engenheiro Civil
Engª. Dea Carolina Thieme	Engenheira Civil

ÍNDICE GERAL

1. APRESENTAÇÃO 5

2. PROPOSIÇÃO DE AÇÕES IMEDIATAS 6

2.1. MACRODRENAGEM 6

2.1.1. Revitalização das matas ciliares do curso d'água urbano a jusante do trecho canalizado 6

2.1.2. Ocupação urbana fora dos limites das Áreas de Preservação Permanente exigidos pelo Código Florestal 6

2.1.3. Adequação das travessias e trechos de canal 8

2.2. MICRODRENAGEM 10

2.2.1. Adequação do sistema de microdrenagem 10

2.2.2. Projeto e construção de estruturas de detenção e dissipação de energia no final da rede de galerias 11

2.2.3. Diretrizes de drenagem 14

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 16

ANEXO 01 – PLANTA DE INDICAÇÃO DAS APP'S 17

ANEXO 02 – PLANTA DE PROPOSTAS 19

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – RESUMO DA ESTIMATIVA DA CAPACIDADE HIDRÁULICA APÓS ADEQUAÇÕES. 9
QUADRO 2 – VOLUMES PARA RESERVAÇÃO ESTIMADOS E VAZÕES CALCULADAS.....12

Trata-se do relatório previsto no contrato firmado entre a PREFEITURA MUNICIPAL DE CRAVINHOS - SP e a VM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS LTDA., empresa brasileira registrada no CNPJ sob o nº. 04.257.647/0001-54 com sede à Rua Dom Pedro II, nº. 1241, São Carlos - SP.

Este relatório consubstancia o Volume III do “Plano Diretor de Drenagem Urbana”, que contempla os tópicos constantes do Termo de Referência referentes ao estudo de alternativas e proposições.

2.1. MACRODRENAGEM

Grande parte da área urbana do município de Cravinhos desenvolve-se às margens do Ribeirão Preto, desde sua nascente. Esse curso d'água, como já mencionado em volume anterior, está canalizado em um trecho de aproximadamente 700 m de extensão.

A seguir são apresentadas as medidas a serem adotadas para a adequação da rede hidrográfica de maneira a prevenir problemas futuros e garantir a segurança das estruturas existentes.

2.1.1. REVITALIZAÇÃO DAS MATAS CILIARES DO CURSO D'ÁGUA URBANO A JUSANTE DO TRECHO CANALIZADO

A revitalização da mata ciliar é considerada como uma das mais importantes medidas a serem adotadas pela municipalidade, tendo em vista a proteção natural contra a erosão das margens e o assoreamento do leito dos cursos d'água. A ausência da mata ciliar propicia a erosão das margens com carreamento de sedimentos para o leito do rio.

O desmatamento aumenta o escoamento superficial e diminui a infiltração. A diminuição da infiltração reduz o armazenamento no lençol freático, diminuindo a vazão básica dos cursos d'água e o volume disponível no subsolo. E, finalmente, cabe ressaltar que a conservação das matas ciliares possibilita que as espécies da biosfera possam se deslocar e reproduzir mediante a manutenção de corredores naturais, garantindo assim a biodiversidade da flora e da fauna da região.

2.1.2. OCUPAÇÃO URBANA FORA DOS LIMITES DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EXIGIDOS PELO CÓDIGO FLORESTAL

A empresa consultora acredita que o controle, por meio da Municipalidade da ocupação desses locais indicados no mapa, trará benefícios, no sentido de prevenir problemas de erosão das margens de cursos d'água,

redução da velocidade devida ao aumento da rugosidade do solo, diminuição do carregamento de sedimentos e, consequentemente, prevenir o assoreamento dos cursos.

Nas áreas marginais da nascente e num trecho significativo do Ribeirão Preto, a revitalização das APP nas nascentes pode ser complicada, tendo em vista a densa ocupação da região. Porém, a jusante do trecho canalizado existe ainda áreas que podem ser aplicados os limites legais do Código Florestal Brasileiro. Atualmente prevalece o conceito de Parque Linear ao longo dos cursos d'água, que substituiu a simples implantação de marginais.

No ANEXO 01, o Plano Diretor Municipal apresenta as faixas das APP's dos córregos que sofrem impactos decorrentes da urbanização. Nele é possível observar em quais locais a ocupação inadequada dessas áreas é mais crítica.

Ressalta-se que os limites legais do Código Florestal Brasileiro devem ser respeitados em todos os cursos d'água existentes, dentro e fora da área urbana. Porém, essas áreas não foram indicadas em planta por não se enquadrarem no escopo do presente trabalho já que se trata de um Plano Diretor de Drenagem Urbana.

A seguir estão transcritas as partes do Código Florestal Brasileiro que a Consultora julgou pertinente para a delimitação das áreas que devem ser controladas pelo município de Cravinhos:

"Art. 2° Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) Ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

1. *De 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;*

b) Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) *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 de largura."*

Por conseguinte, a empresa consultora sugere a adoção de medidas de caráter legal para a proteção dessas áreas de maneira a atenuar as conseqüências desse uso e ocupação indiscriminada.

2.1.3. ADEQUAÇÃO DAS TRAVESSIAS E TRECHOS DE CANAL

No Volume II do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDUr) de Cravinhos foram apresentados os locais passíveis de problemas, sendo eles trechos de canal e travessias.

Em praticamente todos os casos, com exceção do trecho C-1, a capacidade de veiculação hídrica das seções é apenas um pouco menor do que a vazão hidrológica de projeto e os espaços disponíveis para o alargamento das seções têm custos muito elevados devido à urbanização altamente densa.

Assim, a empresa consultora julga que a solução viável economicamente resulta do revestimento com concreto do fundo e das paredes laterais das seções em toda extensão dos trechos canalizados do Ribeirão Preto.

A seguir são apresentados os resultados das novas capacidades hidráulicas das seções estudadas.

Quadro 1 – Resumo da estimativa da capacidade hidráulica após adequações.

Ponto	i (m/m)	$n_{equivalente}$	h (m)	Am (m²)	Pm (m)	Rh (m)	V (m/s)	Q (m³/s)
C 2	0,635%	0,018	2	11,26	10,2	1,104	4,73	53,24
C 3	0,635%	0,018	2,25	18,9	13,1	1,443	5,65	106,83
C 4	0,635%	0,018	1,92	9,856	9,64	1,022	4,49	44,28
C 5	0,635%	0,018	3	23,04	14	1,646	6,17	142,18
C 6	0,635%	0,018	3	24	14	1,714	6,34	152,19
C 7	0,635%	0,018	3	24	14	1,714	6,34	152,19
TR 1	0,635%	0,018	1,4	8,4	8,8	0,955	4,29	36,05
TR 2	0,635%	0,018	1,1	7,3	10	0,730	3,59	26,20
TR 3	0,635%	0,018	2,32	15,584	11,84	1,316	5,32	82,86
TR 4	0,635%	0,018	2	14	11	1,273	5,20	72,79
TR 5	0,635%	0,018	2,08	14,56	11,16	1,305	5,29	76,96
TR 9	1,940%	0,028	3,44	13,76	10,88	1,265	5,83	80,26

Tendo em vista que em determinados trechos a velocidade desenvolvida pode atingir valores acima dos limites aceitáveis para o tipo de revestimento, os projetos de adequação deverão verificar a necessidade de escada hidráulica ao longo da canalização após detalhamento topográfico da declividade de fundo do canal. A fim de permitir a conformação do curso d'água à jusante do trecho em questão, deverá ser executado um canal de transição trapezoidal com proteção das margens e fundo em enrocamento, precedido ou não de uma estrutura de dissipação de energia a ser determinada pelo projeto hidráulico da canalização.

Quanto ao trecho canalizado C-01, sua insuficiência pode ser compensada com o projeto de microdrenagem na sub-bacia 01.

Em suma, as ações estruturais que devem ser executadas com relação à macrodrenagem são:

- Projeto hidráulico e estrutural da canalização e das obras de arte do Ribeirão Preto;
- Solicitação das outorgas das interferências em recursos hídricos;
- Execução das obras de canalização e pontes projetadas.

2.2. MICRODRENAGEM

Com relação à microdrenagem, observou-se que a rede de galerias de águas pluviais pode estar subdimensionada nos locais citados no Volume II do PDDUr e que, de maneira geral, os lançamentos dessas redes devem ser melhorados. No município, as estruturas de detenção que recebem as águas pluviais do Conjunto Habitacional João Berbel estão em más condições de operação e devem ser redimensionadas.

A seguir são expostas algumas medidas a serem adotadas para adequar a rede de drenagem de maneira a prevenir problemas futuros e mitigar os problemas existentes.

2.2.1. ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM

A adequação e/ou complementação da rede de microdrenagem é de suma importância uma vez que tem como principal função conduzir os volumes do escoamento pluvial para a rede natural de drenagem. Se bem implantada, a rede proporciona ao município inúmeras vantagens, tais como: diminuição de danos imobiliários, problemas sanitários e até risco de fatalidades.

Alguns bairros dispõem de rede de galerias insuficientes, assim sendo necessitam de adequação, com a implantação de complementos, a saber:

- Centro;
- Conjunto Habitacional João Berbel;
- Parque São Francisco;

Ressalta-se que é necessário cadastrar detalhadamente essas redes e realizar estudo para verificação do sistema existente em toda sua abrangência, a fim de constatar problemas.

Deste modo, a proposta da consultora contratada quanto à adequação da rede de microdrenagem é a seguinte:

- Cadastro do sistema de microdrenagem existente, com levantamento das informações:
    - Cadastro de bocas-de-lobo e poços-de-visita;
    - Cota de assentamento, diâmetros, material, extensão e declividades das tubulações;
    - Cadastro de dispositivos de dissipadores de energia e/ou bacias de detenção final das redes;
- Estudo específico para verificação e adequação da rede de galerias pluviais existentes;
- Projeto de rede de galerias de águas pluviais nos bairros que ainda são desprovidos do sistema.
- Execução das redes projetadas.

2.2.2. PROJETO E CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS DE DETENÇÃO E DISSIPAÇÃO DE ENERGIA NO FINAL DA REDE DE GALERIAS

A empresa consultora sugere as seguintes propostas para adequação dos lançamentos das redes de microdrenagem:

- Implantação de bacias de detenção com vistas à retenção, temporária, do volume do escoamento superficial dos bairros;
- Implantação de dissipadores de energia na entrada das bacias de detenção, a fim de evitar erosão no reservatório, e no ponto de lançamento no curso d'água, assim como indicado em planta anexa.

Para tanto, recomenda-se a contratação de projetos para análise de viabilidade e dimensionamento dessas bacias.

Na prática deste tipo de projeto, uma metodologia aceita no meio técnico que fornece resultados satisfatórios para a estimativa do volume a ser reservado na bacia é:

$$V_{bacia} = V_{pós\text{-}urbanização} - V_{pré\text{-}urbanização}$$

Onde:

- V_{bacia}: Volume a reter no reservatório;
- $V_{pós\text{-}urbanização}$: Volume do hidrograma do cenário pós-urbanizado;
- $V_{pré\text{-}urbanização}$: Volume do hidrograma do cenário pré-urbanizado.

Quanto ao dispositivo de saída do reservatório, ele deve ser dimensionado para que a máxima vazão efluente seja igual à vazão de pico na condição de pré-urbanização.

No Quadro 2 são apresentados os volumes de reservação estimados para cada bacia simulada. Cabe salientar que os dados expostos a seguir são apenas estimativas e deverão ser verificadas após projeto de microdrenagem.

Quadro 2 – Volumes para reservação estimados e vazões calculadas.

Bacia	Vazão Máx. (m³/s) - PRÉ-URB.	Vazão Máx. (m³/s) - PÓS-URB.	Volume Total do Hidrograma (m³) - *PRÉ-URBANIZAÇÃO*	Volume Total do Hidrograma (m³) - *PÓS-URBANIZAÇÃO*	Volume de Reservação (m³)
1	1,13	10,33	3.085	28.084	24.998
2	0,004	0,59	4	653	649
3	0,05	1,11	89	1.999	1.910
4	0,02	0,65	21	873	852
5	0,07	1,27	134	2.447	2.313
6	0,04	1,82	63	2.717	2.655
7	0,08	1,46	165	2.911	2.746
8	0,02	0,54	24	765	741
9	0,08	1,16	152	2.335	2.183
10	0,02	0,48	24	661	638
11	0,15	1,10	402	2.924	2.523
12	0,06	1,35	86	2.042	1.955
13	1,25	6,85	4.020	22.003	17.984
14	0,11	2,03	185	3.378	3.193
15	0,51	0,55	2.599	2.780	181
16	0,52	12,95	791	19.712	18.921
17	1,84	4,13	6.947	15.571	8.624
18	1,17	6,45	2.983	16.452	13.469
19	2,34	6,57	8.562	24.084	15.522
22	1,33	3,58	4.771	12.876	8.105
28	2,41	7,10	9.752	28.704	18.951
29	2,52	5,97	9.975	23.609	2.952
30	2,05	5,42	8.549	22.563	1.079
32	2,44	5,59	13.915	31.896	5.252
33	2,85	4,57	12.787	20.512	2.874

No ANEXO 02 são feitas indicações de áreas sugeridas para a implantação dos reservatórios para mitigar os problemas provocados pelo escoamento superficial da atual área de ocupação. Para os novos empreendimentos, deverão ser realizados projetos de detenção do escoamento adicional ocasionado pelo aumento da área impermeabilizada na bacia.

As seguintes observações podem ser inferidas da análise do Quadro 2 e ANEXO 02:

- Cabe destacar a importância da efetiva execução dos reservatórios de detenção nas bacias do Ribeirão Preto para evitar problemas futuros relativos tanto à inundações quanto à erosão das margens e fundo do leito natural que possam danificar habitações e/ou travessias;
- Observa-se que os reservatórios das sub-bacias 22, 28, 29, 30, 32 e 33 possuem como principal função controlar a erosão a jusante do final da rede de galerias de águas pluviais como, por exemplo, nos lançamentos bairros Jardim Santa Cruz, Jardim Bothânico e Conjunto Habitacional João Berbel. Essas erosões podem, futuramente, ocasionar o assoreamento dos córregos e de algumas nascentes;
- As sub-bacias 01-07, 10, 11 e 16 não possuem espaços livres disponíveis para a locação dos reservatórios;
- Na sub-bacia 13 foram propostos 3 reservatórios para reter temporariamente as águas pluviais da região. Observa-se que o reservatório paisagístico existente na margem direita do Ribeirão Preto, possivelmente, poderia ser utilizado com esta finalidade desde que seja devidamente avaliado em estudos e projeto específicos adequados;
- Ainda com relação à sub-bacia 13, devido às restrições de espaço disponível, não se considera viável economicamente amortecer o

volume total da sub-bacia e, por este motivo, a vazão efluente será maior que a da condição de pré-urbanização;

- Não foram dimensionados reservatórios para as sub-bacias 15, 17, 25, 26, 27 e 31, pois elas não possuem áreas impermeabilizadas significativas. Salienta-se que para essas sub-bacias os novos empreendimentos deverão se responsabilizar por apresentar propostas para detenção das águas pluviais.

Considerando a ampla experiência da equipe neste tipo de projeto, recomenda-se que a profundidade da lâmina de água máxima nas bacias não sejam superiores a 1,5 metros, a fim de facilitar a sua manutenção.

Devem dispor de perímetro protegido com cercas de alambrado para evitar-se o seu uso como balneário.

Ressalta-se que, para evitar problemas de dimensionamento dos reservatórios, é necessário efetuar-se o cadastro da rede existente e o projeto das novas redes de galerias de águas pluviais para permitir a avaliação mais precisa do tempo de concentração, do pico de vazão e do volume necessário de reservação.

2.2.3. DIRETRIZES DE DRENAGEM

Os crescentes problemas de inundações nos municípios brasileiros têm como principal causa a urbanização desordenada e acelerada. A impermeabilização do solo sem limites traz grandes prejuízos aos municípios.

O Manual de Drenagem, encaminhado como parte integrante do “Plano de Drenagem Urbana do Município de Cravinhos”, tem como escopo principal estabelecer diretrizes básicas para os projetos de microdrenagem urbana no município, e orientar os profissionais da Prefeitura, prestadores de serviços e investidores da área imobiliária, que atuam nas áreas de planejamento, projetos de drenagem urbana, planejamento e controle do uso do solo, como também projeto, análise e aprovação de novos empreendimentos.

Recomenda-se que os novos loteamentos e empreendimentos devam apresentar projetos de drenagem para controle do escoamento superficial adicional provocado pela impermeabilização da superfície que provocarem. Salienta-se que deverão ser fornecidas à prefeitura municipal as plantas e memoriais para análise, aprovação e arquivamento.

O manual apresenta as metodologias de dimensionamento das estruturas de microdrenagem e considerações de projeto. Projetos de microdrenagem devem basear-se nas metodologias e as restrições impostas pela municipalidade, devido à inexistência de normas que padronizem esse tipo de projeto.

O manual ainda apresenta de forma reduzida algumas considerações sobre o dimensionamento de dispositivos de macrodrenagem, além de expor os tipos de medidas não estruturais propostas para controle e manutenção dos sistemas de drenagem urbana.

CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Instruções Normativas da DPO/DAEE 001, 002, 003 e 004. São Paulo. 30 de julho de 2007.

TOMAZ, P. Best Management Practices (Melhoria da qualidade das águas pluviais), 2008.

