

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

PROGNÓSTICO



MUNICÍPIO DE JARU - RO



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

www.liderengenharia.eng.br
contato@liderengenharia.eng.br





PREFEITURA MUNICIPAL DE JARU – RO

**ELABORAÇÃO DO PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE
ÁGUAS PLUVIAIS**

PROGNÓSTICO

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES - LTDA

PREFEITURA MUNICIPAL DE JARU - RO

JOÃO GONÇALVES
PREFEITO MUNICIPAL





EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA



EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES- LTDA

CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 1203.
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP
www.liderengenharia.eng.br





EQUIPE TÉCNICA

Robson Ricardo Resende

Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA – SC 99639-2

Osmani Vicente Jr.

Arquiteto e Urbanista
CAU A23196-7
Especialista em Gestão Ambiental
para Municípios

Juliano Mauricio da Silva

Engenheiro Civil
CREA/PR 117165-D

Roney Felipe Moratto

Geógrafo
CREA /PR 149.021/D

Carmen Cecília Marques Minardi

Economista
CORECON SP 36677

Daniel Ferreira de Castro Furtado

Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 118987-6

Lara Ricardo da Silva Pereira

Arquiteta e Urbanista
CAU: 177264-3

Paula Evaristo dos Reis de Barros

Advogada
OAB/MG 107.935

Carolina Bavia Ferruccio Bandolin

Assistente Social
GRESS/PR 10.952

Juliano Yamada Rovigati

Geólogo
CREA/PR 109.137/D

Daniel Mazzini Ferreira Vianna

Arquiteto e Urbanista
CAU 89.230-0

Willian de Melo Machado

Analista de Sistemas

Paulo Guilherme Fuchs

Administrador
CRA/SC 21705





APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante do Plano de Drenagem, Macrodrenagem e Manejo de Águas Pluviais do município de Jaru -RO.

O Plano de Drenagem, Macrodrenagem e Manejo de Águas Pluviais é um dos componentes setoriais dos planos de manejo de bacias hidrográficas, sendo, portanto, de interesse público de caráter municipal. Cabe ressaltar que o Plano é elaborado através das diretrizes estabelecidas pela Política Nacional do Saneamento Básico – Lei Federal 11.445/2007 e principalmente pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei 14.026 de 15 de julho de 2020 que modifica e atualiza a lei anterior, assim como para atender as demandas da municipalidade.

É de suma importância que o planejamento da Macrodrenagem, quando possível, ocorra em fase anterior a de implantação e consolidação dos loteamentos e arruamentos, pavimentação e demais serviços urbanos, assim como a evolução do sistema viário e do próprio desenho que se pretende para a cidade (inclusive o modelo de ocupação urbana e de expansão urbana). Garante-se desta forma o desenvolvimento urbano de forma sustentável.

O Plano de Drenagem, Macrodrenagem e Manejo de Águas Pluviais tem como princípio também orientar as ações do Poder Público na elaboração de projetos e na execução de obras de drenagem, bem como na promoção de ações preventivas e corretivas sobre as causas e os efeitos dos processos erosivos, degradação de mananciais, visando proteger a população e as atividades econômicas sediadas na área urbana do Município.





SUMÁRIO

1. DESENVOLVIMENTO DO MODELO HIDRÁULICO	16
1.1. Bacia do Canal Baixada	16
1.1.1. Apresentação das Simulações Realizadas.....	18
1.1.1.1. Simulações para a Situação Atual dos Canais – Cenários Hidrológicos 2 e 3.....	18
1.1.1.2. Simulações Considerando Hipóteses para a Situação Futura das Seções de Escoamento dos Canais – Cenário Hidrológico 4	31
1.2. Bacia do Rio Mororó	44
1.2.1. Apresentação das Simulações Realizadas.....	45
1.2.1.1. Simulações para a Situação Atual do Rio Mororó – Cenários Hidrológicos 2 e 3.....	45
1.3. Bacia do Canal B.....	52
1.3.1. Apresentação das Simulações Realizadas.....	53
1.3.1.1. Simulações para a Situação Atual do Canal B – Cenários Hidrológicos 2 e 3.....	53
2. CALIBRAÇÃO E VERIFICAÇÃO DO MODELO HIDRÁULICO	59
3. MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÃO	67
4. PROGRAMA DE CONTROLE DE CHEIAS – PARTE 1.....	70
4.1. Definição de Componentes Básicos do Planejamento	70
4.1.1. Definição dos Elementos.....	74
4.1.2. Parâmetros de Projeto	75
4.1.3. Método para Vazão de Projeto	78
4.1.3.1. Método Racional.....	78
4.1.3.2. Método I-Pai-Wu.....	79
4.1.4. Chuvas Intensas	84
4.1.5. Cálculo da Capacidade de vazão para sarjetas	86
4.1.6. Cálculo das galerias de águas pluviais.....	86
4.2. Crescimento Populacional e de Uso e Ocupação do Solo	87
4.2.1. Crescimento Populacional.....	87
4.3. Mudança de uso e ocupação do solo	90
4.4. Cenários Hidrológicos.....	95
4.4.1. Cenário 1	100
4.4.2. Cenário 2	104
4.4.3. Cenário 3	109
4.4.4. Cenário 4	114
4.5. Mapeamento Das Áreas De Inundação Para Diferentes Riscos Hidrológicos.....	121
5. PROGRAMA DE CONTROLE DE CHEIAS – PARTE 2.....	125
5.1. Medidas Estruturais	127
5.1.1. Bacias de Retenção e Detenção	127
5.1.1.1. Bacias de Detenção do Rio Mororó	128
5.1.2. Utilização de Áreas Verdes Para Controle Hidrológico.....	132
5.1.3. Recuperação de Matas Ciliares e áreas de APP	133
5.1.4. Parques Lineares	136
5.1.4.1. Parque Linear Urbano do Rio Mororó	139
5.1.4.2. Parque Linear do Rio Jarú	142
5.1.4.1. Modelo de Parque Linear.....	145