TUCCI, C. E. M., Porto, R. L. L., Barros, M. T. Drenagem Urbana, Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRAVINHOS

CONVITE Nº. 011/2010

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS - SP

VOLUME IV - DIRETRIZES E PLANO DE AÇÃO

OUTUBRO/2010

Profissional	Função
Eng. Marcelo Malheiros Duclerc Verçosa	Responsável Técnico
Eng. Raphael Machado	Coordenador
Eng. Luiz Fernando Araujo	Engenheiro Civil
Engª. Dea Carolina Thieme	Engenheira Civil

ÍNDICE GERAL

1. APRESENTAÇÃO 5

2. SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS E PRIORIDADES 6

2.1. CARACTERÍSTICAS DAS PROPOSTAS 6

2.2. ESTIMATIVAS DE CUSTOS 7

2.2.1. Canalização 7

2.2.1. Rede de galerias de águas pluviais 7

2.2.2. Bacias de Detenção 8

2.3. HIERARQUIZAÇÃO DE PRIORIDADES DAS OBRAS PROPOSTAS 8

3. ASPECTOS JURÍDICOS E LEGAIS 9

3.1. PROJETOS DE LEI CORRELATOS 9

3.2. ATUALIZAÇÃO FUTURA DO PLANO 9

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 10

ANEXO 01 – MINUTA DO PROJETO DE LEI INSTITUINDO O PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS 11

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA A CANALIZAÇÃO NO RIBEIRÃO PRETO. 7
QUADRO 2 – ESTIMATIVA DE CUSTOS (POR SUB-BACIA) DAS BACIAS DE DETENÇÃO. 8
QUADRO 3 – HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES PROPOSTAS. 8

Trata-se do relatório previsto no contrato firmado entre a PREFEITURA MUNICIPAL DE CRAVINHOS - SP e a VM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS LTDA., empresa brasileira registrada no CNPJ sob o nº. 04.257.647/0001-54 com sede à Rua Dom Pedro II, nº. 1241, São Carlos - SP.

Este relatório consubstancia o Volume IV do “Plano Diretor de Drenagem Urbana”, que contempla o tópico constante do Termo de Referência referente às diretrizes e proposições.

2.1. CARACTERÍSTICAS DAS PROPOSTAS

A canalização do Ribeirão Preto apresenta-se, atualmente, insuficiente em determinados trechos. Esse curso d'água está ladeado por marginais na região do perímetro urbano. Devido a essa limitação, que pode inviabilizar economicamente o alargamento da seção do curso d'água em questão, foi proposta a simples melhoria hidráulica dos revestimentos das paredes laterais e a execução de fundo em concreto.

A proposta é similar para o caso das travessias. As seções livres de canal sob essas obras devem sofrer adequações para desobstrução e melhoria dos revestimentos.

A insuficiência e, em determinados locais, a inexistência da rede de microdrenagem podem representar problemas relevantes que afetam o município. Sendo assim, foram propostos o cadastramento, a contratação de projetos e a execução dos sistemas de galerias pluviais. O cadastro subsidiará o planejamento para a adequação da rede de microdrenagem ao fornecer informações da rede existente e topografia detalhada das ruas pertencentes à área urbana. A rede de galeria de águas pluviais conduzirá o escoamento excedente para as bacias de detenção que, por sua vez, amortecerão os picos de vazão antes do lançamento nos cursos d'água.

O Volume V do "Plano Diretor de Drenagem Urbana" do município de Cravinhos apresenta as diretrizes de drenagem urbana. Nele podem ser encontrados, entre outras coisas, os tipos de medidas não estruturais propostas para controle e manutenção dos sistemas de drenagem urbana.

2.2. ESTIMATIVAS DE CUSTOS

2.2.1. CANALIZAÇÃO

No Quadro 1 a seguir são apresentados os custos para a adequação da canalização no Ribeirão Preto. Os valores de custo unitário por serviços foram obtidos no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) divulgado pela Caixa Econômica Federal e IBGE, referentes ao mês de setembro de 2010.

Quadro 1 – Estimativa de custos para a canalização no Ribeirão Preto.

Canal	Serviço	Quant.	Unid.	Custo Unitário	Custo Total
Canal C2, C3 e C4	Projeto executivo	1	un.	R$ 104.000,00	R$ 104.000,00
	Lastro de concreto magro	424	m³	R$ 396,25	R$ 168.010,00
	Forma plana de madeira	4205	m²	R$ 42,98	R$ 180.730,90
	Armadura - Aço CA-50 e CA-60, corte/dobra e colocação	70070	kg	R$ 6,04	R$ 423.222,80
	Concreto usinado fck = 20 MPa	701	m³	R$ 306,27	R$ 214.698,42
				TOTAL PARCIAL	R$ 986.662,12
				TOTAL FINAL (com serviços e insumos)	***R$ 1.677.325,61***
Canal C5, C6 e C7	Projeto executivo	1	un.	R$ 175.000,00	R$ 175.000,00
	Lastro de concreto magro	578	m³	R$ 396,25	R$ 229.032,50
	Forma plana de madeira	7752	m²	R$ 42,98	R$ 333.180,96
	Armadura - Aço CA-50 e CA-60, corte/dobra e colocação	129200	kg	R$ 6,04	R$ 780.368,00
	Concreto usinado fck = 20 MPa	1292	m³	R$ 306,27	R$ 395.706,65
				TOTAL PARCIAL	R$ 1.738.288,11
				TOTAL FINAL (com serviços e insumos)	***R$ 2.085.945,74***

2.2.1. REDE DE GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Tendo em vista a incerteza quanto à extensão de galerias de águas pluviais existentes na área urbana do município de Cravinhos, a consultora estimou os custos por metro linear de rede projetada. Os valores aproximados são:

- Projeto hidráulico de galeria pluvial em tubos: R$ 2,41[1] por metro;
- Execução da obra: R$ 468,84 por metro, excluindo a demolição do pavimento asfáltico, nas áreas em que é necessária essa atividade;

[1] Fonte: Tabela de Custos publicada pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Obras de São Paulo, data-base: Janeiro de 2010

- Demolição de pavimento asfáltico: R$ 7,36[1] por metro quadrado.

2.2.2. Bacias de Detenção

Segundo TUCCI (2003), o custo médio para detenção urbana aberta é de aproximadamente R$ 110,00/m³. Considerando o volume total de detenção proposto no Anexo 2 do Volume III do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Cravinhos, que corresponde à 78.314 m³, o custo total aproximado para a implantação de todas as bacias de detenção seria de R$ 8.614.540,00. No Quadro 3 é apresentado o custo estimado da detenção em cada sub-bacia.

Quadro 2 – Estimativa de custos (por sub-bacia) das bacias de detenção.

Sub-bacia	Volume de detenção (m³)	Custo estimado
9	2183	R$ 240.130,00
8	4034	R$ 443.740,00
12	1955	R$ 215.050,00
13	14295	R$ 1.572.450,00
14	3193	R$ 351.230,00
19	13469	R$ 1.481.590,00
22	8105	R$ 891.550,00

2.3. Hierarquização de Prioridades das Obras Propostas

A proposta para hierarquização das ações com relação à drenagem são as seguintes:

Quadro 3 – Hierarquização das ações propostas.

Item	Ação
1	Regulamentar as ações mitigatórias não-estruturais previstas no Volume V do presente Plano.
2	Adotar o Manual de Drenagem Urbana como diretriz para novos loteamentos de áreas urbanas e demais intervenções em recursos hídricos.
3	Cadastrar o sistema de microdrenagem da área urbana.
4	Contratação de projetos específicos para a adequação e complementação da rede de galerias de águas pluviais.
5	Execução dos projetos de adequação e complementação do sistema urbano de galerias de águas pluviais.
6	Contratação de projetos específicos para as bacias de detenção.
7	Implantação das bacias de detenção.*
8	Contratação de projeto hidráulico e estrutural da canalização do Ribeirão Preto, assim como levantamento planialtimétrico da área de projeto.
9	Contratação de projeto hidráulico e estrutural das travessias sobre o Ribeirão Preto.
10	Solicitação das outorgas das interferências em recursos hídricos.
11	Execução das obras de canal e pontes projetadas.
12	Contratar Plano de Recuperação de Matas Ciliares e implantá-lo.

*Os reservatórios de detenção, devem ser executados de montante para jusante.

3.1. PROJETOS DE LEI CORRELATOS

Em anexo é apresentada a minuta de lei instituindo o Plano Diretor de Drenagem Urbana para o município de Cravinhos.

3.2. ATUALIZAÇÃO FUTURA DO PLANO

Tendo em vista a imprecisão dos dados relativos à expansão da área urbana, foi realizada uma projeção de aumento da área urbanizada considerando a dinâmica de evolução dos últimos anos. Foi adotado um horizonte de projeto de 10 anos, ou seja, até meados do ano de 2020.

Sendo assim, recomenda-se que seja realizada a atualização do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Cravinhos no ano mencionado acima.

A atualização do plano permitirá:

- Avaliar a adoção das medidas propostas no plano atual e a resposta do sistema de drenagem às adequações;
- Controle e verificação da adoção, nos novos empreendimentos a contar dessa data, das medidas e restrições constantes nas diretrizes de drenagem do Volume V do PPDUr, ou seja, se os novos empreendimentos contrataram e executaram o projeto de drenagem respeitando as metodologias e condições existentes no Manual de Drenagem do município de Cravinhos.
- Nova projeção, para um cenário futuro, das condições de drenagem a fim de prevenir problemas não incluídos no horizonte de projeto considerado pelo presente trabalho.

TUCCI, Carlos E. M.. Drenagem urbana. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 55, n. 4, Dec. 2003 . Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 12 Oct. 2010.

"Institui o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Cravinhos".

CAPÍTULO I

DOS FUNDAMENTOS

Art. 1º O "Plano Diretor de Drenagem Urbana" é um instrumento de planejamento urbano que objetiva regulamentar a ocupação do solo, disciplinando medidas estruturais e não estruturais relacionadas ao sistema de drenagem e controle da erosão no âmbito da Cidade e do município de Cravinhos e baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a competência do poder Público de prevenir e mitigar os danos quando da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, visando à proteção da população;

II - a obrigação de proteção dos recursos hídricos garantindo o acesso da população aos seus usos múltiplos e a conservação da qualidade dos corpos d'água existentes no município;

III – a necessidade de proteção contra a erosão e assoreamento das superfícies de terrenos e dos corpos d'água visando à preservação dos recursos hídricos às futuras gerações.

CAPÍTULO II

DOS OBJETIVOS

Art. 2º São objetivos do "Plano Diretor de Drenagem Urbana":

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - a utilização racional do espaço urbano, rural e dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais;

IV – a preservação dos corpos d'água e dos elementos da biodiversidade que integram seu ambiente.

CAPÍTULO III

DAS DIRETRIZES GERAIS DE AÇÃO

Art. 3º São diretrizes do “Plano Diretor de Drenagem Urbana”:

I - implantar mecanismos que visem garantir e restabelecer a permeabilidade dos solos, adotando-se padrão compatível de taxas de permeabilidade mínima para os lotes existentes e a serem implantados, sobretudo para aqueles situados à montante dos cursos d’água;

II - incentivar dentro dos lotes urbanos, a formação e manutenção de áreas ajardinadas e arborizadas;

III – regulamentar texto com as Diretrizes de Drenagem para o parcelamento e regulamentação de loteamentos no município. Deverá incluir as normas técnicas complementares para a elaboração de projetos de drenagem de águas pluviais do Município.

Art. 4º O município no âmbito de suas competências promoverá as seguintes ações:

I - referentes a ações imediatas de preservação dos recursos hídricos:

a) promover ações em conjunto com outros municípios para preservação dos rios com relação à poluição e assoreamento;

b) recuperar córregos e dar tratamento urbanístico adequado às suas margens, com especial atenção à preservação da mata ciliar;

c) controlar rigorosamente a execução de novos loteamentos, principalmente em áreas de mananciais e cabeceiras, a fim de não agravar o quadro de impermeabilização que tem efeito negativo sobre a drenagem;

d) fiscalizar, no que couber, o cumprimento da legislação vigente quanto à preservação e proteção dos recursos hídricos, especialmente o Código das Águas, Código Florestal e Resoluções do CONAMA.

II - referentes a ações imediatas de proteção da cobertura vegetal:

a) desenvolver o reflorestamento no Município em áreas públicas e privadas, preferencialmente com espécies nativas, evitando o avanço de espécies vegetais que empobreçam o solo e rebaixam o lençol d'água;

b) preservar as áreas de matas nativas existentes.

III - referentes a ações imediatas de controle da erosão do solo e a ocupação de áreas de risco:

a) a partir dos mapas contidos no "Plano Diretor de Drenagem Urbana", identificar as áreas prováveis de risco já ocupadas e estabelecer nestas localidades programas de monitoramento junto à Defesa Civil Municipal, por meio de campanhas educativas e informativas junto à população moradora;

b) estabelecer a exigência de laudo geotécnico para caracterizar a área e indicar as medidas mitigadoras a serem adotadas, de acordo com o tipo de risco identificado, para implantação de novos loteamentos;

Art. 5º Os empreendimentos de parcelamento do solo na parcela que lhes compete deverão ter na sua concepção a permanência das condições hidrológicas originais da bacia, através de alternativas de amortecimento da vazão pluvial e controle da erosão.

Art. 6º Toda ocupação que resulte em superfície impermeável, deverá possuir vazão específica de saída para a rede pública de águas pluviais a ser disciplinada pelo Poder Executivo.

§ 1º Serão consideradas áreas impermeáveis todas as superfícies que não permitam a infiltração da água para o subsolo.

§ 2º A água precipitada sobre o terreno não pode ser drenada diretamente para ruas, sarjetas e/ou redes de drenagem, com exceção do 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 2000 m^2 e para habitações unifamiliares, a limitação de vazão referida no caput deste artigo será desconsiderada.

Art. 7º - Nos lotes que ainda não tenham sido edificados que tenham área impermeabilizada superior a 2.000 m² deverão ser previstos reservatórios para acumulação das águas pluviais como condição para obtenção do Habite-se ou da Certidão de Edificação.

Art. 8º - A capacidade do reservatório dos novos empreendimentos deverá ser calculada com base na seguinte equação:

V = 200 x A

V = volume do reservatório (m³)

A = área de drenagem (ha)

§ 1º - A prefeitura municipal poderá, a seu critério, aprovar reservatórios com capacidade diversa à obtida pela equação, desde que seja apresentada justificativa técnica em acordo com metodologias reconhecidas pela bibliografia consagrada.

§ 2º - Deverá ser instalado um sistema que conduza toda água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos ao reservatório.

§ 3º - A água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis.

Art. 9º – Para aprovação de projetos de edificação nos loteamentos aprovados após esta lei, será obrigatória a reserva das seguintes áreas para permeabilidade das águas no solo:

a) 10% para lotes com áreas iguais ou inferiores a 250 m²;

b) 5% para lotes com áreas superiores a 250 m²;

c) 10% para áreas destinadas a estacionamentos de veículos com áreas superiores a 2.000 m²;

d) 5% para áreas destinadas às indústrias.

Art. 10º – Fica proibida a instalação de travessia no perímetro urbano da cidade ou nas estradas que compõem o sistema viário do município sem a devida outorga do Departamento de Águas e Energia Elétrica.

CAPÍTULO IV

DOS INSTRUMENTOS

Art. 11. São instrumentos do "Plano Diretor de Drenagem Urbana":

I – os estudos componentes do referido Plano;

II - os estudos componentes referido Plano;

III – o "Manual de Drenagem Urbana" integrante do referido Plano.

CAPÍTULO V

DA AÇÃO DO PODER PÚBLICO

Art. 12. Na implantação do "Plano Diretor de Drenagem Urbana", compete ao Poder Executivo municipal:

I - tomar as providências necessárias à implantação do referido Plano;

II - tomar as providências necessárias à implantação das obras descritas no referido Plano;

III – fiscalizar, no âmbito das suas atribuições, a observância do referido Plano;

Parágrafo único. O Poder Executivo indicará, por decreto, a autoridade responsável pela fiscalização da presente lei.

CAPÍTULO VI

DAS INFRAÇÕES E PENALIDADES

Art. 13. Constitui infração das normas referentes à macrodrenagem urbana:

I – interligar as redes de águas pluviais às redes coletoras de esgotamento sanitário;

II – impedir ou dificultar o fluxo das águas pluviais ou fluviais por quaisquer meios;

III – executar quaisquer obras, ou supressão de vegetação sem o adequado controle da erosão do solo;

VII - infringir normas estabelecidas no regulamento desta Lei e nos regulamentos administrativos, compreendendo instruções e procedimentos fixados pelos órgãos ou entidades competentes;

VIII - obstar ou dificultar a ação fiscalizadora das autoridades competentes no exercício de suas funções.

Art. 14. Por infração de qualquer disposição legal, o infrator, a critério da autoridade competente, ficará sujeito às seguintes penalidades, independentemente de sua ordem de enumeração:

I - advertência por escrito, na qual serão estabelecidos prazos para correção das irregularidades;

II - multa, simples ou diária proporcional à gravidade da infração, à critério da autoridade fiscalizadora, de R$ 500,00 (quinhentos reais) a R$ 10.000,00 (dez mil reais);

III - embargo provisório, por prazo determinado, para execução de serviços e obras necessárias ao efetivo cumprimento de normas referentes à drenagem urbana, controle de erosão e proteção dos recursos hídricos.

§ 1º Sempre que da infração cometida resultar prejuízo a serviço público de abastecimento de água, riscos à saúde ou à vida, perecimento de bens ou animais, ou prejuízos de qualquer natureza a terceiros, a multa a ser aplicada nunca será inferior à metade do valor máximo.

§ 2º No caso do inciso II, independentemente da pena de multa, serão cobradas do infrator as despesas em que incorrer a Administração para tornar efetivas as medidas previstas, sem prejuízo de responder pela indenização dos danos a que der causa.

§ 3º Da aplicação das sanções previstas neste título caberá recurso à autoridade administrativa competente, nos termos do regulamento.

§ 4º Em caso de reincidência, a multa será aplicada em dobro.

CAPÍTULO V

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 15. O Poder Executivo regulamentará por Decreto esta Lei no prazo de cento e oitenta dias, contados da data de sua publicação.

Art. 16. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 17. Revogam-se as disposições em contrário.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRAVINHOS

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE CRAVINHOS - SP

VOLUME V - MANUAL DE DRENAGEM URBANA

OUTUBRO DE 2010

ÍNDICE GERAL 2
ÍNDICE DE FIGURAS 5
ÍNDICE DE QUADROS 6
EQUIPE TÉCNICA 7
APRESENTAÇÃO 8
MACRODRENAGEM 9
1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS PARA A DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO 11
1.1. PERÍODO DE RETORNO 12
1.2. ESCOAMENTO SUPERFICIAL DIRETO 12
1.3. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO 13
1.4. EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS 13
2. ESTUDOS HIDRÁULICOS - CONDIÇÕES PARA O DIMESIONAMENTO 15
2.1. FOLGA SOBRE O DIMENSIONAMENTO 15
2.2. COEFICIENTE DE RUGOSIDADE 16
2.3. RESTRIÇÕES DE VELOCIDADE 16
MICRODRENAGEM 17
3. DADOS DE PROJETO 18
4. CÁLCULO DAS VAZÕES - MÉTODO RACIONAL 20
4.1. COEFICIENTES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL 20
4.2. EQUAÇÃO DE CHUVA 21
4.3. TEMPO DE RETORNO 21
4.4. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO 22
4.4.1.1. Tempo de concentração para dimensionamento das sarjetas 22
4.4.1.2. Tempo de concentração para dimensionamento das galerias 24
5. DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS DE MICRODRENAGEM 25
5.1. SARJETAS 25
5.1.1.1. Considerações e Restrições 29

5.2. BOCA DE LOBO 29
5.2.1.1. Tipos de boca coletora 30
5.2.1.2. Dimensionamento de Boca de lobo simples 31
5.2.1.3. Dimensionamento de Boca de lobo com grelhas 34
5.2.1.4. Dimensionamento de Boca de lobo combinadas 35
5.2.1.5. Eficiência das bocas coletoras 35
5.3. GALERIAS 37
5.3.1.1. Recomendações e restrições de projeto 37
5.3.1.2. Diâmetro Mínimo 37
5.3.1.3. Lâmina máxima 37
5.3.1.4. Limites de velocidade 37
5.3.1.5. Coeficiente de rugosidade 37
5.3.1.6. Profundidade da tubulação 37
5.4. POÇOS DE VISITA 38
5.4.1.1. Recomendações e restrições de projeto 39
5.5. BACIAS DE RETENÇÃO E DETENÇÃO 40
6. APRESENTAÇÃO DO PROJETO 42
7. MEDIDAS MITIGATÓRIAS 44
7.1. MEDIDAS NÃO CONVENCIONAIS 47
7.1.1. MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS 47
7.1.2. TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS - CONTROLE LOCAL 50
7.1.2.1. Trincheiras de Infiltração 50
7.1.2.2. Planos de infiltração 52
7.1.2.3. Valos de infiltração 54
7.1.2.4. Bacias de percolação 55
7.1.2.5. Pavimentos permeáveis 56
7.1.3. TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS - CONTROLE DE ENTRADA 58
7.2. MEDIDAS CONVENCIONAIS 60
***7.2.1.* "DETENÇÃO *IN SITU*" 61**
7.2.2. BACIAS DE DETENÇÃO 62
7.2.3. OBRAS DE RETENÇÃO 63
7.2.4. "POLDERS" 64
7.3. ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE CHEIAS 64
8. CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL 67
8.1. MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO POR CARGAS DIFUSAS 68
8.2. MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO POR CARGAS DIFUSAS 69

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71

Figura 1 – Exemplo de sistema de drenagem 22
Figura 2 - Tempo de escoamento superficial 23
Figura 3 – Declividade transversal em sarjeta de seção típica 26
Figura 4 - Declividade transversal em sarjetões 26
Figura 5 – Declividade transversal em sarjeta de seção composta 27
Figura 6 – Fator de redução de capacidade das sarjetas 28
Figura 7 - Capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo simples em pontos baixos das sarjetas. Fonte: DNIT (2006) 33
Figura 8 – Boca de lobo com grelha 35
Figura 9 – Exemplo de Poço de visita tradicional 38
Figura 10 – Poço de visita com poço de queda 40
Figura 11 – Disposição do plano de infiltração no lote 53
Figura 12 – Vista geral do valo de infiltração 54
Figura 13 – Valos de infiltração 55
Figura 14 – Exemplo de bacia de percolação 56
Figura 15 – Pavimento poroso (Urbonas e Stahre, 1993) 58
Figura 16 – Pavimento celular poroso (Urbonas e Stahre, 1993) 58
Figura 17 – Pavimento permeável (Hogland e Niemczynowicz, 1986) 58
Figura 18 - Telhado verde do Carrefour em Viena, Áustria 60
Figura 19 – Reservatório de detenção 63
Figura 20 - Reservatório de retenção 64

Quadro 1 - Valores mínimos de tempo de retorno para projetos de canalizações e travessias 12

Quadro 2 – Valores mínimos para períodos de retornos para projetos de barragens 12

Quadro 3 - Valores mínimo para os coeficientes relacionados com o escoamento superficial 13

Quadro 4 – Valores mínimos de folga sobre dimensionamento 15

Quadro 5 – Valores recomendados para o coeficiente de Manning 16

Quadro 6 – Limites de velocidade 16

Quadro 7 – Valores do coeficiente de escoamento superficial 21

Quadro 8 - Fatores de redução de escoamento em sarjetas 29

Quadro 9 – Fator de redução de escoamento para bocas-de-lobo 36

Quadro 10 - Informações sobre a estrutura 51

Quadro 11 - Informações sobre a estrutura 57

Quadro 12 - Formas de redução e retenção em diferentes áreas urbanas 66

Quadro 13 – Eficiência das medidas estruturais 70

Profissional	Especialidade
Engenheiro Marcelo Malheiros Duclerc Verçosa	Hidrologia, Hidráulica e Educação Ambiental
Engenheiro Raphael Machado	Hidrologia Computacional
Engenheiro Luiz Fernando de Araujo	Hidrologia e Hidráulica
Engenheira Dea Carolina Thieme	Hidrologia e Hidráulica

Este Manual é parte integrante do "*Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Cravinhos".*

Os sistemas de macrodrenagem são constituídos pela drenagem natural das bacias hidrográficas ocupadas pela urbanização e situados no perímetro urbano. Os fundos dos vales recebem as contribuições das redes de microdrenagem existentes. Os canais naturais já se encontram bastante modificados, com as intervenções, tais como: barragens, travessias e canalizações.

Tratando-se de cursos d'água cadastrados nas cartas geográficas do IBGE e que tem escoamento perene, cabe ao DAEE, em primeira instância, a análise e aprovação de qualquer intervenção nesse sistema. Para que não haja prejuízos à população e a outros empreendimentos próximos, a elaboração de projetos desse porte é cercada de diversos limitantes, elencados nas "Instruções Técnicas" 001 a 004 que foram editadas pela DPO - DAEE em 30 de julho de 2007 as principais.

As metodologias e instruções que serão apresentadas nos itens a seguir têm por objetivo orientar a elaboração de projetos de interferências em recursos hídricos e estão todas em consonância com as DPO's do DAEE.

As publicações básicas utilizadas para elaboração de projetos no âmbito da macrodrenagem são:

- Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, DAEE (2006)
- Instruções Técnicas DPO Nº 001, Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização, DAEE (2007);
- Instruções Técnicas DPO Nº 002, Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização, DAEE (2007);
- Instruções Técnicas DPO Nº 003, Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização, DAEE (2007);

- Instruções Técnicas DPO Nº 004, Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização, DAEE (2007).
- Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo, DAEE (1994).

1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS PARA A DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO

A vazão máxima de projeto para um determinado curso d'água está vinculada à segurança da obra e à probabilidade de ocorrência de um evento na bacia de contribuição da seção em estudo.

Existem duas maneiras de se determinar a vazão de projeto: uma faz uso de série histórica de posto fluviométrico localizado no curso d'água e a outra, por meio de métodos sintéticos, baseados em dados pluviométricos e que são indicados conforme o tamanho da bacia de contribuição.

Caso exista séria histórica disponível para determinação da vazão de projeto, e que essa série de dados seja de no mínimo 3 (três) anos, os métodos indicados são:

- Método CTH: indicado para série histórica com extensão entre 3 a 10 anos;
- Método Gradex: série histórica com dados de 10 a 25 anos;
- Método estatístico: série superior a 25 anos;

Não havendo série histórica disponível de vazões para o local em estudo ou se a existente for inferior a 3 (três) anos de extensão, o DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica indica a utilização de métodos sintéticos de acordo com o "Manual de Cálculo de Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo" , de acordo com a dimensão da bacia:

- Método racional: indicado para área de drenagem inferior a 2 km²;
- Método I-Pai- Wu: área de drenagem entre 2 km² e 200 km²;
- Método Prof. Kokei Uehara: área de drenagem entre 200 km² e 600 km²;
- Hidrograma unitário – Propagação: indicado para locais com área de drenagem superior a 600 km².

Observação:

É admitida pelo DAEE a utilização de programas computacionais de auxílio a tomadas de decisões nas bacias complexas.

Quaisquer intervenções em recursos hídricos no Estado de São Paulo deverão ser previamente aprovadas pelo DAEE.

1.1. PERÍODO DE RETORNO

O período de retorno representa o risco que será assumido no dimensionamento da obras e conforme orientações do DAEE os valores adotados variam conforme o tipo e a dimensão do empreendimento.

Para canalizações e travessias:

Quadro 1 - Valores mínimos de tempo de retorno para projetos de canalizações e travessias

Localização	TR (anos)
Zona rural	25
Zona urbana ou de expansão urbana	100

Fonte: DPO - DAEE n°002, (2007)

"Em projetos de canalizações ou de travessias de maior importância ou porte, independentemente de sua localização, deve ser adotado o mínimo de 100 anos para o período de retorno", DAEE (2006).

Para projeto de barragens:

Quadro 2 – Valores mínimos para períodos de retornos para projetos de barragens

Maior altura do barramento H (m)	TR (anos)	
	Região de influência a jusante	
	Sem risco para habitações ou pessoas	Com risco para habitações ou pessoas
H ≤ 5	100	500
5 < H ≤ 10	500	1.000
H > 10	1.000	10.000

Fonte: DPO - DAEE n°002, (2007)

1.2. ESCOAMENTO SUPERFICIAL DIRETO

Os coeficientes relacionados com o escoamento superficial que devem ser considerados nos cálculos da vazão máxima de projeto são os coeficientes de

uma condição futura, determinadas após analise da situação atual da bacia de acordo com projeções da evolução dos usos e ocupação dos solos.

O quadro apresentado a seguir apresenta os valores mínimos dos coeficientes de escoamento superficial das principais metodologias. Cabe salientar que, considerando que dentro da bacia existam áreas com diferentes coeficientes, o valor final ponderado com as áreas de atribuição deverá ser superior ao indicado no referido quadro.

Quadro 3 - Valores mínimo para os coeficientes relacionados com o escoamento superficial

Coeficiente / Parâmetro	Valor mínimo
Coeficiente de Escoamento Superficial Direto – Método racional (C)	0,25
Coeficiente de Escoamento Superficial Direto – Método I-Pai-Wu (C_2)	0,25
Número da Curva (CN)	60

Fonte: Instrução Normativa do DAEE n°002; www.sigrh.sp.gov.br

Obs: A Prefeitura Municipal de Cravinhos se reserva o direito de exigir a utilização de valores mais restritivos a serem adotados quando da apresentação de uma intervenção na área urbana da cidade.

1.3. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Segundo o item 1.1.4 da I.N. DPO n°002 do DAEE, em nenhuma hipótese deverão ser utilizados tempos de concentração maiores do que os calculados com a equação de Kirpich enunciada a seguir:

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385} \qquad [\text{min}]$$

Sendo que L é o comprimento do talvegue [km] e S é a declividade [m/m].

1.4. EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS

As equações podem ser consultadas no site: http://www.sigrh.sp.gov.br, na Base georreferencial / Equações de Chuvas Intensas.

Para o município de Cravinhos, a equação de chuva a ser adotada é a de Serrana, pois, dentre as aceitas pelo DAEE, é a mais próxima da cidade.

O projeto hidráulico de canalizações, estruturas extravasoras de barramentos e seções transversais de travessias deverão ser realizados com base na vazão máxima de projeto, ou seja, o dispositivo deve escoar a vazão de projeto seguindo as restrições que se seguem.

2.1. FOLGA SOBRE O DIMENSIONAMENTO

No dimensionamento deverão ser observados os valores mínimos de folga, ou seja, bordas livres.

Quadro 4 – Valores mínimos de folga sobre dimensionamento

Obra Hidráulica	Tipo / Características	Folga sobre dimensionamento (f)
Canalização	Seção aberta	$f \geq 0{,}20\ h_{TR}$
	Seção em contorno fechado	$f \geq 0{,}20\ H$
Travessia	Aérea (pontes)	$f \geq 0{,}20\ h_{TR}$, com $f \geq 0{,}4$ m
	Intermediária (galerias)	$f \geq 0{,}20\ H$
	Bueiro	Previsto para trabalhar em carga
Barramento	De qualquer tipo, exceto soleiras submersíveis	$f \geq 0{,}10\ H_M$, com $f \geq 0{,}5$ m

Sendo que:

"h_{TR}" - profundidade da lâmina d'água correspondente à vazão máxima de projeto, associada a um período de retorno (TR), em conformidade com o estabelecido no Quadro 1;

Canalizações em seção aberta – "f" é o desnível entre a linha d'água correspondente à máxima vazão possível de escoar sem extravasamento e a lâmina d'água correspondente à vazão máxima de projeto;

Canalizações em contorno fechado: "H" é a altura máxima da seção transversal, medida internamente;

Travessias aéreas: "f" é o desnível entre a face inferior da estrutura de sustentação do tabuleiro da ponte e a lâmina d'água correspondente à vazão máxima de projeto;

"H_M" - maior altura do barramento (desnível entre a cota de coroamento do maciço e o talvegue na seção da barragem).

2.2. COEFICIENTE DE RUGOSIDADE

Conforme a Tabela 5 da DPO - DAEE n°002 os coeficientes de rugosidade de Manning recomendados pelo DAEE para determinação da capacidade de escoamento em canais, são:

Quadro 5 – Valores recomendados para o coeficiente de Manning

Tipo de superfície ou de revestimento	n
Terra	0, 035
Grama	
Rachão	
Gabião	0, 028
Pedra argamassada	0, 025
Aço corrugado	0, 024
Concreto	0, 018

2.3. RESTRIÇÕES DE VELOCIDADE

As velocidades máximas permissíveis para escoamento em canais relacionadas com o tipo de revestimento estão apresentadas abaixo:

Quadro 6 – Limites de velocidade

Revestimento	V máx (m/s)
Terra	1,5
Gabião	2,5
Pedra argamassada	3,0
Concreto	4,0

Os sistemas de microdrenagem consistem em coletar e conduzir as águas de chuva que se precipitam sobre áreas impermeáveis como o sistema viário, os imóveis, parques, loteamentos, áreas residenciais, comerciais e industriais urbanas. O principal elemento dos sistemas de microdrenagem são as galerias.

Fazem parte desse sistema também, estruturas como: bocas coletoras (boca de lobo), sarjetas, poços de visita, além de estruturas especiais, como dissipadores de energia, descidas d'água em degraus, entre outros elementos.

A seguir está apresentado o equacionamento básico para o dimensionamento das principais estruturas de um sistema de microdrenagem.

Cabe salientar que algumas das indicações mostradas no capítulo de macrodrenagem são válidas para os sistemas de microdrenagem, sendo elas as apresentadas em: 1.2 - Escoamento superficial direto; 1.4 - Equações de chuvas intensas.

Para que seja possível iniciar a concepção de uma rede de galerias e executar o dimensionamento dos elementos de microdrenagem, é necessário que se tenha em mãos diversos documentos, com as informações essenciais da área em estudo, tais como:

- Planta topográfica da área em estudo e da bacia de contribuição, em escala 1: 2.000 com indicações dos arruamentos existentes e projetados, curvas de nível de 2 em 2 metros e o curso d´água receptor.
- Nivelamento geométrico das vias públicas, com apresentação das cotas em todos os pontos de cruzamento, de mudança de direção e do perfil das vias públicas;
- Dados sobre a urbanização. No caso de urbanização existente na bacia drenada, obter no campo e junto à Prefeitura, informações relativas à sua urbanização na condição atual, como também a prevista no plano diretor, a saber:
    - Tipo de ocupação das áreas (residências, comércio, praças);
    - Porcentagem de ocupação dos lotes;
    - Ocupação do solo nas áreas não-urbanizadas pertencentes à bacia.
    - Áreas reservadas à recreação;
    - Informações geotécnicas da área e do lençol freático;
    - Locação dos pontos de lançamento final;
- Dados relativos ao curso d'água receptor:
    - Dispor de informações sobre os níveis máximos do rio no qual será efetuado o lançamento final;
    - Levantamento topográfico do local deste lançamento;

- Cadastramento de outros sistemas de drenagem existentes;

Além desses documentos, o responsável técnico poderá requisitar outras informações após uma visita técnica.

O procedimento de cálculo das vazões de contribuição deverá ser realizado por meio do Método Racional, no entanto outras metodologias poderão ser utilizadas, desde que devidamente justificadas.

Esse método é indicado para bacia que não apresentem complexidade e com áreas inferiores a 2 km². "O método racional, adequadamente aplicado, pode conduzir a resultados satisfatórios em projetos de drenagem urbana, que tenham estruturas hidráulicas como galerias, bueiros, etc. e ainda para estruturas hidráulicas projetadas em pequenas áreas rurais" (CETESB, 1986).