5.1.5. Infiltração local	149
5.1.6. Restauração de Calhas Naturais.....	153
5.1.7. Alargamento, desassoreamento e manutenção da declividade dos canais.....	153
5.1.8. Troca de dispositivos subdimensionados	154
5.2. Medidas Não Estruturais	155
5.2.1. Regulamento do Uso da Terra	156
5.2.2. Normatização para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais.....	157
5.2.3. Educação Ambiental	159
5.2.4. Seguro-enchente.....	160
5.2.5. Sistemas de alerta e previsão de inundações	163
5.2.6. Programa de manutenção e limpeza das estruturas de microdrenagem.....	166
5.2.7. Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto	166
6. PARTICIPAÇÃO PÚBLICA	167
6.1. Relatório da Audiência Pública	180
7. RECOMENDAÇÕES DE APRIMORAMENTO INSTITUCIONAL	193
7.1. Aspectos Institucionais	193
7.2. Legislações	193
7.3. Gerenciamento de Contingências	197
7.3.1. Defesa Civil	199
7.3.2. Plano de Contingência	199
7.3.1. Políticas de Controle dos Impactos	200
7.3.1.1. Medidas Estruturais	201
7.3.1.2. Medidas Não Estruturais.....	203
7.4. Gerenciamento de Operação e Manutenção	204
7.4.1. Taxas de Cobrança por Serviço e Melhoria.....	205
7.4.2. Divisão Administrativa para Gerenciamento de Águas Pluviais	215
7.5. Capacitação de Recursos Humanos e a Comunicação Social.....	217
7.5.1. Comunicação Social e Educação Ambiental	219
8. MÉTODOS CONSTRUTIVOS.....	220
8.1. Alvenaria de Vedação ou Convencional	220
8.2. Alvenaria Estrutural	223
8.3. Wood Frame.....	225
8.4. Steel Frame	227
8.5. Paredes de Concreto.....	228
8.6. Concreto Pré-Moldado	231
8.7. Contêineres	233
8.8. Concreto PVC.....	235
9. VIABILIDADE AMBIENTAL DAS OBRAS PROPOSTAS.....	238
10. PRINCIPAIS NORMAS TÉCNICAS PERTINENTES AO SISTEMA DE DRENAGEM.....	240
11. PLANO DE EXECUÇÃO DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES PARA O SISTEMA DE DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS DA CHUVA	240
11.1. Análise de Investimentos Previstos para o Sistema de Drenagem Urbana.....	251





ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Sugestão dos Valores de Coeficiente de Run Off, segundo Wilkens (1978).	76
Tabela 2 – Resultados dos Coeficientes de Deflúvios.	78
Tabela 3 – Intensidade de Chuvas das Bacias Urbanas.	85
Tabela 4 - População total do Município de Jarú - RO.	87
Tabela 5 - População urbana futura do município de Jarú.	89
Tabela 6 – Legislações.	197
Tabela 7 – Fundamentação para implantar ações estruturais e minimizar enchentes e inundações.	242
Tabela 8 – Planejamento para ações estruturais.	243
Tabela 9 - Fundamentação para implantar ações não estruturais e minimizar enchentes e inundações.	244
Tabela 10 – Planejamento para ações não estruturais.	245
Tabela 11 – Controle das águas pluviais na fonte (lotes ou loteamentos)	247
Tabela 12 – Planejamento para o controle das águas pluviais na fonte.	248
Tabela 13 – Fundamentação criação de taxa de drenagem.	249
Tabela 14 – Planejamento para criação de taxa de drenagem.	250
Tabela 15 – Investimentos Previstos.	251





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Visão geral dos Canais da Baixada, 01 e 14 utilizados nas simulações, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.....	19
Figura 2 – Visão em detalhes dos trechos do Canal da Baixada, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	20
Figura 3 – Visão em detalhe do Canal 14, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.....	21
Figura 4 – Visão em detalhe do Canal 01 considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.....	21
Figura 5 - Visão em detalhe dos pontos de junção entre o Canal da Baixada, Canal 14 e Canal 01, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	22
Figura 6 – Detalhe do nível de água no Trecho de Montante do Canal da Baixada na Rua Goiás, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	23
Figura 7 - Detalhe do nível de água no Trecho de Montante do Canal da Baixada no local de junção com o Canal 14, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	23
Figura 8 - Detalhe do nível de água no Trecho Médio do Canal da Baixada após a junção com o Canal 14, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	24
Figura 9 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Trecho Médio do Canal da Baixada no ponto de junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	24
Figura 10 - Detalhe do nível de água no Trecho de Jusante do Canal da Baixada após a junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	25
Figura 11 - Detalhe do nível de água no Trecho de Jusante do Canal da Baixada na Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	25
Figura 12 - Detalhe do nível de água no Trecho de Jusante do Canal da Baixada no ponto de cruzamento com adutora de água tratada próximo a Rua Beira-Rio, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	26
Figura 13 - Detalhe do nível de água no Trecho de Jusante do Canal da Baixada na Foz (ponto de desague no Rio Jarú), considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	26
Figura 14 - Detalhe do nível de água no Canal 01, na Rua Rio de Janeiro, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	27
Figura 15 - Detalhe do nível de água no Canal 01, na Rua Goiás, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	27
Figura 16 - Detalhe do nível de água no Canal 01, no ponto de junção com o Canal da Baixada, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	28
Figura 17 - Detalhe do nível de água no Canal 14, na Rua Euclides da Cunha, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	28
Figura 18 - Detalhe do nível de água no Canal 14, na Rua Jorge Teixeira, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	29
Figura 19 - Detalhe do nível de água no Canal 14, na Rua Almirante Barroso, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	29
Figura 20 - Detalhe do nível de água no Canal 14 no ponto de junção com o Canal da Baixada, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	30





Figura 21 – Visão geral dos Canais da Baixada, 01 e 14 utilizado nas simulações, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.....	33
Figura 22 – Visão em detalhe dos trechos do Canal da Baixada, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	33
Figura 23 - Visão em detalhe do Canal 14, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.....	34
Figura 24 - Visão em detalhe do Canal 01 considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.....	34
Figura 25 - Visão em detalhe dos pontos de junção entre o Canal da Baixada, Canal 14 e Canal 01, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	35
Figura 26 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, na Rua Goiás, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	36
Figura 27 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, na Rua Goiás, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	36
Figura 28 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, no local de junção com o Canal 14, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	37
Figura 29 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, após a junção com o Canal 14, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	37
Figura 30 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, não ponto de junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	38
Figura 31 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, após a junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	38
Figura 32 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, não ponto de junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	39
Figura 33 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, na Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	39
Figura 34 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, não ponto de junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	40
Figura 35 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, no ponto de cruzamento com adutora de água tratada próximo à Rua Beira-Rio, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	40
Figura 36 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, na Foz (ponto de desague no Rio Jarú), considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	41
Figura 37 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 01, na Rua Rio de Janeiro, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	41
Figura 38 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 01, na Rua Goiás, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	42
Figura 39 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 01, no ponto de junção com o Canal da Baixada, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	42
Figura 40 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 14 na Rua Euclides da Cunha, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	43
Figura 41 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 14, na Rua Jorge Teixeira, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	43
Figura 42 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 14 na Rua Almirante Barroso, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	44