A descarga de cada bacia de contribuição pode ser calculada com a seguinte fórmula:

$$Q = 1{,}667 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Equação 1 – Descarga pelo método Racional

Sendo que:

Q: vazão em l/s;

A: área de drenagem em km²;

C: coeficiente de escoamento superficial (runoff);

i: intensidade de precipitação (mm/min)

Após o traçado das bacias de contribuição nos pontos da rede, os cálculos das vazões se darão para cada uma dessas áreas.

Informações quanto ao coeficiente de escoamento superficial a ser utilizado podem ser encontradas no item 4.1.

Os itens 4.2, 4.3, e 4.4 apresentam considerações para a determinação da intensidade de chuva a ser utilizada.

4.1. COEFICIENTES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O Método Racional tem como princípio básico a adoção de um coeficiente único (C), ou runoff. Esse coeficiente representa o grau de impermeabilização

ou de urbanização da bacia. O coeficiente C assume valores maiores quanto menor a possibilidade de a água precipitada infiltrar-se no solo, ou de ficar retida pela vegetação, ou seja, quanto maior for a parcela de escoamento superficial.

O DAEE propõe em suas publicações os valores apresentados no Quadro 7 a serem utilizados em projeto. No entanto, o coeficiente médio da área de drenagem, considerando todos os tipos de ocupação não deve ser inferior ao apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – Valores do coeficiente de escoamento superficial

Uso do solo ou grau de urbanização	Valores	
	Mínimos	Máximos
Área totalmente urbanizada Urbanização futura	0,5	1,0
Área parcialmente urbanizada Urbanização moderada	0,35	0,5
Área predominantemente de plantações, pastos, etc Urbanização atual	0,2	0,35

Fonte: DAEE (2006)

O valor do coeficiente será calculado pela média ponderada entre os diversos coeficientes indicados na bacia e a área correspondente a cada um.

Com base nesses valores e no Plano Diretor de Drenagem Urbana do município Cravinhos, a Prefeitura Municipal, a seu critério, poderá indicar valores mais restritivos a serem utilizados pelo projetista.

4.2. EQUAÇÃO DE CHUVA

Conforme o "Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Cravinhos", a equação de chuva a ser utilizada é a de Serrana (MARTINEZ & MAGNI, 1999). A Prefeitura Municipal de Cravinhos se reserva o direito de indicar a utilização, a seu critério, outra equação do tipo IDF.

4.3. TEMPO DE RETORNO

Para o dimensionamento da rede de galerias deve-se adotar período de retorno igual a 10 anos.

4.4. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração em cada ponto da rede apresenta dois componentes, o primeiro relativo ao escoamento superficial até o elemento da rede e o segundo o escoamento pelo elemento.

4.4.1.1. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO PARA DIMENSIONAMENTO DAS SARJETAS

ESCOAMENTO SUPERFICIAL ATÉ A SARJETA

Corresponde ao tempo de escoamento superficial inicial que decorre do início da bacia de contribuição até a sarjeta, conforme Figura 1.

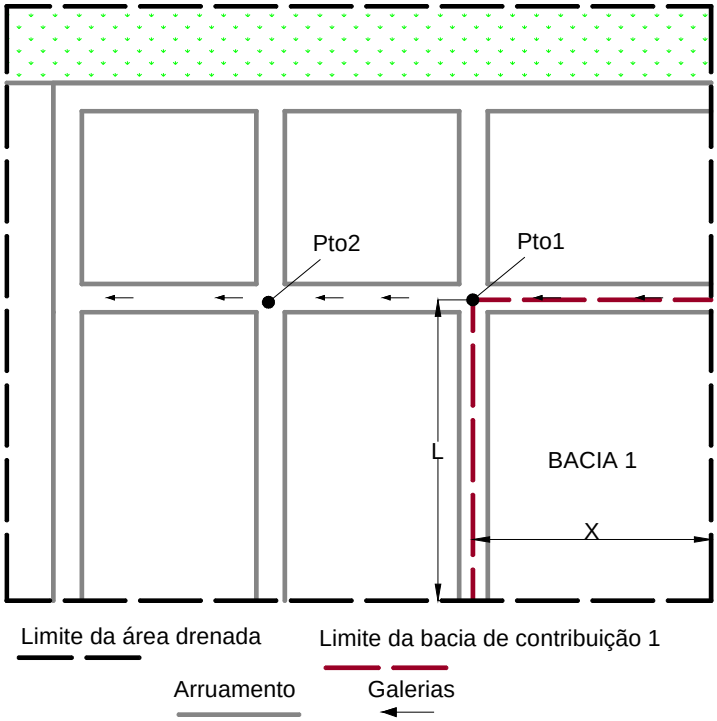


Figura 1 – Exemplo de sistema de drenagem

Essa informação pode ser obtida pelo gráfico da Figura 2, para tanto são necessárias as seguintes informações: declividade, extensão do trecho, coeficiente de escoamento superficial do Método Racional (coeficiente de Runoff).

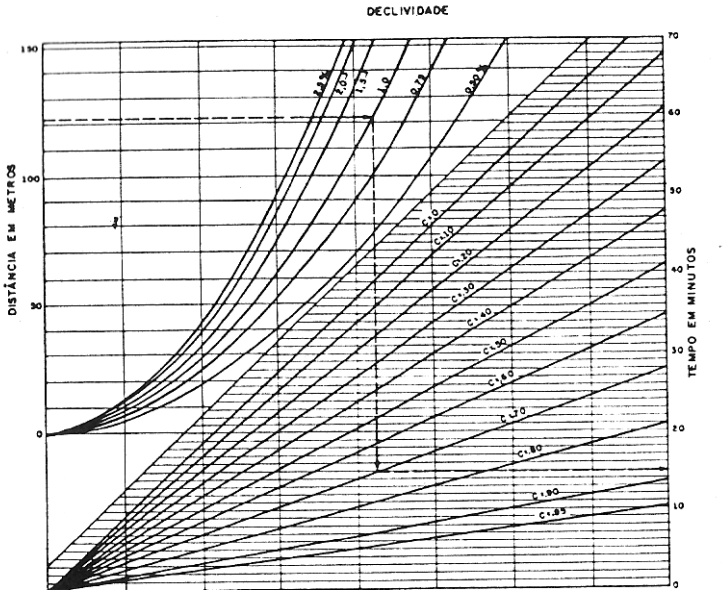


Figura 2 - Tempo de escoamento superficial

Fonte: CETESB (1986)

ESCOAMENTO SUPERFICIAL PELA SARJETA

Respeitando-se as restrições expostas no item 5.1.1.1, a velocidade de escoamento pode ser calculada com a equação abaixo, fórmula de Manning modificada por IZZARD:

$$V = \frac{0{,}375 \cdot \left(\frac{Z}{n}\right) \cdot i^{1/2} \cdot y^{8/3}}{Z \cdot \frac{y^2}{2}}$$

Equação 2

Sendo que

V é a descarga máxima em m/s;

Z é o inverso da declividade transversal;

i é a declividade longitudinal em m/m;

y é a lâmina d´água em metros;

n é o coeficiente de rugosidade do revestimento;

O tempo de escoamento pela sarjeta será igual a:

$$t_{sarjeta} = \frac{L}{V} \quad [\text{min}]$$

Sendo que:

L é o comprimento do trecho de sarjeta em metros;

V é a velocidade de escoamento em m/min (respeitando os limites acima expostos)

4.4.1.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO PARA DIMENSIONAMENTO DAS GALERIAS

DURAÇÃO DO ESCOAMENTO ATÉ A GALERIA

O tempo de concentração até a galeria é a somatória dos tempos do escoamento até a sarjeta com a duração do escoamento pela sarjeta, até o ponto onde a descarga total seja superior a capacidade admissível da sarjeta (5.1.)

DURAÇÃO DO ESCOAMENTO PELA GALERIA

Para a determinação da duração do escoamento em determinado trecho da galeria, conhecendo-se as velocidades limites, que são as mesmas que aplicadas para as sarjetas, e observando-se as restrições impostas para projetos de galerias, procede-se da mesma forma que para as sarjetas, calculando o tempo pela relação entre comprimento e velocidade de escoamento.

5.1. SARJETAS

São canais situados nas laterais das ruas, entre o leito viário e os passeios para pedestres, em geral de seção transversal triangular. Tem a função de coletar as águas de escoamento superficial e transportá-las até as bocas coletoras. São limitadas verticalmente pela guia do passeio, têm seu leito em concreto ou no mesmo material de revestimento da pista de rolamento.

O dimensionamento das sarjetas é realizado, basicamente pela teoria de Manning:

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot \sqrt[2]{I}}{n}$$

Equação 3 – Velocidade de escoamento por Manning

A capacidade máxima teórica de descarga de uma sarjeta pode ser calculada com a fórmula de Manning, modificada por IZZARD:

$$Q = 0{,}375 \cdot \left(\frac{Z}{n}\right) \cdot i^{1/2} \cdot y^{8/3}$$

Equação 4 – Fórmula de Izzard

Sendo que:

Q é a descarga máxima em m³/s;

Z é o inverso da declividade transversal;

i é a declividade longitudinal em m/m;

y é a profundidade junto à linha de fundo em metros;

n é o coeficiente de rugosidade do revestimento;

O dimensionamento hidráulico da sarjeta deve ser feito considerando-se que haverá uma lâmina máxima, cujo valor evita o transbordamento do canal e que é função da geometria do perfil transversal da via pública.

A seguir estão algumas considerações para o cálculo da declividade transversal (Z), conforme CETESB (1986):

Para sarjetas típicas

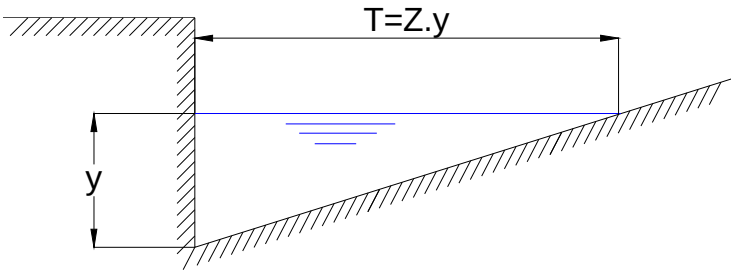


Figura 3 – Declividade transversal em sarjeta de seção típica

A declividade Z = T/y, sendo T a dimensão na horizontal da área ocupada pela vazão Q.

Sarjetões

Para sarjetões o valor de Z deve ser calculado por:

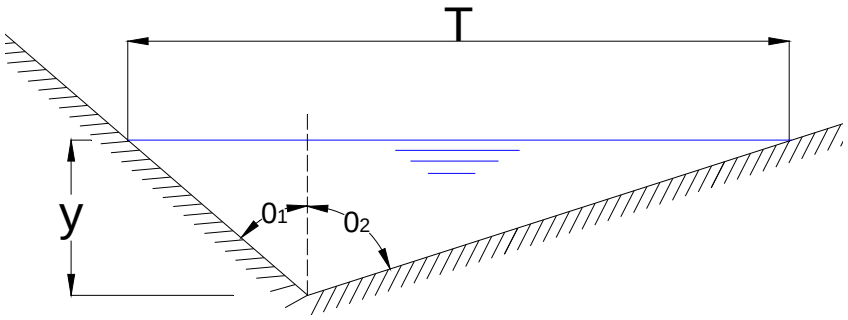


Figura 4 - Declividade transversal em sarjetões

$Z = \frac{T}{y}$ ou $Z = tg\theta_1 + tg\theta_2$

Para sarjetas de seções compostas, deve-se fazer a soma algébrica das vazões em cada uma das seções:

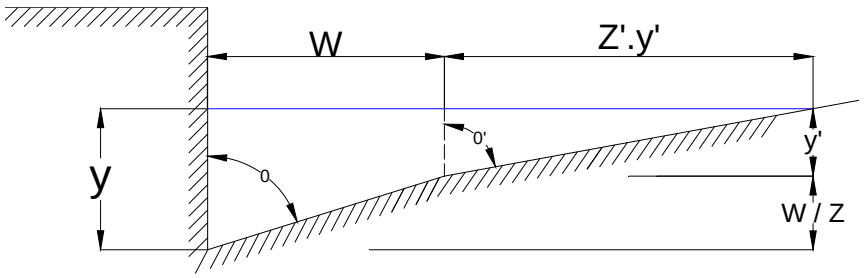


Figura 5 – Declividade transversal em sarjeta de seção composta

Da Figura 5 pode-se tirar que:

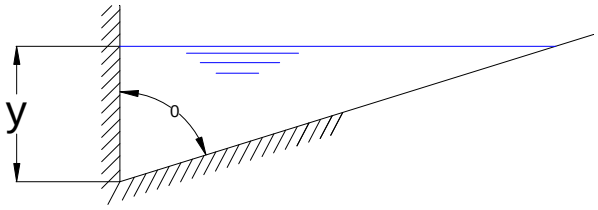
$$Z = tg\theta$$

$$Z' = tg\theta'$$

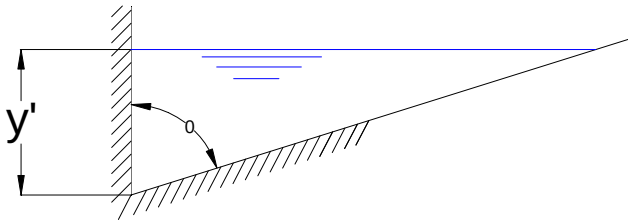
$$W = Z \cdot (y - y')$$

$$y' = y - \frac{W}{Z}$$

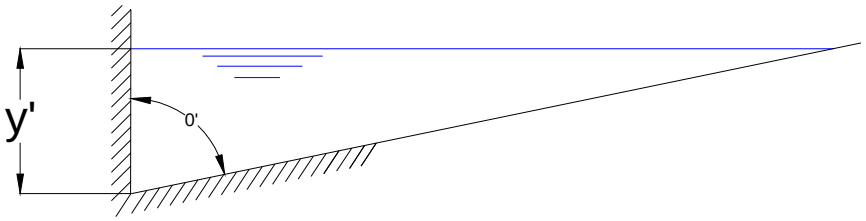
A vazão total deve ser calculada subdividindo a seção da Figura 5 em três, como mostrado abaixo:



(I)



(II)



(III)

A capacidade total de escoamento é dada por:

$$Q_{total} = Q_1 - Q_2 + Q_3$$

Equação 5 – Vazão total nas sarjetas de seções compostas

A descarga admissível na sarjeta deve ser calculada multiplicando-se a capacidade teórica por um fator de redução, tal fator tem por objetivo considerar a menor capacidade efetiva das sarjetas de pequena declividade (acúmulo de sedimentos), como também os risco para os pedestres no caso de sarjetas de alta declividade, devida a elevadas velocidades de escoamento.

Portanto capacidade admissível das sarjetas é dada por:

$$Q_{Admissível} = F \cdot Q_{teórica}$$

A Figura 6 apresenta um gráfico dos fatores de redução de capacidade aplicados de acordo com a declividade, para ruas e avenidas.

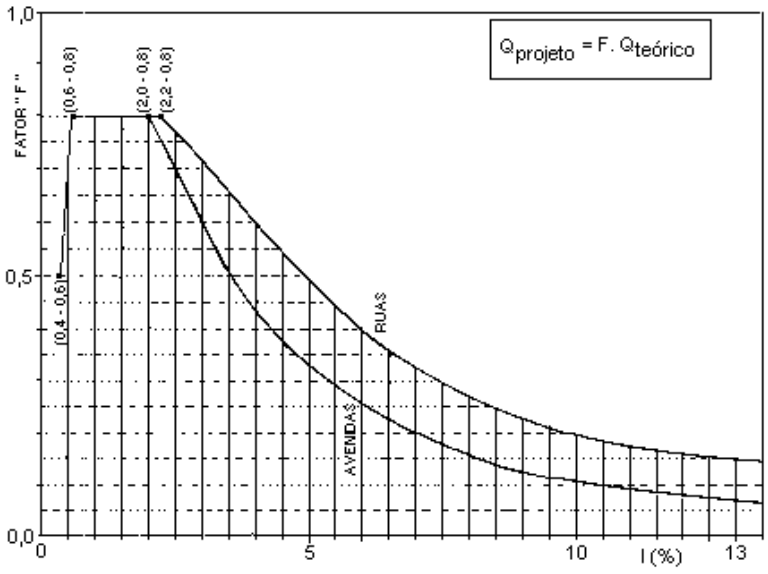


Figura 6 – Fator de redução de capacidade das sarjetas

Fonte: Fernandes (2002)

Além do gráfico da Figura 6 podem-se utilizar também os fatores de redução de escoamento de sarjetas apresentados no Quadro 8:

Quadro 8 - Fatores de redução de escoamento em sarjetas

Declividade da sarjeta (%)	Fator de redução
0,4	0,5
1 a 3	0,8
5	0,5
6	0,4
8	0,27
10	0,2

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

5.1.1.1. CONSIDERAÇÕES E RESTRIÇÕES

Para o dimensionamento de sarjetas segue abaixo algumas restrições e considerações, quanto às velocidades limites e rugosidade dos canais.

O coeficiente de rugosidade para canais em concreto em condições boas adotado será de 0,017.

As velocidades de escoamento nas sarjetas devem respeitar os seguintes limites:

Vmáx= 4 m/s (DAEE, 2006)

Vmín = 0,8 m/s

O limitante mínimo é imposto para que não haja acúmulo de sedimentos, o que diminui a área útil para o escoamento. Já o limite máximo, garante a segurança dos pedestres.

A Prefeitura, a seu critério, reserva-se o direito de exigir dispositivos padronizados.

5.2. BOCA DE LOBO

Destinados a captar as águas das sarjetas e conduzi-las as galerias, esses dispositivos serão implantados a montante dos trechos onde a capacidade de escoamento da via pública for inferior à vazão afluente. Seu posicionamento deve seguir as seguintes recomendações:

- Devem ser localizadas em ambos os lados da rua a montante do ponto onde o escoamento pluvial atingir o limite da capacidade hidráulica da sarjeta, para o valor da altura máxima de água;
- Esgotar toda a vazão de projeto de sua bacia de contribuição;
- Serão locadas nos pontos baixos das quadras;
- Indica-se que a instalação de bocas-de-lobo seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento, junto às esquinas, para evitar enxurradas convergentes, prejudiciais ao trânsito de pedestres;

5.2.1.1. TIPOS DE BOCA COLETORA

A Prefeitura Municipal de Cravinhos se reserva o direito de exigir bocas de lobo padronizadas. De acordo com Fernandes (2002), a escolha do tipo de estrutura coletora a ser adotada é de grande importância para a eficiência da drenagem. Sua escolha depende da avaliação de aspectos físicos e hidráulicos, tais como: ponto de localização, vazão de projeto, declividade transversal e longitudinal da sarjeta e da rua, interferência no tráfego e possibilidade de obstruções.

A indicação do tipo de boca coletora á de essencial importância para a eficiência da drenagem das águas de superfície. Para que esta opção seja correta, devem-se analisar diversos fatores físicos e hidráulicos, tais como ponto de localização, vazão de projeto, declividade transversal e longitudinal da sarjeta e da rua, interferência no tráfego e possibilidades de obstruções. A seguir são citadas, para alguns tipo de boca coletora, as situações em que melhor cada uma se adapta.

As bocas de lobo podem ser:

- Boca coletora lateral ou simples, indicadas para pontos intermediários em sarjetas com pequena declividade longitudinal (1 a 5%); presença de materiais obstrutivos nas sarjetas; vias de tráfego intenso e rápido; montante dos cruzamentos.

- Boca coletora com grelha: sarjetas com limitação de depressão; inexistência de materiais obstrutivos; em pontos intermediários em ruas com alta declividade longitudinal (1 a 10%).
- Combinada: pontos baixos de ruas; pontos intermediários da sarjeta com declividade média entre 5 e 10%; presença de detritos.

Os tipos de bocas-de-lobo para as quais será apresentado o dimensionamento nos itens a seguir são as localizadas nos pontos baixos das ruas e sem depressão para entrada da água, detalhes sobre bocas coletoras com depressão, como também as localizadas em pontos intermediários das sarjetas podem ser encontrados em: Drenagem Urbana, Manual de Projeto da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB; Engenharia de Drenagem Superficial de Paulo Sampaio Wilken; Manual de Hidráulica de José M. de Azevedo Netto; MICRODRENAGEM - Um Estudo Inicial de Carlos Fernandes; entre outras publicações.

5.2.1.2. DIMENSIONAMENTO DE BOCA DE LOBO SIMPLES

As bocas de lobo podem funcionar sob duas condições de escoamento: escoamento com superfície livre funciona como vertedor e afogado no qual a boca de lobo trabalha como orifício.

Para a determinação da capacidade de esgotamento da boca-de-lobo simples em pontos baixos das sarjetas, pode ser utilizada a Figura 7, sendo utilizado tanto para o escoamento como superfície livre quanto para o escoamento afogado. O nomograma da Figura 7 foi construído sobre as seguintes hipóteses:

PARA ALTURAS D'ÁGUA ATÉ A ALTURA DA ABERTURA (Y / H ≤ 1)

Para essa situação (I) a boca-de-lobo funciona como vertedor, sendo a relação entre a vazão e a abertura é dada pela fórmula:

$$\frac{Q}{L} = 1{,}703 \cdot y^{3/2}$$

Onde:

h = altura da abertura no meio-fio, em m;

L = comprimento da abertura, em m;

y = altura da água na entrada, em m;

Q = vazão máxima esgotada pela boca-de-lobo, em m³/s

PARA ALTURAS D'ÁGUA IGUAIS OU MAIORES QUE DUAS VEZES A ALTURA DA ABERTURA (Y / H ≥ 2)

Supõe-se, para esse caso que a boca-de-lobo funciona como orifício, sendo a vazão dada pela fórmula derivada dos orifícios:

$$\frac{Q}{L} = 3{,}101 \cdot h^{3/2} \cdot \left(\frac{y'}{h}\right)^{1/2}$$

Sendo que:

y' é a carga no meio da abertura do meio-fio, ou seja: $y' = y - h/2$

Para alturas d'água entre uma e duas vezes a altura da abertura no meio-fio

O funcionamento da boca-de-lobo é indefinido, adotando-se uma transição no nomograma.

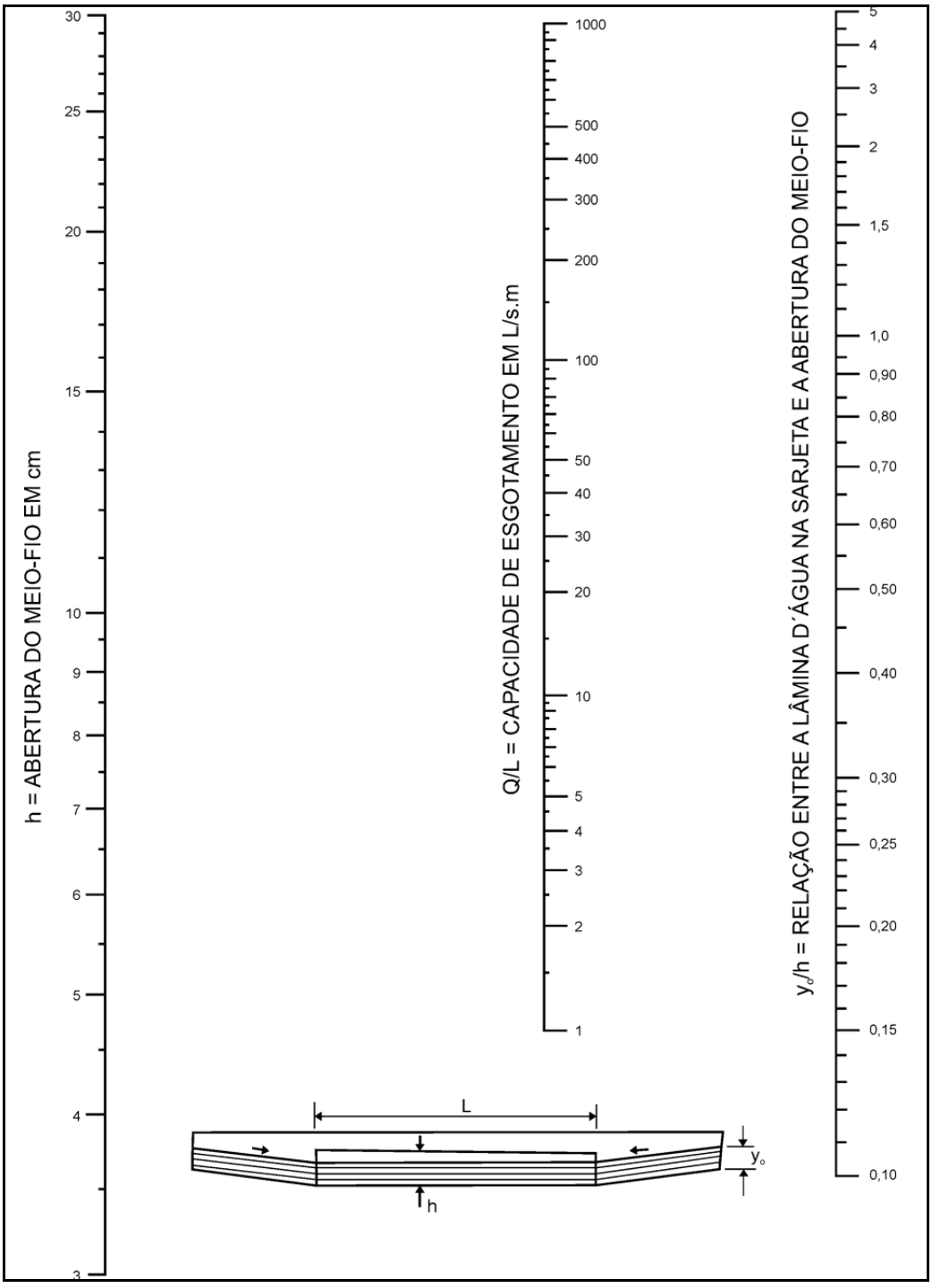


Figura 7 - Capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo simples em pontos baixos das sarjetas.
Fonte: DNIT (2006)

5.2.1.3. DIMENSIONAMENTO DE BOCA DE LOBO COM GRELHAS

De acordo com CETESB (1986), o dimensionamento de bocas coletoras do tipo grelhas é realizado considerando-se sempre que essas estejam limpas, isentas de quaisquer obstruções e que operam com a máxima eficiência. Como nem sempre essas condições são atendidas, é usual a adoção de coeficientes de redução da capacidade teórica da vazão apresentados no quadro do item 5.2.1.5.

As grelhas funcionam como vertedor de soleira livre para profundidade de lamina d´água de até 12 cm e passa a funcionar como orifício somente com lamina superior a 42 cm, de acordo com United States Army Corps of Engineers, para lâmina intermediarias o funcionamento é indefinido.

As grelhas são dimensionadas considerando essas duas condições citadas acima:

Para y < 0,12 m

$$\frac{Q}{p} = 1{,}655 \cdot y^{1,5}$$

Para y > 0,42 m

$$\frac{Q}{A_u} = 2{,}91 \cdot y^{0,5}$$

O perímetro "p" da abertura das grelhas é calculado sem levar em consideração as barras internas e descontando-se os lados por onde a água não entra (lada junto a face da guia). A área útil (Au) deve se excluir da área total as áreas das barras.

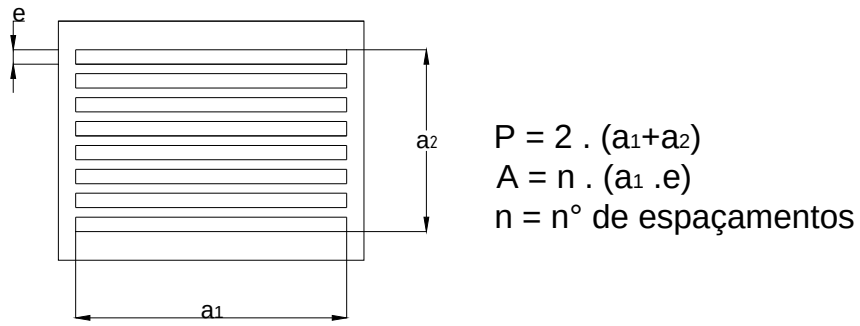


Figura 8 – Boca de lobo com grelha

5.2.1.4. DIMENSIONAMENTO DE BOCA DE LOBO COMBINADAS

A capacidade teórica de esgotamento das bocas de lobo combinadas pode ser determinada pela somatória de vazões escoadas pela grelha e pela abertura na guia, consideradas isoladamente.

5.2.1.5. EFICIÊNCIA DAS BOCAS COLETORAS

A capacidade de esgotamento real das bocas de lobo é menor que a teórica devido a vários fatores, tais como: obstrução por lixo e entulho, irregularidades nos pavimentos das ruas junto as sarjetas, entre outros. Para que essas situações possam ser consideradas no Quadro 9 são propostos alguns coeficientes de redução.

Os loteamentos novos deverão utilizar os dispositivos padronizados pela Prefeitura Municipal de Cravinhos; condomínios fechados poderão apresentar outros dispositivos que serão aprovados ou não a critério da equipe técnica da Prefeitura.

Quadro 9 – Fator de redução de escoamento para bocas-de-lobo

Localização nas sarjetas	Tipo de boca-de-lobo	% permitida sobre o valor teórico
Ponto baixo	Simples	80
	Combinada	65
	Com grelha	50
Ponto intermediário	Simples	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal, ou longitudinal com barras transversais	50
	Combinada	110% dos valores indicados para a grelha correspondente

Fonte: DAEE/CETESB (1986)

O posicionamento das bocas coletoras deve seguir as seguintes recomendações:

Devem ser locadas em ambos os lados da rua quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou a montante do ponto onde forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;

Serão locadas nos pontos baixos das quadras;

Recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60 m entre as bocas-de-lobo caso não seja analisada a capacidade de descarga da sarjeta;

Indica-se que a instalação de bocas-de-lobo seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas;

Não é aconselhável a sua localização junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes pelos seguintes motivos:

Os pedestres, para cruzarem uma rua, necessitarão saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial;

As torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas terão como resultante um escoamento de velocidade contrária ao da afluência para o interior da boca-de-lobo.

5.3. GALERIAS

O dimensionamento das galerias se processa, usualmente, por meio da equação de Manning. O equacionamento para seções circulares pode ser encontrado em PORTO (1998), NETTO, et al (1998) entre outras bibliografias consagradas.

O roteiro de cálculo deve atentar para as recomendações e restrições apresentadas a seguir.

5.3.1.1. RECOMENDAÇÕES E RESTRIÇÕES DE PROJETO

5.3.1.2. DIÂMETRO MÍNIMO

O diâmetro mínimo das galerias em concreto deve ser de 0,6 metros, admitindo-se 0,40 m para os ramais entre as bocas de lobo e as galerias.

5.3.1.3. LÂMINA MÁXIMA

De acordo com Porto (1998) a situação em que as galerias escoam sua vazão máxima é quando o escoamento apresenta lâmina d´água é igual a 95% do diâmetro e não em seção plena, portanto essas devem ser projetadas de forma que a altura máxima d´água não ultrapasse 95% de seu diâmetro.

5.3.1.4. LIMITES DE VELOCIDADE

O limite de velocidade em galerias é 4,0 m/s.

5.3.1.5. COEFICIENTE DE RUGOSIDADE

Para tubulações em concreto o coeficiente de rugosidade de Manning pode ser adotado igual a 0,017 para condições regulares, segundo Porto (1998).

5.3.1.6. PROFUNDIDADE DA TUBULAÇÃO

Para o emprego de tubulações sem estrutura especial, o cobrimento mínimo será de 1 metro sob o leito carroçável. Quando, por imposição da topografia, este limite não puder ser atendido, haverá necessidade do emprego de tubulações especialmente dimensionadas do ponto de vista estrutural.

No caso de as tubulações não estarem localizadas sob o leito carroçável, admite-se um recobrimento de 0,80 m. O recobrimento máximo permitido será de 3,5 m.

5.4. POÇOS DE VISITA

Os poços-de-visita são dispositivos que têm a finalidade de permitir mudanças das dimensões das galerias ou de sua declividade e direção, como também permitir a limpeza nas galerias e a verificação de seu funcionamento e eficiência. São localizados também quando, para um mesmo local, concorrem mais de um coletor.

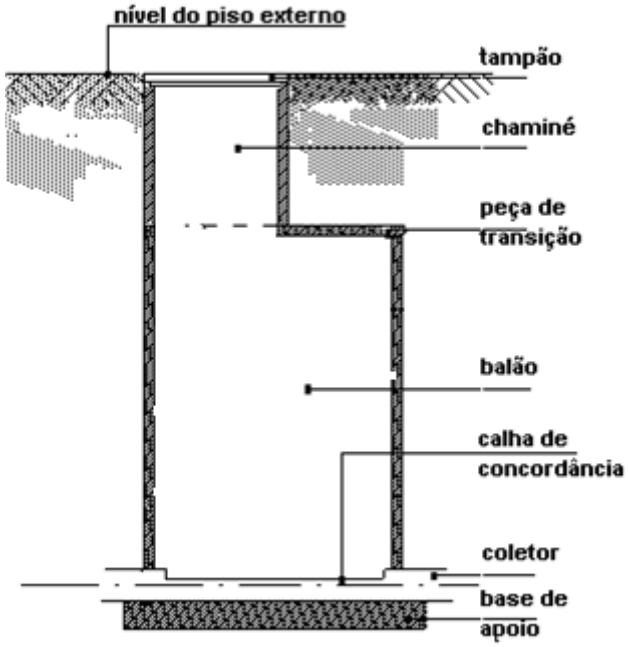


Figura 9 – Exemplo de Poço de visita tradicional

Fonte: FERNANDES (2002)

Seu posicionamento deve ser realizado após o dimensionamento e localização das bocas-de-lobo e sarjetas, visando atender toda vazão escoada por meio destes. Empregam-se os poços de visitas em:

- Cabeceiras das redes;
- Mudanças de direção da rede;
- Alterações de diâmetro;

- Alterações de posição e/ou direção da geratriz do interior da tubulação;
- Desníveis nas calhas;
- Mudanças de material;
- Encontro de redes;
- Demais recomendações:
- A distância máxima entre dois PVs será de 100m.

Nos loteamentos novos a municipalidade poderá exigir a utilização de PV padronizado pela Prefeitura Municipal de Cravinhos; condomínios fechados poderão apresentar outros dispositivos que serão aprovados ou não a critério da equipe técnica da Prefeitura.

5.4.1.1. RECOMENDAÇÕES E RESTRIÇÕES DE PROJETO

Quando se verificar o aumento do diâmetro de um trecho para outro, no poço de visita correspondente, a geratriz inferior da tubulação de jusante deve ser rebaixada de uma altura igual à diferença entre os diâmetros dos dois tubos.

No caso de trechos de coletores chegarem ao PV acima do nível do fundo são necessários cuidados especiais na sua confecção a fim de que haja operacionalidade do poço sem constrangimento do operário encarregado de trabalhar no interior do balão. Para desníveis abaixo de 0,50 m não se fazem obrigatórias medidas de precaução, considerando-se a quantidade mínima de respingos e a inexistência de erosão provocada pela queda do líquido sobre a calha coletora.