Figura 43 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 14 no ponto de junção com o Canal da Baixada, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	44
Figura 44 – Visão geral do Rio Mororó utilizado nas simulações, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	46
Figura 45 – Visão em detalhe do trecho de montante do Rio Mororó entre a Rua Padre Chiquinho e a Rua Florianópolis, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.....	46
Figura 46 - Visão em detalhe do trecho médio do Rio Mororó entre a Rua Florianópolis e a Rua Tapajós, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	47
Figura 47 - Visão em detalhe do trecho de jusante do Rio Mororó entre a Rua Tapajós e a Foz, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	47
Figura 48 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó na Rua Padre Chiquinho, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras. ..	48
Figura 49 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó entre a Rua Padre Chiquinho e a Rua Florianópolis, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	48
Figura 50 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó na Rua Florianópolis, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	49
Figura 51 - Detalhe do nível de água no trecho médio do Rio Mororó entre a Rua Florianópolis e a Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	49
Figura 52 - Detalhe do nível de água no trecho médio do Rio Mororó na Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	50
Figura 53 - Detalhe do nível de água no trecho de jusante do Rio Mororó entre a Rua Tapajós e a Foz considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	50
Figura 54 - Detalhe do nível de água na Foz do Rio Mororó (ponto de desagüe no Rio Jarú), considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	51
Figura 55 – Visão geral do Canal B utilizado nas simulações, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	54
Figura 56 – Visão em detalhe do trecho de montante do Canal B, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	54
Figura 57 - Visão em detalhe do trecho de jusante do Canal B, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	54
Figura 58 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Canal B na Rua Goiás esquina com a Avenida Rio Branco, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	55
Figura 59 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Canal B na Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	56
Figura 60 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Canal B na Rua Beira-Rio, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	56
Figura 61 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Canal B logo após a Rua Beira-Rio considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	57
Figura 62 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Canal B entre a Rua Beira-Rio e a Foz considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras. ...	57
Figura 63 - Detalhe do nível de água na Foz do Canal B (ponto de desagüe no Rio Jarú), considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	58





Figura 64 – Imagem do cadastro do Canal da Baixada, Canal 14 e Canal 01 e das suas seções no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.....	61
Figura 65 – Imagem do cadastro do Canal B e das suas seções no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.....	62
Figura 66 – Imagem do cadastro do Rio Mororó e das suas seções no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.....	62
Figura 67 – Imagem do modelo de cadastro de seções transversais de escoamento do trecho médio do Canal 01 no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.....	63
Figura 68 – Imagem do modelo de cadastro de seções transversais de escoamento do trecho de jusante do Canal 01 no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.....	63
Figura 69 – Imagem do modelo de cadastro de seções transversais de escoamento do Trecho de Montante do Canal da Baixada no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.....	64
Figura 70 – Imagem do modelo de cadastro de seções transversais de escoamento do no Trecho de Jusante do Canal da Baixada no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.....	64
Figura 71 – Imagem do modelo de cadastro da seção de passagem do Trecho de Jusante do Canal da Baixada sob a Rua Tapajós no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.....	65
Figura 72 – Imagem do modelo de cadastro das vazões de seções do Canal da Baixada no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.....	66
Figura 73 – Imagem da tabela gerada pelo Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1® com dados hidrodinâmicos para seção do Trecho de Montante do Canal da Baixada.....	66
Figura 74 – Inundação da margem esquerda do Rio Jaru.....	67
Figura 75 – Área de Inundação do Rio Mororó no Setor 1.	68
Figura 76 – Área de inundação do Rio Mororó no Setor 5.	69
Figura 77 – Inundação do Mororó no Bairro Jardim dos Estados.....	69
Figura 78 – Áreas sujeitas a inundações baseadas em levantamento topográfico e hidrológico.	70
Figura 79 – Variação Coeficiente de <i>Run off</i>	77
Figura 80 - Determinação da largura média da bacia.....	82
Figura 81 - Determinação da largura média da bacia e dos comprimentos L para os diferentes pontos de estudo na Bacia do Rio Mororó.	82
Figura 82 – Valores do Coeficiente de escoamento superficial direto.	83
Figura 83 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).	84
Figura 84 – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia A em 2010.....	91
Figura 85 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia B em 2010.....	91
Figura 86 – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia C em 2010.....	92
Figura 87 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Canal da Baixada em 2010.	92
Figura 88 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Mororó em 2010.....	93
Figura 89 - Mapa de uso e ocupação do solo em 2010 para as 5 bacias em estudo.	93
Figura 90 – Pontos de Interesse para cálculo de vazão na Bacia do Rio Mororó.	96
Figura 91 – Pontos de Interesse para cálculo de vazões na Bacia do Canal da Baixada.	96
Figura 92 – Pontos de Interesse para cálculo de vazões para a Bacia B.	97





Figura 93 – Visão geral do Rio Mororó utilizado nas simulações, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	115
Figura 94 – Visão em detalhe do trecho de montante do Rio Mororó entre a Rua Padre Chiquinho e a Rua Florianópolis, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.....	116
Figura 95 - Visão em detalhe do trecho médio do Rio Mororó entre a Rua Florianópolis e a Rua Tapajós, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	116
Figura 96 - Visão em detalhe do trecho de jusante do Rio Mororó entre a Rua Tapajós e a Foz, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.	116
Figura 97 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó na Rua Padre Chiquinho, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	117
Figura 98 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó entre a Rua Padre Chiquinho e a Rua Florianópolis, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	118
Figura 99 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó na Rua Florianópolis, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	118
Figura 100 - Detalhe do nível de água no trecho médio do Rio Mororó entre a Rua Florianópolis e a Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.....	119
Figura 101 - Detalhe do nível de água no trecho médio do Rio Mororó na Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	119
Figura 102 - Detalhe do nível de água no trecho de jusante do Rio Mororó entre a Rua Tapajós e a Foz considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras... ..	120
Figura 103 - Detalhe do nível de água na Foz do Rio Mororó (ponto de desagüe no Rio Jarú), considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.	120
Figura 104 – Mancha de inundação – TR 100 anos – Atual.....	122
Figura 105 – Mancha de inundação – TR 100 anos – Futura.....	123
Figura 106 – Mancha de Inundação – TR 100 anos – Atual e Futura.....	124
Figura 107 – Bacia de Detenção nº1 da Bacia do Rio Mororó (sem escala)	128
Figura 108 – Bacia de Retenção do Rio Mororó (sem escala)	129
Figura 109 – Faixas de APP para diferentes leitos de rios.	135
Figura 110 – Parque Linear Urbano do Rio Mororó – Fase 1	140
Figura 111 – Parque Linear Urbano do Rio Mororó – Fase 2.....	141
Figura 112 – Visão geral do Parque Linear Urbano do Rio Mororó após sua total implantação.....	142
Figura 113 – Parque Linear do Rio Jarú – Fase 1	143
Figura 114 – Parque Linear do Rio Jarú – Fase 2.....	143
Figura 115 – Parque Linear do Rio Jarú – Fase 3.....	144
Figura 116 – Visão geral da implantação dos parques lineares	145
Figura 117 – Proposta de modelo para implantação de um Parque Linear no Rio Mororó.	146
Figura 118 – Proposta de modelo para implantação de um Parque Linear no Rio Mororó.	147
Figura 119 - Proposta de modelo para implantação de um Parque Linear no Rio Mororó.	148
Figura 120 – Diferentes dispositivos de retenção na fonte.	152
Figura 121 – Canal em Jarú com os taludes descobertos e leito assoreado.	154
Figura 122 – Tubulações subdimensionadas em Jarú.	154





Figura 123 – Empoçamento em tubulação com visível proliferação de mosquitos.	155
Figura 124 – Localização da estação fluviométrica automática.	165
Figura 125 – Estação fluviométrica automática.	165
Figura 126 – Apresentação 1ª Audiência Pública.	183
Figura 127 - Apresentação 1ª Audiência Pública.	184
Figura 128 - Apresentação 1ª Audiência Pública.	185
Figura 129 - Apresentação 1ª Audiência Pública.	186
Figura 130 - Apresentação 1ª Audiência Pública.	187
Figura 131 - Apresentação 1ª Audiência Pública.	188
Figura 132 - Apresentação 1ª Audiência Pública.	189
Figura 133 - Apresentação 1ª Audiência Pública.	190
Figura 134 - Apresentação 1ª Audiência Pública.	191
Figura 135 - Apresentação 1ª Audiência Pública.	192
Figura 136 – Espaços de gerenciamento.	194
Figura 137 – Espaço de gestão das águas urbanas.	196
Figura 138 – Medidas estruturais.	203
Figura 139 – Distribuição percentual de municípios com ou sem cobrança ou ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU.	208
Figura 140 – Distribuição percentual dos tipos de mecanismos de cobrança ou ônus indireto.	209
Figura 141 – Exemplo de construção de alvenaria convencional.	222
Figura 142 - Método construtivo de alvenaria convencional.	223
Figura 143 - Exemplo de construção em alvenaria estrutural.	224
Figura 144 - Exemplo de construção em Wood Frame.	226
Figura 145 – Exemplo de construção em Steel Frame.	228
Figura 146 – Exemplo de construção com Paredes de Concreto.	230
Figura 147 - Exemplo de construção com Paredes de Concreto.	231
Figura 148 – Exemplo de construção em Concreto Pré-Moldado.	232
Figura 149 – Exemplo de uso do Container.	234
Figura 150 – Demonstração de construção em Concreto PVC.	236
Figura 151 – Exemplo de construção em Concreto PVC.	237





ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Cenários passado, atual e futuro de cobertura e uso do solo.	94
Quadro 2 – Tempos de concentração para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó.	99
Quadro 3 – Tempos de concentração para os pontos de interesse da Bacia B.	99
Quadro 4 – Tempos de concentração para os pontos de interesse da Bacia do Canal da Baixada.	99
Quadro 5 – Valores de CN para as diferentes bacias em 2010.	100
Quadro 6 – Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2010, segundo o Método Racional.	101
Quadro 7 – Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2010, segundo o método I-Pai-Wu.	101
Quadro 8 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia B em 2010.	102
Quadro 9 – Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do canal da Baixada - 2010.	103
Quadro 10 - Valores de CN para as diferentes bacias em 2020.	105
Quadro 11 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2020 através do Método Racional.	105
Quadro 12 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2020 através do Método I-Pai-Wu.	106
Quadro 13 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia B em 2020.	107
Quadro 14 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do canal da Baixada em 2020.	108
Quadro 15 - Valores de CN para as diferentes bacias em 2020.	109
Quadro 16 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2040 através do Método Racional.	110
Quadro 17 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2040 através do Método I-Pai-Wu.	111
Quadro 18 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia B em 2040.	112
Quadro 19 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do canal da Baixada em 2040.	113





1. DESENVOLVIMENTO DO MODELO HIDRÁULICO

Todas as modelagens foram realizadas utilizando-se o Software de Modelagem Hidráulica HEC-RAS e as vazões críticas encontradas pelos métodos Racional e I Pai Wu. O HEC-RAS foi desenvolvido pelo Corpo de Engenharia do Exército Norte Americano é um software voltado para a realização de estudos de escoamento em rios e canais. Seu nome foi criado a partir das siglas RAS que significa River Analysis System (Sistema de Análise de Rios) e HEC que significa Hydrologic Engineering Center (Centro de Engenharia Hidrológica).

1.1. Bacia do Canal Baixada

Para o processo de modelagem hidráulica da Bacia do Canal da Baixada, foram modelados três canais, sendo estes o Canal da Baixada, o Canal 01 e o Canal 14, conforme a denominação estabelecida no relatório de diagnóstico deste Plano. Para fins de modelagem, o Canal da Baixada foi dividido em três setores distintos, a saber, Trecho de Montante, Trecho Médio e Trecho de Jusante.

O Canal da Baixada possui o trecho localizado entre a Rua Rio de Janeiro e a Foz localizada no Rio Jaru. O Canal 01 entre a Rua Rio de Janeiro e o ponto de junção com o Canal da Baixada (PJ1), e o Canal 14 entre a Rua Euclides da Cunha e o ponto de junção com o Canal da Baixada (PJ2). O Canal da Baixada possui seu Trecho de Montante entre a Rua Rio de Janeiro e o PJ2, o Trecho Médio está localizado entre os pontos PJ2 e PJ1, e o Trecho de Jusante está localizado entre os pontos PJ1 e a exutória da Bacia no ponto de desague no Rio Jaru.

O Trecho de Montante do Canal da Baixada, portanto, se inicia na Rua Rio de Janeiro, sendo que a sua montante o Canal da Baixada se encontra canalizado em uma galeria de seção retangular escalonada feita de pedras no estilo muro-de-gabião. Nesta seção a montante se localiza o Parque da Baixada, e deste trecho para a parte mais alta da Bacia não ocorrem problemas de inundação.

A partir da Rua Rio de Janeiro, o trecho do Canal da Baixada denominado neste estudo de Trecho de Montante segue seu curso em canal natural aberto até cruzar a Rua Goiás, e posteriormente chegar no ponto PJ2 onde ocorre a junção com o Canal 14 na





região do quarteirão localizado entre as Ruas Tapajós, Rio Grande do Sul, Goiás e Almirante Barroso.

Nas saídas de campo realizadas, e com base nos dados de batimetria das seções dos Canais, verificou-se que o Canal da Baixada apresenta na maioria de sua extensão trechos com bastante pontos de assoreamento, de modo que este acúmulo de sedimentos torna o fundo do canal sem declividade constante, e bastante irregular, alternando pontos de declividade positiva e declividades negativas, bem como pontos de redução acentuada da seção transversal do Canal, o que dificulta o escoamento das vazões nos momentos de precipitação na área da Bacia Hidrográfica do Canal da Baixada. Também neste trecho as calhas do Canal da Baixada apresentam bastante vegetação e, lixo e entulhos em alguns locais.