Para desníveis a partir de 0,50m serão obrigatoriamente instalados os chamados "poços de queda", para atenuar o desnível antes da chegada do coletor ao PV.

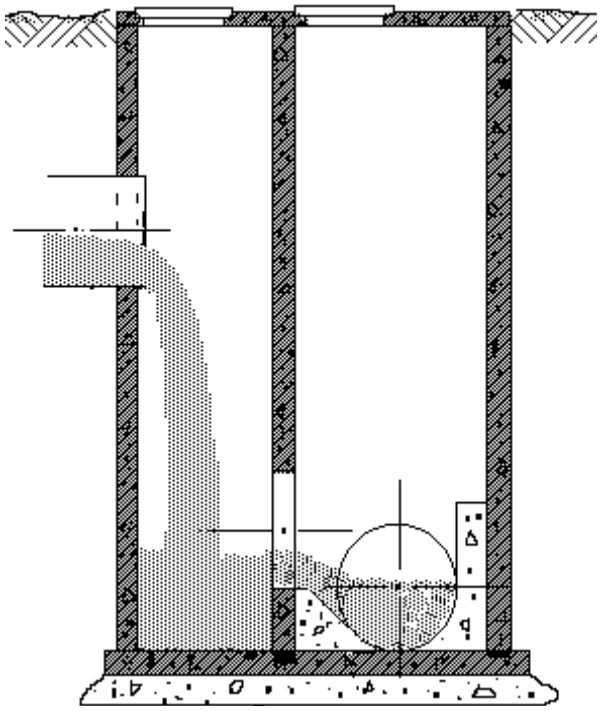


Figura 10 – Poço de visita com poço de queda

Fonte: FERNANDES (2002)

Cabe salientar que os poços de visita devem ser executados apenas quando a rede a montante e a jusante já estiverem assentados, para evitar alterações na sua profundidade em função da ocorrência de mudanças de cotas de assentamento de um deles por interferência na rede ou por outros fatores.

5.5. BACIAS DE RETENÇÃO E DETENÇÃO

Os novos empreendimentos imobiliários a serem aprovados no município devem prever dispositivos que compensem o aumento do escoamento superficial devido à impermeabilização das superfícies. Na maioria dos casos trata-se de dimensionar bacias de detenção ou retenção. Deverão seguir as seguintes diretrizes:

- A vazão efluente desse sistema deverá manter a condição de vazão pré–existente na área desenvolvida;
- As vazões deverão incluir toda a bacia drenada, incluindo as áreas fora do empreendimento a ser licenciado;

- Deverão ser levadas em conta as limitações existentes a jusante da bacia estudada;
- O dispositivo deverá posicionar-se nas áreas mais baixas do empreendimento de maneira a garantir uma maior eficiência;
- Deverá prever cerca de alambrado com 1,80 m de altura no seu entorno e portão de acesso;
- Deverá ser prevista a manutenção periódica para a remoção de detritos ou sedimentos a fim de garantir o volume de espera;
- Deverá prever um dispositivo de descarga de fundo para esgotar o volume de projeto;
- Deverá ser apresentado para aprovação da Prefeitura Municipal de Cravinhos, um Projeto Completo do sistema, incluindo Memória de Cálculo, desenhos com a implantação do sistema, inclusive redes afluentes e efluentes, cortes do reservatório e detalhes em corte e planta dos dispositivos a serem construídos em escala compatível;
- Deverá ser previsto um extravasor com condições de garantir o escoamento no caso de ocorrer um entupimento do descarregado de fundo;
- Para o dimensionamento, poderão ser aceitas as metodologias consagradas disponíveis na bibliografia especializada e a utilização de "softers" com o desenvolvimento da passagem do escoamento pelo sistema;
- Em loteamentos a Prefeitura Municipal deverá responsabilizar-se pela manutenção desses equipamentos; em condomínios fechados essa responsabilidade caberá ao empreendedor e, na sucessão, ao próprio condomínio;

A Prefeitura se reserva o direito de escolher a chuva de projeto que será utilizada para o sistema proposto.

A apresentação do projeto deve ser em três vias impressas de igual teor e cópia digital dos textos e desenhos, ambos disponíveis para edição, contendo:

- Memorial descritiva e Justificativa das soluções adotadas
- Plantas cadastrais da área:
  - Plantas em escala 1:2000 da área, contendo:
  - Limite das bacias de contribuição;
  - Divisão em zonas de diferentes impermeabilidades;
  - Indicação do escoamento superficial por meio de setas em cada trecho e cruzamentos de vias;
  - Indicação dos tipos de sarjetões em cada cruzamento de vias;
  - Cotas em todos os cruzamentos e mudanças de direções das vias
- Plantas do projeto:
  - Plantas em escala 1:1. 000 da área em estudo, contendo:
  - Limite das bacias de contribuição;
  - Traçado da rede de galerias, com poços de visita, boca de lobo e caixas de ligação;
  - Indicação em cada trecho de galeria do seu comprimento, diâmetro, declividade e profundidades a montante e a jusante;
  - Cotas do tampão e do fundo dos poços de visita;
  - Corte transversal do perfil das vias;
  - Cortes longitudinais das vias e das redes de galerias
  - Nível d´água máxima do corpo receptor;
- Plantas e cortes detalhando as bocas-de-lobo, poços de visita, caixas de ligação, reservatório de detenção, elementos de lançamento no corpo receptor e demais acessórios do sistema de drenagem.

- Devem ser apresentadas tabelas relativas aos cálculos do dimensionamento hidráulico das sarjetas e galerias.

Observação: Todos os elementos gráficos do projeto devem basear-se em levantamentos georeferenciados à base topográfica oficial do município

O crescimento do adensamento urbano de uma cidade exige que a capacidade dos condutos da rede de drenagem seja ampliada. Como essa adaptação usualmente não ocorre, a rede drenagem secundária fica sobrecarregada pelo aumento da vazão, fazendo com que ocorram impactos maiores na macrodrenagem. A isso, somam-se uma coleta de lixo ineficiente e o comportamento indisciplinado dos cidadãos, o que acaba por entupir os bueiros e galerias e deteriorar ainda mais a capacidade de escoamento nos condutos além e piorar significativamente a qualidade da água. Estes problemas são intensificados com a ocupação indisciplinada das várzeas, aumentando os custos gerais de utilidade pública e causando maiores prejuízos.

Portanto, a urbanização pode causar impactos sobre a quantidade de água (inundações), sobre a quantidade de sedimentos, associado aos resíduos sólidos e sobre a qualidade da água, que pode degradar-se até atingir a carga orgânica semelhante a um esgoto doméstico. Os principais impactos são:

- Aumento do escoamento superficial;
- Redução da evapotranspiração, do escoamento subterrâneo e do lençol freático;
- Aumento da produção de resíduos sólidos;
- Deterioração da qualidade das águas superficiais, principalmente devido à poluição difusa.

Quanto aos impactos sobre a quantidade de água, a intensa impermeabilização do solo aumenta substancialmente o volume a ser escoado por canais e condutos. A velocidade de escoamento das área urbanizadas é superior com relação ao escoamento nas superfícies naturais, diminuindo o tempo de percurso, provocando assim maiores picos de vazões. Esses dois fatores resultam em um aumento nas vazões que podem chegar a até 7 vezes.

O controle dos impactos da urbanização pode ser traduzido como o controle das enchentes urbanas, já que esse problema é a sua principal conseqüência. Esse controle deve ser mantido permanentemente não só por meio de manutenção e limpeza dos elementos desse sistema, mas também com a conscientização da população, vindo essa a participar de forma contínua.

Ressaltamos que os problemas de enchentes das cidades são decorrentes do seu projeto e gerenciamento urbanístico. Não se trata, portanto, de problemas de ordem hidrológica ou hidráulica. Hidraulicamente é sempre possível lidar com esses fenômenos, retendo águas à montante ou liberando a sua livre passagem para jusante. No entanto, para que as soluções hidráulicas sejam economicamente viáveis, é necessário que os gerentes das cidades estabeleçam limites para a geração das águas adicionais relativas à urbanização.

De acordo com TUCCI, *et al* (1995) o controle das enchentes deve seguir, dentre outros, os princípios abaixo listados:

- O controle de enchentes deve contemplar a bacia onde a urbanização se desenvolve e as medidas não devem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra. Caso isso ocorra, deve-se implantar uma medida mitigatória.
- A ação pública deve ser realizada preventivamente, indicando sempre as áreas passíveis de desenvolvimento e as densidades máximas que as áreas já loteadas devem assumir.
- A urbanização deve ocorrer de forma a não aumentar a cheia natural pelos que ocupam a bacia, ou seja, o volume que será escoado superficialmente devido à impermeabilização do solo deve ser reservado pelo seu usuário.
- Visando a diminuição dos impactos sócio-econômicos a legislação de ocupação do solo das áreas de risco deve ser seguida e o seu cumprimento deve ser potencialmente fiscalizado.

Para mitigar os efeitos da urbanização em meios urbanos podem ser utilizados três tipos de medidas: convencionais: armazenamento de montante (macrodrenagem), detenção "in situ" (bacias de detenção e retenção locais); e não convencionais: técnicas compensatórias (técnicas em drenagem urbana de baixo impacto, como, por exemplo, trincheiras de infiltração, planos de infiltração, telhados verdes, pavimentos permeáveis, etc.), e medidas não estruturais.

Conforme previsto por Tucci et al. (1995), é recomendado que as medidas estruturais de maior porte estejam combinadas à medidas compensatórias para controle dos volumes incrementais de escoamento decorrente da impermeabilização do solo, e demais alterações em suas características naturais. Essa postura possibilita que incrementos de volume não previstos possam ser contidos no lote ou em empreendimentos de maior porte/loteamentos.

As medidas não-estruturais propostas na presente Plano Diretor de Drenagem Urbana têm por objetivo consubstanciar as diretrizes para elaboração da minuta do Projeto de Lei de Regularização do sistema de drenagem do município, e contemplar ações que buscam regular a obtenção de recursos financeiros, promover o treinamento dos recursos humanos, estabelecer instrumentos legais consistentes e também orientar quanto à adoção de medidas compensatórias.

No que se refere à implantação da medida prevista para obtenção de recursos financeiros, por exemplo, cabe aos técnicos da Prefeitura Municipal, tendo em vista as orientações do presente estudo, promover as ações necessárias no sentido de manter o volume necessário de recursos para a melhoria contínua do sistema de drenagem, quais sejam: implantação de dispositivos estruturais e compensatórios, manutenção dos dispositivos implantados, regularização de novos loteamentos para evitar o incremento no volume de escoamento fora dos limites previstos pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana etc.

O mesmo ocorre quanto às medidas previstas para promoção do treinamento dos recursos humanos e para estabelecimento de instrumentos legais, dada as orientações técnicas sobre as necessidades do sistema de drenagem, cabe à Prefeitura Municipal viabilizar a execução das ações propostas.

A adoção de medidas compensatórias, previstas para regularização de loteamentos e outras propriedades cujo escopo está definido como sistema de micro ou mesodrenagem, necessita de diretrizes quanto aos métodos de cálculo e parâmetros mínimos a serem seguidos na elaboração de projetos. Estas orientações têm por objetivo nortear os técnicos da Prefeitura Municipal para que estes possam orientar os empreendedores, e também para que estejam capacitados para avaliar e aprovar os projetos que deverão a eles submetidos na ocasião da instalação de novos empreendimentos.

Desta forma, nos itens a seguir estão apresentadas diretrizes de projeto de algumas destas medidas não convencionais e convencionais de pequeno e médio porte.

7.1. MEDIDAS NÃO CONVENCIONAIS

7.1.1. Medidas não-estruturais

As ações não-estruturais podem ser eficazes com custos mais baixos e horizontes mais longos de atuação comparados com as medidas estruturais. Elas podem ser agrupadas em:

- Regulamentação do uso e ocupação do solo (principalmente em fundo de vale);
- Proteção contra inundações (medidas de proteção individual das edificações em áreas de risco);
- Seguro de enchente;
- Sistemas de alerta, ações de defesa civil e relocações.

Conforme Canholi (2005), as ações de regulamentação do uso do solo visam prevenir contra os fatores de ampliação dos deflúvios, intensificado pela

impermeabilização progressiva da bacia, pelas ocupações ribeirinhas, fatores que sobrecarregam a capacidade de armazenamento natural do solo.

Com especificação de áreas sujeita a inundação é possível estabelecer o zoneamento, como também uma regulamentação para construção, ou ainda para eventuais obras de proteção individuais que podem ser incluídas nas construções existentes (instalação de comportas, portas-estanques e outras).

Seguro de enchente permite aos indivíduos ou empresas a obtenção de uma proteção econômica para as perdas decorrentes dos eventos de inundação. Os seguros de enchentes podem ser calculados a partir da determinação dos riscos associados às cheias.

Os sistemas de previsão e alerta visam evitar o fator surpresa, evitando vitimas fatais e grandes prejuízos. Tal sistema facilita ações preventivas de isolamento e de retirada de pessoas e de bens das áreas de riscos, como também adoção de desvios de trafego.

As medidas não estruturais que contribuirão para controle e gestão da drenagem urbana em um município, considerando as apresentadas anteriormente, podem ser resumidas nas seguintes medidas:

Medidas de Caráter Legislativo: propor novos projetos de leis/decretos e alterações nas legislações municipais vigentes que tenham relação com a drenagem urbana e pluvial (PDU - Plano de Desenvolvimento Urbano, Código de Obras, Código de Meio Ambiente, Código de Limpeza Pública, Lei de Licenciamento Ambiental, Lei Orgânica, etc.).

Medidas de Planejamento Urbano: propor ações que integrem os diferentes planos da cidade que apresentem interface com a drenagem urbana (Plano de Desenvolvimento Urbano, Plano Viário, Plano Diretor de Resíduos Sólidos) e elaborar zoneamentos de áreas críticas do município propícias à inundação e deslizamentos. Propor também recomendações para o uso e ocupação ordenado do solo com vistas a prevenir e minimizar tais problemas.

Medidas de Caráter Educativo: propor ações educativas de uso e conservação do sistema de drenagem junto à população, que promovam a mudança de comportamento com relação à destinação adequada de lixo e esgotos, a redução dos processos erosivos e a prevenção de doenças relacionadas ao saneamento, bem como realizar o aperfeiçoamento e a atualização de profissionais e administradores públicos que atuam no setor, para que as decisões sejam tomadas com maior eficiência e conhecimento técnico.

Medidas de Caráter Institucional: apresentar um modelo de organização institucional e regulamentar para a gestão do sistema de drenagem pluvial urbana abrangendo os seguintes aspectos: estrutura gerencial, atribuições gerais e base jurídica, recursos humanos necessários, propor um modelo de planejamento para o gerenciamento do sistema de drenagem pluvial tendo como referência às bacias hidrográficas e respectivas micro-bacias de drenagem como unidade de planejamento e gestão de forma a viabilizar a implementação e continuidade dos investimentos e ações previstos em Plano de Drenagem Urbana. Avaliar a possibilidade de adoção de um modelo de gestão fundamentada na cobrança de tarifa pelo serviço de drenagem pluvial.

Programa de Monitoramento: programa de monitoramento de precipitações pluviométricas, níveis, qualidade de água do sistema de drenagem, indicando locais para instalação de pluviógrafos, réguas limnimétricas e linígrafos e de inspeção periódica do sistema de drenagem (rede, galerias, elevatórias e estações de bombeamento), de forma a otimizar as programações de manutenção do sistema. O programa de monitoramento deverá ser proposto de tal forma que permita melhor entendimento da relação entre precipitações pluviométricas e níveis d'água no sistema de drenagem, permitindo no futuro o desenvolvimento de modelos matemáticos de previsão de níveis d'água. Deverão ser ainda propostos pontos para monitoramento de

qualidade de água do sistema de drenagem, bem como parâmetros a serem analisados, metodologia e periodicidade de amostragem.

Manual de Drenagem Pluvial: orientar planejadores, gestores, operadores e usuários do sistema municipal, contendo diretrizes de elaboração de projetos, diretrizes e métodos de avaliações quantitativas e qualitativas dos serviços, diretrizes de operação, manutenção e conservação do sistema e procedimentos para situações emergenciais para evitar colapsos em situações pré-definidas;

As orientações para elaboração de projetos para implantação das medidas não-estruturais previstas deverão constar do Projeto de Lei, norteando a equipe técnica da Prefeitura Municipal quanto às ações a serem tomadas para atingir as metas estabelecidas.

7.1.2. Técnicas Compensatórias - Controle local

Essas medidas de controle, também conhecidas como controle na fonte, se constituem principalmente na implantação de áreas de infiltração e percolação e reservatórios de armazenamento, conforme citado anteriormente.

Suas principais características desse controle local, conforme TUCCI, et al (1995), são:

- Aumento da eficiência do sistema de drenagem de jusante dos locais controlados;
- Aumento da capacidade de controle de enchentes dos sistemas;
- Dificuldade de controlar, projetar e fazer manutenção de um grande número de sistemas;
- Os custos de operação e manutenção podem ser altos;

7.1.2.1. TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

As trincheiras de infiltração são recomendadas para reter a água, bem como melhorar os aspectos qualitativos associados às águas pluviais, devendo

considerar os seguintes aspectos, conforme relata o Manual Prince George's County (Quadro 10):

Quadro 10 - Informações sobre a estrutura

Características	Limitações
Área de superfície mínima (metros)	2,4 a 6,1
Largura	0,6 a 1,2
Comprimento	1,2 a 2,4
Solos	Permeáveis, com infiltração de 1,32 cm/h são recomendados.
Declividades	Não é uma limitação usualmente, mas deve ser considerado no projeto. Deve ser locado abaixo do nível das construções e fundações
Nível do lençol ou leito de rocha	0,6 a 1,2 metros de espaço livre entre água e o leito de rocha
Proximidade de fundações	Distância mínima de 3,05 metros
Profundidade máxima	1,8 a 3,0 metros dependendo do solo
Manutenção	Moderada a alta

Fonte: Prince George's County

Estas estruturas são mais efetivas e tem vida útil maior quando algum pré-tratamento é incluído em seu projeto, como filtros de faixas vegetadas ou canais vegetados.