O Trecho Médio do Canal da Baixada continua apresentando características de canal natural aberto e também apresenta as mesmas características do Trecho de Montante, com densa vegetação e pontos de assoreamento. Neste trecho o Canal da Baixada passa a receber as contribuições dos caudais provenientes do Canal 14, de modo que a vazão neste ponto do Canal aumenta consideravelmente, bem como os assoreamentos se apresentam mais destacados devido principalmente ao fato de a Bacia do Canal 14 ser uma área com deficiência de sistema de microdrenagem e maior concentração de ruas não-pavimentadas, o que contribui para o carreamento de areias e sedimentos para dentro do Canal 14.

O Trecho de Jusante possui as mesmas características dos Trechos de Montante e Trecho Médio, sendo um canal natural com muita vegetação nas calhas e pontos de assoreamento. Neste Trecho o Canal da Baixada recebe as contribuições do Canal 01, aumentando ainda mais a sua vazão de escoamento.

Neste Trecho o Canal da Baixada faz a travessia sob a Rua Tapajós, em uma seção composta por cinco tubulações, sendo três tubulações com diâmetro nominal de 1,00 metros e outras duas com diâmetro nominal de 2,40 metros. Em seguida o Canal segue em curso natural até desaguar no Rio Jaru.

O Canal 14 por sua vez, se trata de um canal natural aberto em todo o seu percurso, que apresenta calha com trechos em assoreamento, densa vegetação e seções transversais com medidas de largura amplas, da ordem de 10 metros, mas também possui trechos em que a seção transversal é reduzida consideravelmente, intercalando trechos irregulares de largura e profundidade.





Este Canal 14 possui sua seção de montante neste estudo localizada na Rua Rio de Janeiro e percorre seu curso entre a quadra formada pelas Ruas Rio de Janeiro, Frei Caneca, Euclides da Cunha e Goiás até cruzar pela Rua Euclides da Cunha por uma tubulação com diâmetro nominal de 2,40 metros. Logo em seguida, irá cruzar pela Rua Jorge Teixeira por uma tubulação com diâmetro nominal de 2,50 metros e mais adiante, antes de desaguar no Trecho Médio do Canal da Baixada irá cruzar a Rua Almirante Barroso por duas tubulações com diâmetro nominal de 2,00 metros.

Já o Canal 01 possui um trecho canalizado em galeria de seção retangular de concreto e um trecho como canal natural aberto. Neste estudo o Canal 01 possui seu ponto de montante localizado na Rua de Janeiro, sendo caracterizado como um canal de seção retangular de concreto com dimensões de 2,00 metros de largura e 2,00 metros de profundidade, percorrendo nesta calha até cruzar com a Rua Goiás. Após a Rua Goiás o Canal 01 passa a ter seu curso em canal de seção natural irregular com trechos de variação irregular na declividade e seção transversal de escoamento, devido ao assoreamento, acúmulo de lixos e entulhos, pedras no leito e vegetação densa nas calhas. O Canal 01 segue com estas características até seu ponto de jusante onde desagua no Trecho de Jusante do Canal da Baixada.

1.1.1. Apresentação das Simulações Realizadas

1.1.1.1. Simulações para a Situação Atual dos Canais – Cenários Hidrológicos 2 e 3

De acordo com a literatura especializada, as obras de engenharia relacionadas a macrodrenagem são projetadas considerando vazões de projeto para períodos de retorno de geralmente no mínimo 20 anos, sendo comum considerar os períodos de 25 e 50 anos, e excepcionalmente períodos de retorno de 100 anos ou mais.

Porquanto, utilizando-se os dados de vazões de projeto atuais e futuras para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos, considerando-se o Cenário Hidrológico 2, foram realizadas simulações do escoamento destes caudais utilizando o Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1® considerando-se as cotas de fundo e de bordo das calhas das seções transversais atuais do Canal da Baixada (Trechos de Montante, Médio e de

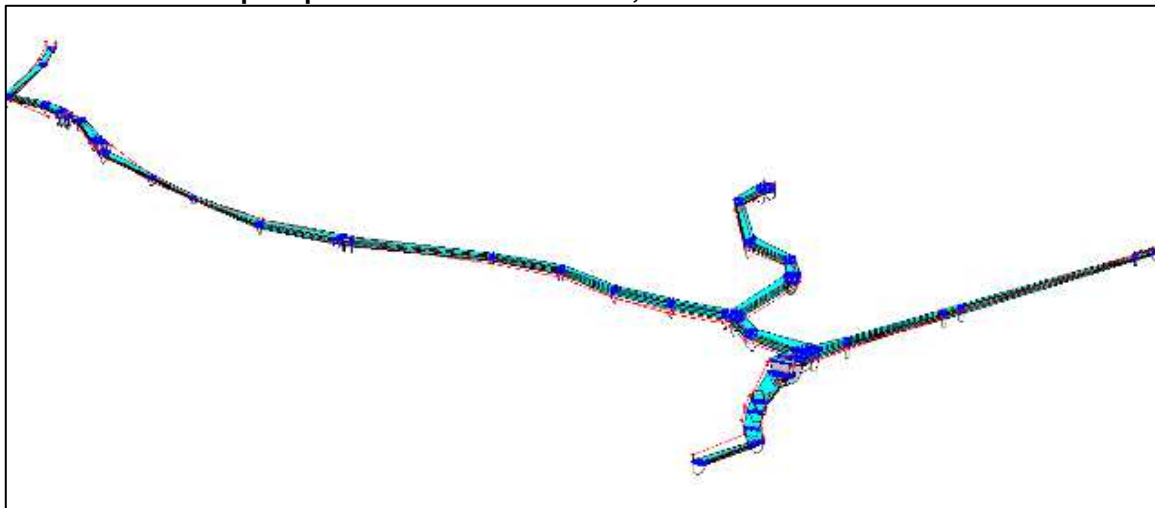




Montante), do Canal 01 e o do Canal 14, bem como suas declividades e materiais de revestimento entre os diversos trechos de escoamento. Estes dados necessários para a modelagem dos canais foram obtidos por meio da batimetria das seções de escoamento em diversos pontos de interesse ao longo dos seus cursos, bem como por meio de inspeções de campo.

As Figuras a seguir ilustram o nível de água no Canal da Baixada (Trechos de Montante, Médio e de Montante), no Canal 01 e no Canal 14 apontados nas simulações realizadas para o escoamento das vazões de projeto atuais e futuras para os diferentes períodos de retorno, e considerando as configurações atuais das seções de escoamento de cada canal.