As especificações para implantação de trincheiras de infiltração consistem nos seguintes aspectos:

- A trincheira de infiltração não pode receber escoamento até que a mesma esteja finalizada e estabilizada;
- Deve-se evitar ao máximo o tráfego de veículos e equipamentos pesados para reduzir a compactação do solo;
- O material proveniente da escavação das trincheiras pode ser utilizado na estabilização da estrutura;
- Caso haja árvores nas proximidades do local onde a estrutura será construída deve-se prever uma manta geotêxtil mais resistente, evitando que raízes penetrem à estrutura.

7.1.2.2. PLANOS DE INFILTRAÇÃO

Planos de infiltração são dispositivos de infiltração e percolação, geralmente áreas gramadas laterais que recebem a precipitação de uma área impermeável.

Assim como as valas e valetas de infiltração, os planos são constituídos por simples depressões escavadas no solo com objetivo de recolher águas pluviais e efetuar armazenamento temporário, podendo favorecer a infiltração.

Estas estruturas podem ser implantadas ao longo do sistema viário, jardins, terrenos esportivos e em áreas verdes em geral.

O projeto destas estruturas é simples, e elas podem receber cobertura vegetal, bem como canaletas de fundo para facilitar o escoamento final dos volumes. As vantagens apontadas por Baptista et al. (2005) foram:

- Baixo custo de construção e manutenção;
- Beneficio financeiro pela redução das dimensões da rede;
- Ganhos paisagísticos e benefícios ambientais (melhoria da qualidade da água)
- Exercem a função de pré-tratamento (remoção de poluentes por sedimentação, filtração e adsorção);
- Possibilidade de uso de materiais locais;
- Fácil manutenção.

O autor apresenta ainda algumas restrições à implantação de Planos de Infiltração, quais sejam:

- Exigência de espaço específico;
- Manutenção periódica;
- Eficiência restrita devido a altas declividades (deposição de sedimentos, perda do volume de detenção – compartimentação e erosão);
- Possibilidade de estagnação das águas (risco sanitário);

- Poluição do lençol.

A viabilidade da implantação de uma estrutura de infiltração depende da análise dos seguintes parâmetros (Baptista et al, 2005):

- Infiltração superior a 10-7 m/s e não deve ser o único meio de evacuação;
- Lençol a mais de 1 metro;
- Águas pouco poluídas e com pouco fino;
- Solo suporte deve ser propicio a presença de água;
- O sítio não deve ser área de infiltração regulamentada.

E finalmente o autor cita algumas condicionantes de projeto:

- Tipo de vegetação: adaptadas a curtos períodos de inundação periódica, árvores perenifólias, principalmente quando houver orifícios de regulação de vazão.
- Topografia: terrenos planos ou com declividade reduzida – divisórias para evitar estagnação;
- Infra-estrutura e superestruturas: Vala de infiltração contígua – afastar ou posicionar em nível inferior ao leito da via, implantação de cortina ou parede impermeável entre a vala e o pavimento.
- Informações de caráter hidrológico e geotécnico idem trincheiras.

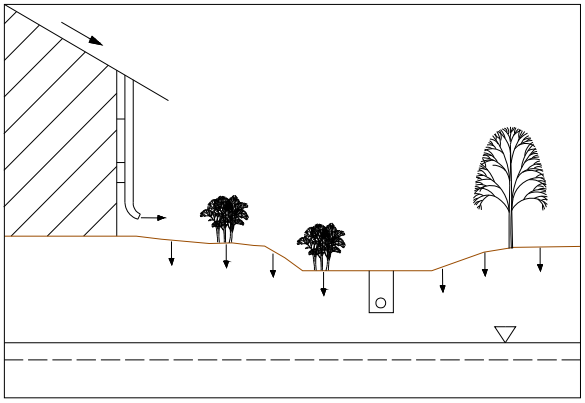


Figura 11 – Disposição do plano de infiltração no lote

Fonte: Adaptado de Urbonas e Stahre (1993)

Tais dispositivos são dimensionados com o método racional, acrescendo sempre 25% para considerar a precipitação antecedente.

Essa solução não é aconselhável quando o lençol freático do período chuvoso ou a camada impermeável são menores que 1,2 m.

7.1.2.3. VALOS DE INFILTRAÇÃO

São dispositivos de drenagem lateral, usualmente dispostos paralelamente as vias públicas, como ruas, estradas, estacionamentos.

O objetivo dessa solução é criar condições para infiltração ao longo de seu comprimento, como a infiltração é um processo lento, seu volume deve ser suficiente para não haver transbordamento.

A Figura 13 detalhes construtivos do valo com dispositivo de percolação, conforme Urbonas e Stahre (1993).

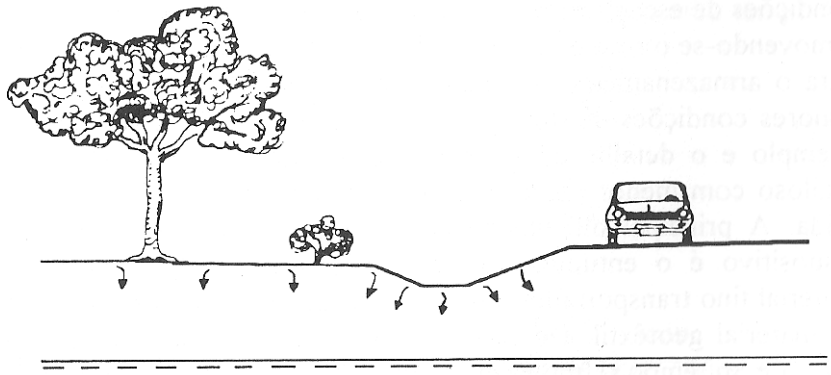


Figura 12 – Vista geral do valo de infiltração

Fonte: Urbonas e Stahre, 1993

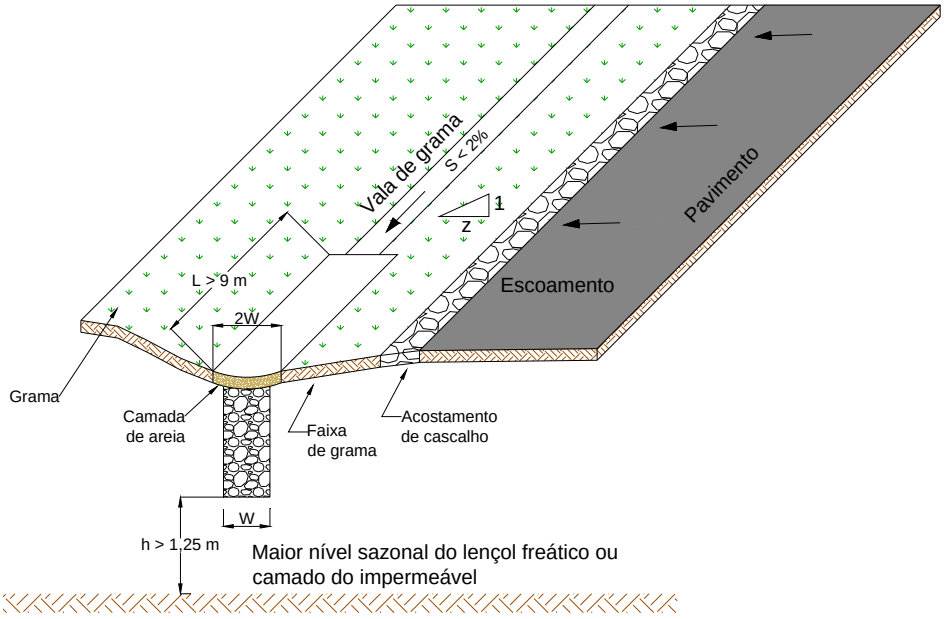


Figura 13 – Valos de infiltração

Fonte: Adaptado de Urbonas e Stahre, 1993

7.1.2.4. BACIAS DE PERCOLAÇÃO

Dispositivos localizados dentro de lotes, que tem como finalidade aumentar a recarga e reduzir o escoamento superficial, essas bacias são construídas para receber a águas do telhado. O armazenamento é feita na camada superior do solo e é função da porosidade e da percolação.

São construídas retirando-se o solo e preenchendo-se com cascalho para criar espaço para o armazenamento. Sua principal desvantagem perante as outras técnicas é o fácil preenchimento dos espaços entre os elementos por material fino, sendo assim recomendável a implantação de filtro.

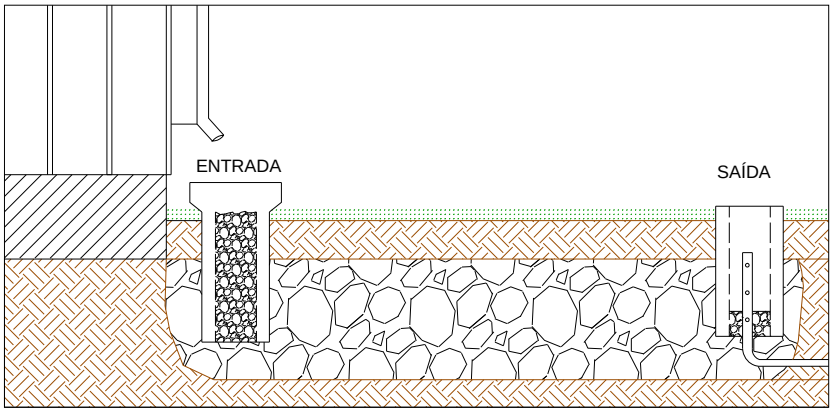


Figura 14 – Exemplo de bacia de percolação

Fonte: Adaptado de Holmstrand (1984)

7.1.2.5. PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

O Pavimento Permeável é uma estrutura de armazenamento da água pluvial tendo como função complementar o suporte de tráfego de veículos. O funcionamento hidráulico dos pavimentos permeáveis, de acordo com Azzout et al (1994) apud Aciole (2005) compreende:

- Entrada imediata da água da chuva no corpo do pavimento, que pode ser distribuída (pavimento poroso) ou localizada (drenos laterais ou bocas-de-lobo);
- Armazenamento temporário da água nos vazios da camada de brita;
- Evacuação por infiltração no solo, ou liberação lenta para rede de drenagem.

As vantagens listadas por Ciria (1996) apud Aciole (2005) do uso de pavimentos permeáveis são:

- Redução do volume destinado à rede de drenagem (redução de custos na ampliação ou implantação das redes);
- Dispositivo que pode ser utilizado em locais onde não há rede disponível;
- Redução dos impactos da urbanização;

- Possibilita aumento na recarga do aqüífero;
- Construção simples e rápida;
- Custos podem ser menores ao longo do tempo que os sistemas convencionais.

Segundo EPA – Agência de Proteção Ambiental Americana, o pavimento permeável permite ainda a redução de derrapagens e ruídos, e constitui-se em um dispositivo totalmente integrado ao meio, não necessitando de área específica para sua construção.

Os limitantes no uso desta medida são características como, acúmulo de sedimentos na superfície devido à erosão, águas poluídas que podem acarretar em prejuízos à qualidade das águas subterrâneas, a manutenção inadequada pode ocasionar perda do potencial de porosidade do pavimento, risco de colmatação etc. Os tipos de materiais disponíveis para aplicação desta técnica são:

- Asfalto Poroso;
- Concreto Poroso; ou
- Blocos de concreto vazados.

Quadro 11 - Informações sobre a estrutura

Camada	Especificações
Revestimento Poroso	Concreto Poroso Asfalto Poroso Blocos Vazados
Filtro de agregado (areia)	Diâmetro entre 2 a 4,8 mm Espessura de aproximadamente 4,0
Reservatório de pedras com agregados graúdos (brita)	Diâmetro entre 25 a 76 mm Espessura – depende do volume á armazenar e da porosidade do material
Geotêxtil	Fundo, laterais e interfaces

Fonte: Prince George's County

As figuras abaixo apresentam seções transversais de alguns pavimentos permeáveis.

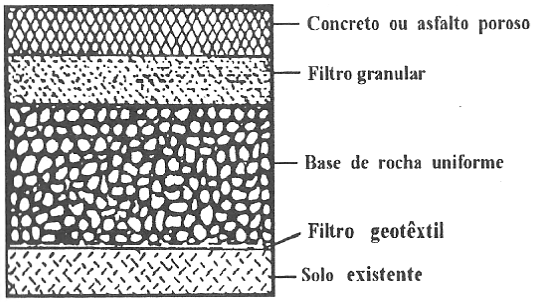


Figura 15 – Pavimento poroso (Urbonas e Stahre, 1993)

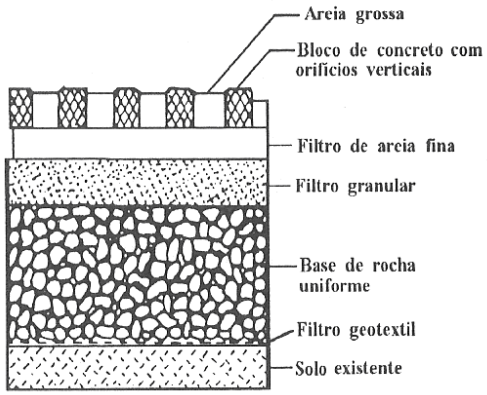


Figura 16 – Pavimento celular poroso (Urbonas e Stahre, 1993)

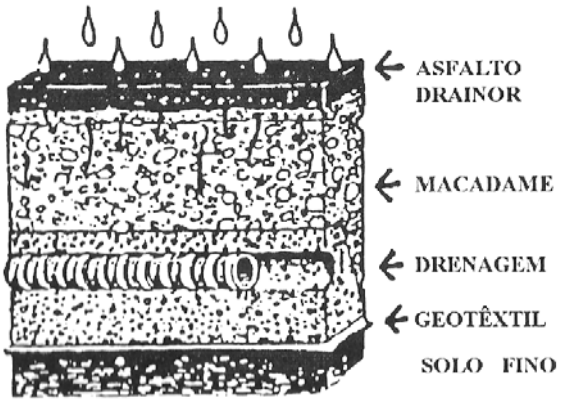


Figura 17 – Pavimento permeável (Hogland e Niemczynowicz, 1986)

7.1.3. Técnicas compensatórias - Controle de Entrada

Trata-se de dispositivos que tem por objetivo restringir a entrada do volume excedente no sistema de drenagem, sendo compostos por controles

nos telhados ou em áreas impermeabilizadas. O sistema de controle nos telhados, conhecidos como "telhados verdes", conforme relata Canholi (2005) pode ser obtido por meio de calhas e condutores capazes de armazenar o volume por meio de válvulas especiais, ou ainda conter em sua cobertura material com capacidade de armazenamento, devendo para tanto prever-se a sobrecarga na estrutura do telhado. A água retida neste sistema pode ser reaproveitada, seguindo para tanto os padrões previstos na literatura técnica, em normas especificas e demais instrumentos legais existentes.

Conforme Tomaz (2008), os elementos comuns de um telhado verde são:

- Camada impermeável;
- Sistema de drenagem eficiente;
- Elementos para permitir a vegetação devem ter baixa densidade, boa retenção da água;
- Escolha adequada da vegetação para atender os tempos quentes e frios;
- As espécies de plantas devem ser: vigorosas, tolerantes ao solo seco; gostam do sol e toleram um solo pobre;
- Muitas plantas foram testadas, como Carex Festuca, Stipa e Achillea;
- A camada de solo varia de 150 mm a 300 mm.

O armazenamento em áreas impermeabilizadas, como: estacionamentos, centros de compras, pátios de manobras, subestações, cemitérios, praças públicas e centros esportivos, têm por objetivo retardar o acesso das águas à rede de drenagem.

Figura 18 - Telhado verde do Carrefour em Viena, Áustria

Fonte: Dra. Cristina Bráulio, 2006, presidente da ABRASIP-Minas Gerais

7.2. MEDIDAS CONVENCIONAIS

Como citado anteriormente, esse Plano Diretor apresenta recomendações quanto aos volumes a serem retidos/detidos, e os seus locais de implantação que incidam no melhor funcionamento da rede de macrodrenagem. As propostas consideram estruturas existentes e ainda a construção de novos barramentos.

Além das propostas apresentadas, é de suma importância que os novos loteamentos/condomínio do município, mantenham as condições de escoamento pré-urbanização desses locais. Nesse âmbito, atualmente tem-se utilizado muito a construção das bacias de detenção ou de retenção, que possuem eficiência reconhecida quanto ao armazenamento do volume de escoamento superficial gerado por esses empreendimentos. Podem também ser utilizados para outros fins, como por exemplo: paisagístico, recreacional, entre outros.

7.2.1. "Detenção *in situ*"

As redes de galerias pluviais objetivam drenar a área a montante por meio de condutos e encaminhá-las para outra área a jusante. Essa solução acaba transferindo o aumento de escoamento superficial, causando então inundações nos troncos principais dos sistemas de microdrenagem e no sitema de macrodrenagem, já que o tempo do escoamento é menor que em condições naturais.

Com a implantação dos dispositivos de detenção "in situ" o resultado esperado é que os picos de vazão de uma determinada precipitação sejam abatidos pelo armazenamento temporário das águas. Esse volumes seriam paulatinamente liberados produzindo um efeito de amortecimento de vazões na área de drenagem. "A vazão máxima da área, com o desenvolvimento urbano, deve ser menor ou igual à vazão máxima das condições preexistentes para o tempo de retorno escolhido", Tucci (1995).