Figura 1 – Visão geral dos Canais da Baixada, 01 e 14 utilizados nas simulações, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos

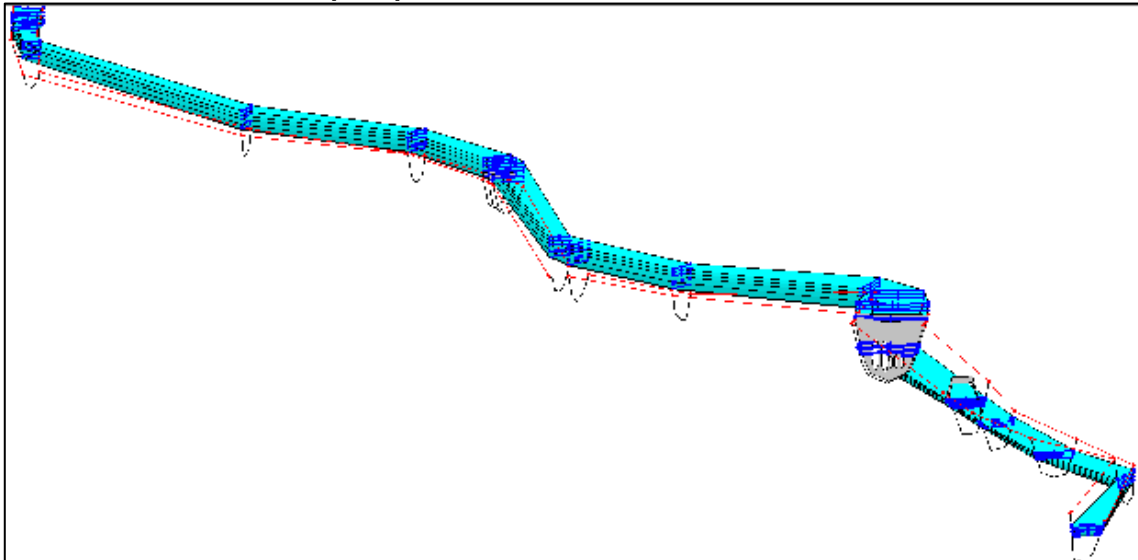


Elaboração: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 2 – Visão em detalhes dos trechos do Canal da Baixada, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

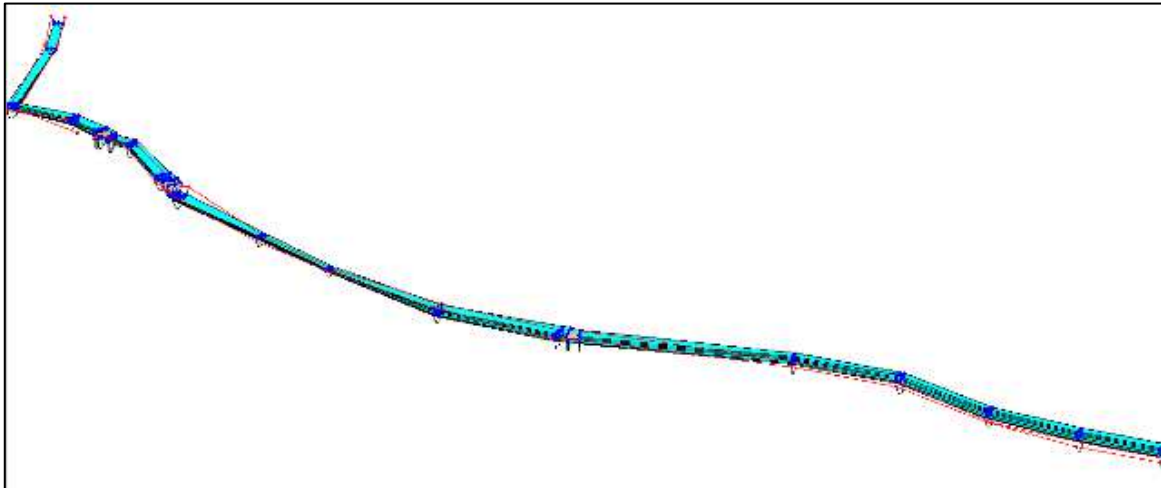


Elaboração: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.



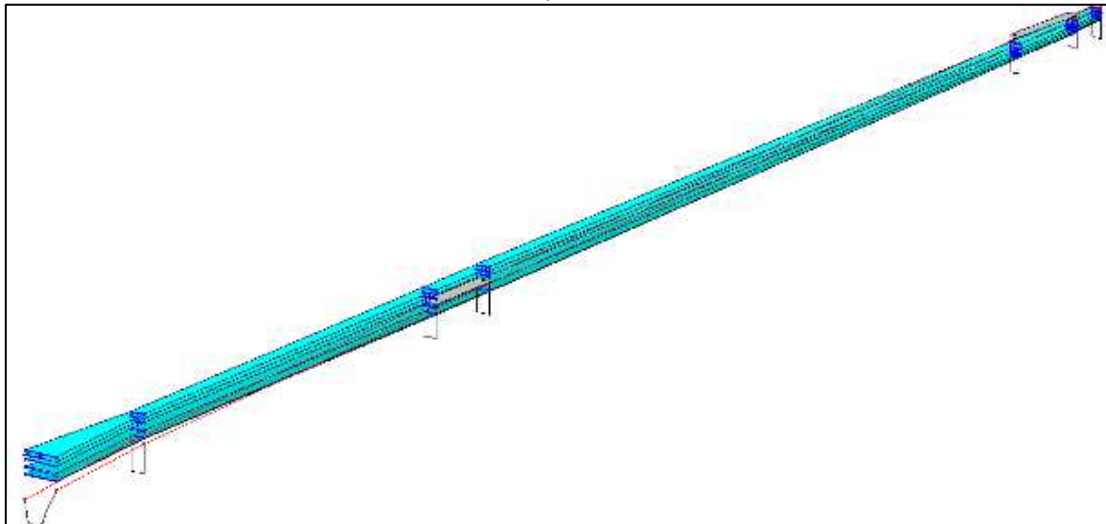


Figura 3 – Visão em detalhe do Canal 14, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 4 – Visão em detalhe do Canal 01 considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

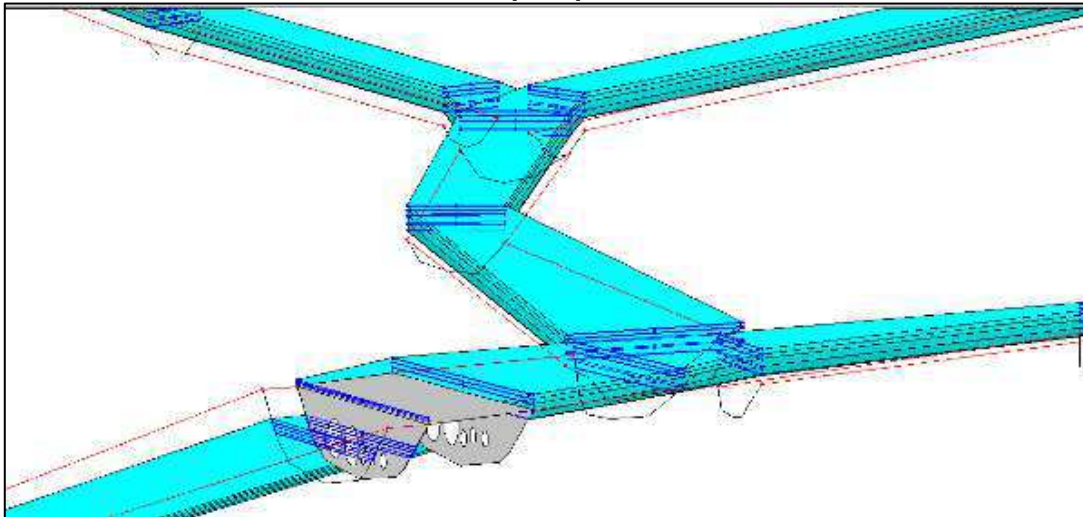


Elaboração: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 5 - Visão em detalhe dos pontos de junção entre o Canal da Baixada, Canal 14 e Canal 01, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

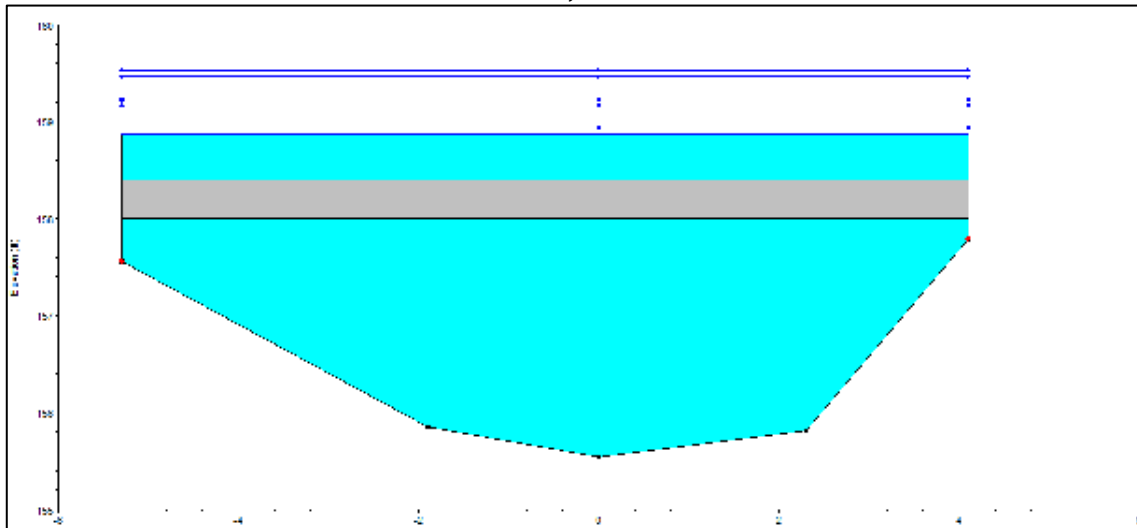
Após esta representação geral dos níveis de água em cada um dos canais, são apresentados nas Figuras a seguir os níveis de água nas seções transversais de escoamento em alguns pontos específicos dos Canais, de acordo com as simulações realizadas descritas anteriormente, quais sejam, escoamento das vazões de projeto atuais e futuras considerando os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos nas calhas dos canais conforme o formato atual das seções de escoamento.

Destaca-se que os pontos em vermelho nas Figuras a seguir representam as alturas das bordas dos canais na seção apresentada. A primeira linha azul apresentada nas figuras representa o nível de água na seção simulada para a vazão atual considerando período de retorno de 25 anos. A segunda representa o nível de água para a vazão futura com período de retorno de 25 anos. A terceira e quarta linhas representam o nível de água para a vazão atual e futura com período de retorno de 50 anos, respectivamente. As quinta e sexta linhas representam o nível de água para a vazão atual e para a vazão futura para o período de retorno de 100 anos, respectivamente.



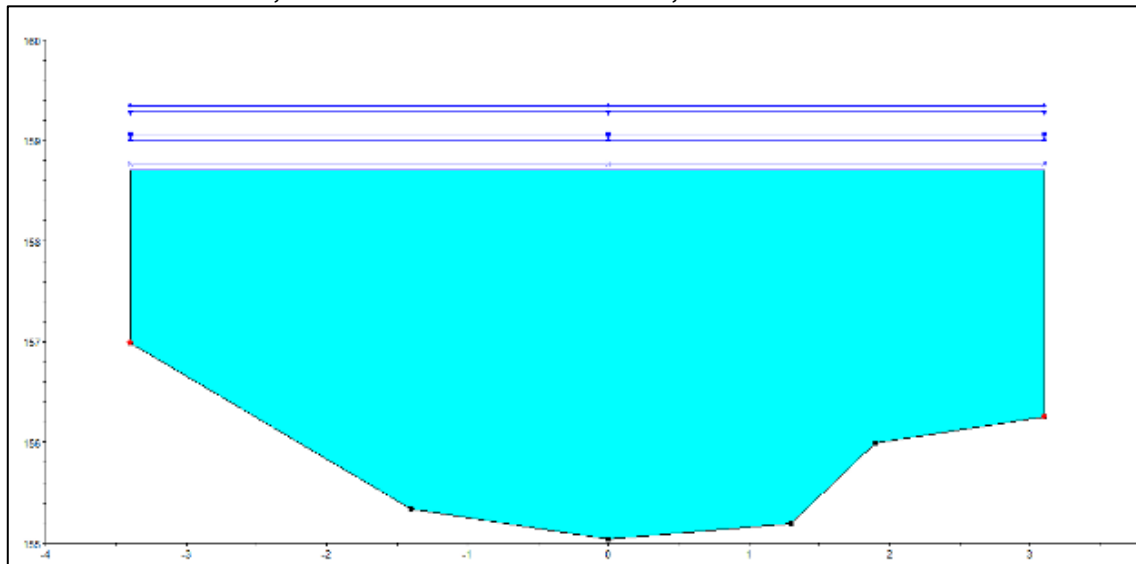


Figura 6 – Detalhe do nível de água no Trecho de Montante do Canal da Baixada na Rua Goiás, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 7 - Detalhe do nível de água no Trecho de Montante do Canal da Baixada no local de junção com o Canal 14, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