No caso desses dispositivos deve-se ressaltar algumas vantagens, como, por exemplo:

- Maior controle sobre a manutenção/operação do dispositivo, dado o volume maior de armazenamento pode-se concentrar em um único dispositivo ou ao menos em um número menor de estruturas o controle das cheias de uma determinada área de drenagem;
- Menor custo para implantação do sistema, e igualmente para sua manutenção/operação;
- Maior controle sobre a eficiência, reduzindo a possibilidade de ocorrência do timing, ou seja, da simultaneidade dos picos de vazão entre sub-bacias, que resultariam em um excedente superior ao observado na situação natural.

As desvantagens são:

- Dificuldade de achar locais adequados;
- Custos de aquisição da área;

- Reservatórios maiores têm oposição por parte da população

As obras de detenção "in situ" são destinadas ao controle de áreas urbanizadas restritas, como condomínios, loteamentos e distritos industriais, podendo ou não estar incorporadas aos projetos de paisagismo e recreação, por meio de formação de lagos ou quadras de esportes. É importante que os locais e os volumes armazenados por estas estruturas estejam previamente definidos por meio de um estudo global da área de drenagem do município, evitando-se que a simultaneidade dos diversos hidrogramas efluentes existentes na sub-bacia ocasione uma vazão de pico maior que aquela que ocorreria naturalmente.

7.2.2. Bacias de Detenção

As bacias de detenção, por sua vez, são estruturas de acumulação temporária ou de infiltração de água utilizadas com os seguintes objetivos: amortecer cheias no controle de inundações, reduzir volumes de escoamento superficial e reduzir a poluição difusa no contexto urbano (Baptista, 2005). Entende-se por bacia de detenção ou infiltração estruturas de pequeno/médio porte podendo ser construídas cobertas ou abertas.

O dimensionamento de um reservatório de detenção é precedido de um pré-dimensionamento onde se estimam o volume do reservatório, área ocupada, profundidade média, custo e respectivo custo-benefício, Tomaz (2002). Este pré-dimensionamento é de suma importância para o estudo das alternativas e também de sua viabilidade.

Os próximos passos, conforme relatado por Tomaz (2002) serão: a seleção preliminar de uma estrutura de saída; execução do "routing" do hidrograma do escoamento superficial e do escoamento de saída; e verificação dos picos de descarga depois do desenvolvimento.

As metodologias de dimensionamento preliminar, de acordo com Tomaz (2002) são: Aron e Kibler (1990), Baker (1979), Federal Aviation Agency

(1966), Abt e Grigg (1978), Kessler e Diskin (1991), McEnroe (1992), Wycoff e Singh (1976), Método Racional e SCS TR-55.

Para o presente Plano Diretor de Drenagem Urbana recomenda-se o uso das metodologias:

- Método Racional, para bacias de até 2 km² de área;
- Método SCS – Soil Conservation Service, para as demais bacias.

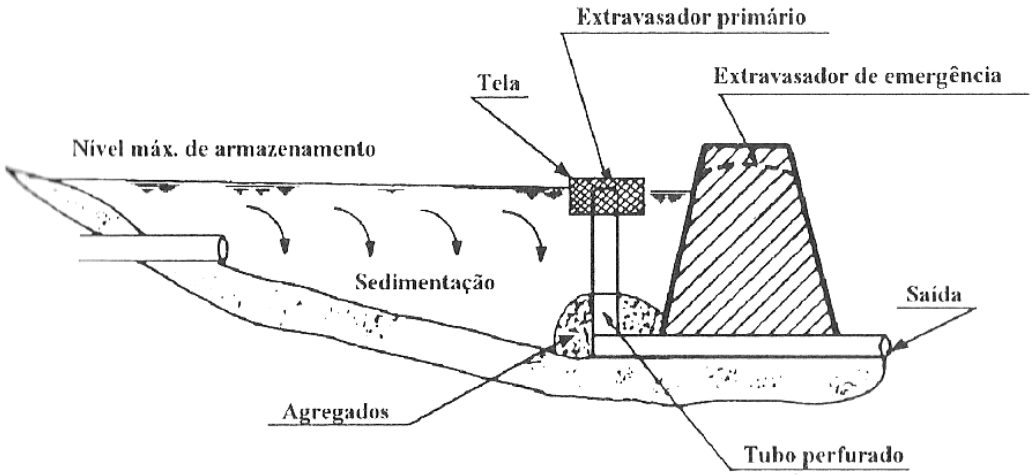


Figura 19 – Reservatório de detenção

7.2.3. Obras de retenção

São obras que permitem o armazenamento de águas de escoamento superficial com o objetivo de dar uma destinação destas águas retidas para fins recreativos, estéticos, abastecimento, ou outros propósitos. A água de escoamento superficial é temporariamente armazenada acima do nível normal de retenção, durante e imediatamente após um evento de precipitação. Constituem exemplos de dispositivos de retenção, reservatórios e pequenos lagos em áreas públicas, comerciais ou residenciais.

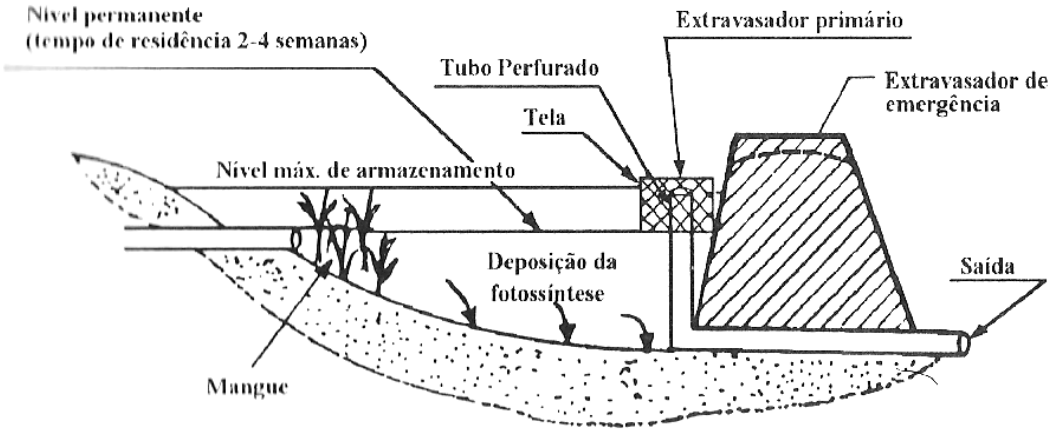


Figura 20 - Reservatório de retenção

7.2.4. "Polders"

Trata-se de sistemas compostos por diques de proteção, redes de drenagem e sistemas de bombeamento, que tem por objetivo proteger as áreas marginais situadas em cotas inferiores ao nível d'água máximo, determinadas pelos eventos chuvosos extremos.

Segundo recomendação de Canholi (2005) os critérios de projeto para "polders" são semelhantes às estruturas de detenção – barragens – de pequeno porte, devendo-se analisar ainda à proteção de sua fundação e ocorrência de erosão.

7.3. ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE CHEIAS

A seleção das alternativas ou combinação de alternativas para controle de cheias deve estar consubstanciada em uma análise de viabilidade que considera:

- Aspectos Físicos (topografia, existência de exutório permanente, capacidade de infiltração no solo, estabilidade do subsolo, nível de águas subterrâneas e aporte permanente de água);
- Aspectos Urbanísticos e de infra-estrutura (disponibilidade do espaço, inclinação e forma dos telhados e redes existentes);

- Aspectos Sanitários e Ambientais (risco de poluição, risco de águas com finos e risco sanitário);
- Aspectos Sócio-econômicos.

A seguir são apresentadas algumas etapas para o estudo e seleção de alternativas de dispositivos de controle de cheias.

Passo 1 – Definir controle hidrológico requisitado;

- Infiltração
- Freqüência da descarga
- Volume
- Recarga da água subterrânea

Passo 2 – Avaliar as dificuldades/limites do sítio

- Espaço disponível
- Características de infiltração do solo
- Nível do lençol freático
- Declividade
- Modelo de drenagem

Passo 3 – Descrição das práticas possíveis

- Oportunidades e Limitações

Passo 4 – Avaliar Medidas possíveis em varias configurações

- Desenvolver lista de Medidas potenciais, número, dimensões e volume
- Avaliação hidrológica iterativa

Passo 5 – Selecionar uma configuração e projetar

- Configuração ótima

Passo 6 – Complementar com controles convencionais, se necessário.

A seguir são apresentadas algumas informações para caracterização dos dispositivos de controle de cheias considerados como medidas não estruturais,

para redução do escoamento superficial, com retenção dos volumes excedentes diretamente nos lotes ou em condomínios.

De acordo com FCTH, Diretrizes Básicas para projetos de Drenagem Urbana no município de São Paulo, tem-se que as principais formas de detenção e retenção de água de chuva em áreas urbanas, podem ser descritas conforme mostra o Quadro 12:

Quadro 12 - Formas de redução e retenção em diferentes áreas urbanas

Área	Redução	Retardamento do Deflúvio direto
Telhado plano de grandes dimensões	Armazenamento em cisternas; Jardim suspenso; Armazenamento em tanques.	Armazenamento no telhado empregando tubos condutores verticais estreitos; Aumentando a rugosidade do telhado; Cobertura ondulada; Cobertura com cascalho.
Estacionamento	Pavimento Permeável; Cascalho; Furos no pavimento impermeável.	Faixas gramadas no estacionamento; Canal gramado drenando o estacionamento; Armazenamento e detenção para áreas impermeáveis; Pavimento ondulado; Depressões; Bacias.
Residencial	Cisternas para casas individuais, ou grupo de casas; Passeios com cascalho; Áreas ajardinadas em redor; Recarga do lençol subterrâneo (tubos perfurados, cascalho, valeta, tubos porosos, poços secos e depressões gramadas)	Reservatório de detenção utilizando gramas espessas; Passeios com cascalhos; Sarjetas ou canais gramados; Aumentando o percurso da água através da sarjeta, desvios etc.
Geral	Vielas com cascalho; Calçadas permeáveis; Canteiros cobertos com palhas ou folhas.	Vielas com Cascalho.

Fonte: FCTH

A poluição gerada pelo escoamento superficial, também conhecida como poluição difusa, que provem de atividades que depositam poluentes na bacia de contribuição, essa deposição tem ligação direta com a urbanização e suas principais causas são a lavagem das ruas, que transportam materiais sólidos e as ligações clandestinas de esgoto.

O avanço da impermeabilização do solo além de contribuir para o aumento da poluição difusa, principal causa da degradação da qualidade das águas pluviais é fator importante na diminuição da recarga subterrânea, já reduzida pelo aumento do volume das águas servidas (conseqüência do aumento da densidade populacional), restringindo as vazões básicas a níveis que podem chegar a comprometer ainda mais a qualidade da água pluvial nos cursos receptores.

A origem da poluição difusa é bastante diversificada, contribuindo para ela, a abrasão e o desgaste das ruas pelos veículos, o lixo acumulado nas ruas e calçadas, os resíduos orgânicos de animais, os resíduos das construções, de combustíveis, etc.

A avaliação dos impactos dessas cargas se concentra na avaliação de lançamento da drenagem urbana sobre um corpo receptor, medindo as concentrações de poluentes ao final de cada evento chuvoso.

As concentrações variam ao longo do evento hidrológico, podendo formar um "polutograma", possuindo a mesma forma genérica do seu hidrograma correspondente.

Aos primeiros instantes do evento, há uma remoção inicial do material acumulado no período entre chuvas, chamado carga de lavagem. Essa carga esta comumente deposita sobre o solo e no interior de canalizações.

No Capítulo 9, Tucci et all (1995), Monica Porto indica que o fato de a carga de lavagem ocorrer ou não, está relacionado com as perdas iniciais do escoamento superficial, perdas tais que dependem da rugosidade e estado de conservação do pavimento.

A carga de lavagem ocorre mais facilmente em bacias de pequeno porte do que em grandes bacias, pois áreas distantes podem produzir altas concentrações de poluentes nas suas descargas iniciais que se ao se misturarem aos valores já decrescentes de locais próximos a seção de medição não permitindo assim que a concentração de poluentes da bacia de um modo geral decresça rapidamente.

O controle dessa poluição é realizado visando reduzir as cargas poluidoras antes que essas atinjam o corpo receptor. O conjunto de medidas que promovem esse decréscimo são chamadas de "medidas ótimas para gerenciamento" de cargas difusas. Além de reduzir o potencial poluidor, essas medidas prevêem também a redução do volume total escoado, assim o controle de enchentes.

O controle pode ser realizado de duas maneiras: com medidas estruturais e medidas não estruturais.

8.1. MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO POR CARGAS DIFUSAS

Essas medidas têm por objetivo prevenir ou reduzir a concentração de cargas poluidoras nas águas da drenagem urbana.

Monica Porto em seu texto "Aspectos qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas", apresentado em Tucci et all (1995) cita os principais aspectos que essas medidas devem ter:

- Melhorar a qualidade do corpo receptor;
- Ser economicamente eficiente;
- Ser consistente com os objetivos do controle de qualidade da água do corpo receptor;
- Ser aplicável a toda a área da bacia;
- Ser aceitável pela população;
- Ser consistente com as medidas estruturais propostas ou implantadas.

A autora apresenta também as medidas não estruturais mais utilizadas, que estão descritas a seguir:

- Controle do uso do solo urbano;
- Regulamentação para áreas em construção, incluindo a obrigatoriedade da adoção das medidas de controle da produção de sedimentos, diminuindo a erosão local;
- Implantação de áreas verdes que reduzem as vazões e os volumes escoados superficialmente, assim como as cargas de sedimentos.
- Controle de ligações clandestinas de esgoto na rede de drenagem;
- Varrição de ruas, recolhimento do material grosseiro;
- Controle da coleta e disposição final do lixo;

Educação da população, conscientizando-a quanto às disposições finais dos lixos.

8.2. MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO POR CARGAS DIFUSAS

As medidas estruturais são aquelas que visam reduzir o volume e/ou remover os poluentes do escoamento superficial das áreas urbanas. Sua escolha deve sempre atentar para o grau de urbanização da bacia de contribuição, ao tamanho da bacia, a permeabilidade do solo e a vulnerabilidade do lençol freático.

Monica Porto, Tucci et all (1995), indica também os principais objetivos da implantação de medidas estruturais para controle e redução da poluição difusa:

- Remoção eficiente dos poluentes;
- Minimizar os impactos do lançamento da drenagem urbana no curso d´água receptor;
- Apresentar relação custo/benefício aceitável;

Os principais mecanismos que atuam nas medidas estruturais para remoção dos poluentes, são: sedimentação, filtração, infiltração e a remoção biológica (fósforo e nitrogênio).

As medidas estruturais comumente utilizadas são:

- Minimização da área diretamente conectada
- Faixas gramadas
- Valetas gramadas
- Bacias de detenção secas
- Bacias de detenção alagadas
- Alagadiços
- Pavimento poroso

O Quadro 13 apresenta eficiência quanto à remoção de poluentes das medidas citadas acima.

Quadro 13 – Eficiência das medidas estruturais

Alternativa de controle	Porcentagem de remoção				
	Sólidos em suspensão	Fósforo total	Nitrogênio total	Zinco	Bactéria
Minimização da área diretamente conectada	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Faixa gramadas	10 - 20	0 - 10	0 - 10	0 - 10	n.d.
Valetas gramadas	20 – 40	0 -15	0 - 15	0 - 20	n.d.
Bacias de detenção secas	50 – 70	10 - 20	10 - 20	30 - 60	
Bacias de detenção alagadas	60 - 95	0 - 80	0 – 80	0 – 70	n.d.
Alagadiços	40	9 - 60	0 – 20	60	n.d.
Pavimento poroso	80 – 95	65	80 – 85	99	n.d.

Fonte: Tucci (1995) – retirado de Urban Drainage and Flood Control District, 1995

Cabe salientar que a combinação de medidas não-estruturais com estruturais pode elevar os índices de eficiência da remoção de poluentes.

AZEVEDO NETTO, J. M. Manual de Hidráulica. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda., 8ª Edição, 1998, 669p

BAPTISTA, M. Nascimento, N. Barraud, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana, Porto Alegre, ABRH, 2005.

CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CETESB – Drenagem Urbana, Manual de Projeto, 3ª Edição, agosto de 1986, São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, 359p.

Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos Saneamento, Departamento de Águas e Energia Elétrica. Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas. São Paulo, DAEE 2ª Edição, 2006.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Manual de Cálculo de Vazões Máximas, Médias e Mínimas para as Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo. São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, 1994, 64p

DAEE, 2007. Instruções Normativas da DPO/DAEE 001, 002, 003 e 004. São Paulo. 30 de julho de 2007.

FERNANDES, C. - MICRODRENAGEM - Um Estudo Inicial, DEC/CCT/UFPB, Campina Grande, 2002, 196p.

Hildeberto Bernardes Lacerda Junior (notas de aula) aula 5 – sistemas de microdrenagem http://www.dec.ufs.br/downloads/123144893873.pdf

MARTINEZ & MAGNI. São Paulo, Secretaria De Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, Departamento de Águas e Energia Elétrica, Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. Equações de Chuvas Intensas

do Estado de São Paulo. Convênio Departamento de Águas e Energia Elétrica e Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PORTO, Rodrigo de Melo. Hidráulica Básica. São Carlos. Projeto Reenge - EESC/USP,1º Edição, 1998, 540p.

TOMAZ, P. Best Management Practices (Melhoria da qualidade das águas pluviais), 2008.

TUCCI, C.E.M., Porto, R.L.L., Barros, M.T. Drenagem Urbana, Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995

WILKEN, Paulo Sampaio. Engenharia de Drenagem superficial. São Paulo, Companhia de Tecnogia de Saneamento Ambiental, 1978, 478p.