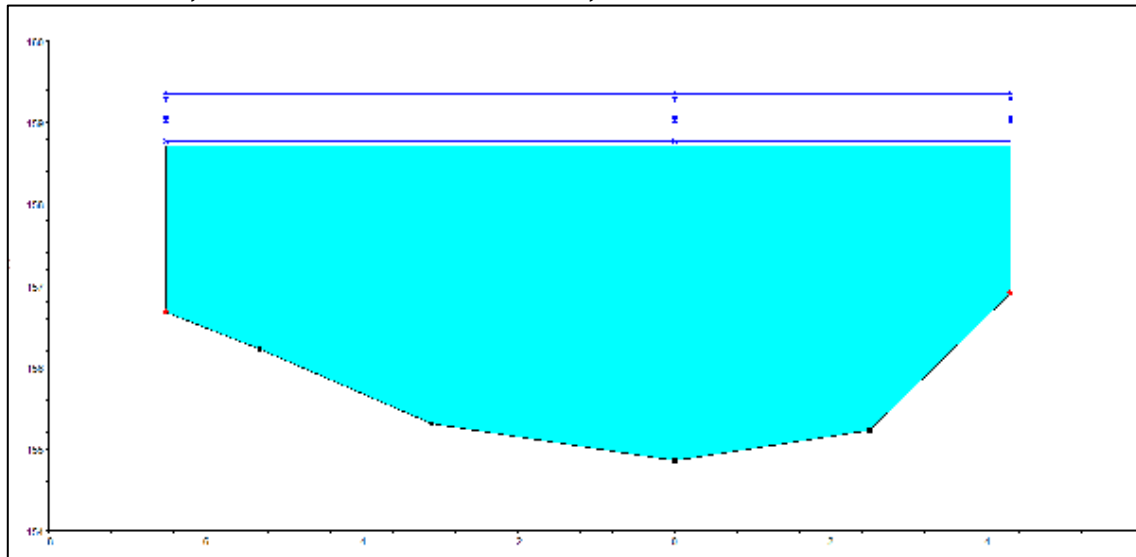


Elaboração: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.



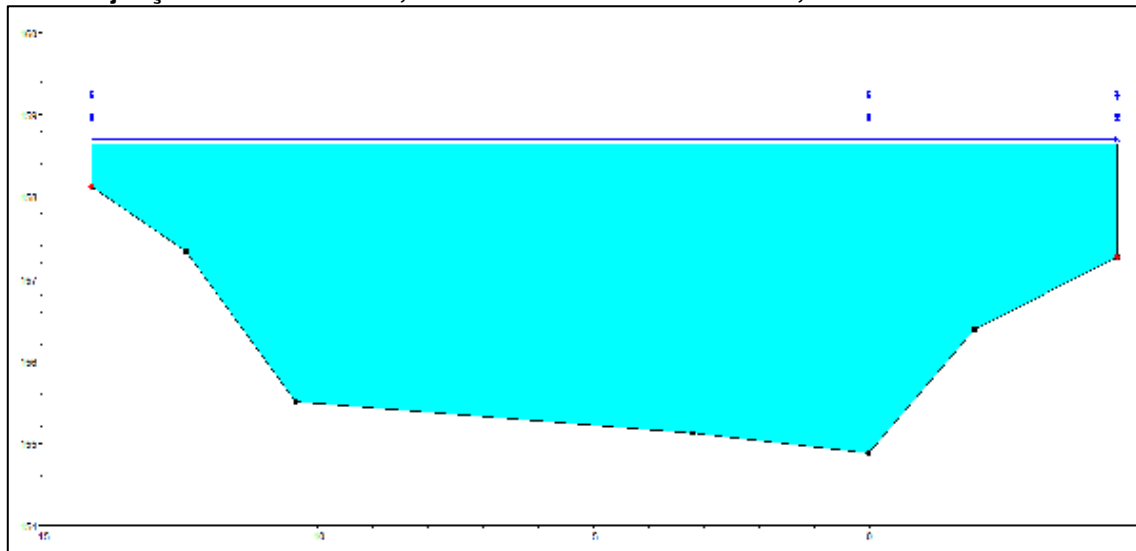


Figura 8 - Detalhe do nível de água no Trecho Médio do Canal da Baixada após a junção com o Canal 14, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 9 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Trecho Médio do Canal da Baixada no ponto de junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

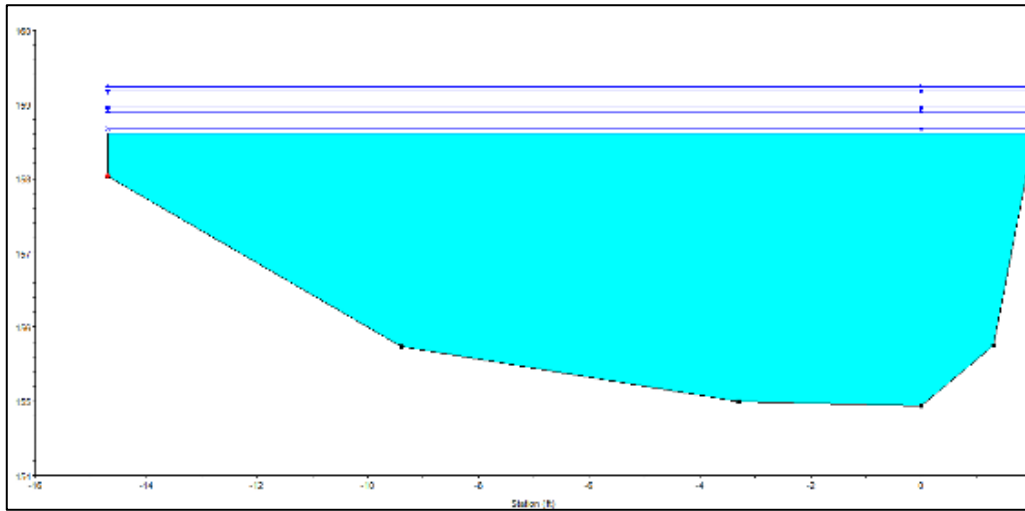


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



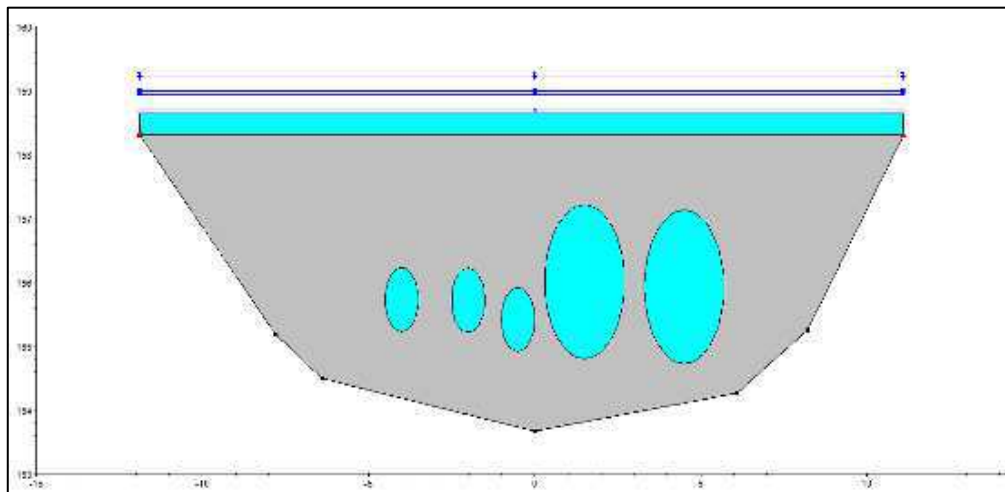


Figura 10 - Detalhe do nível de água no Trecho de Jusante do Canal da Baixada após a junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 11 - Detalhe do nível de água no Trecho de Jusante do Canal da Baixada na Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

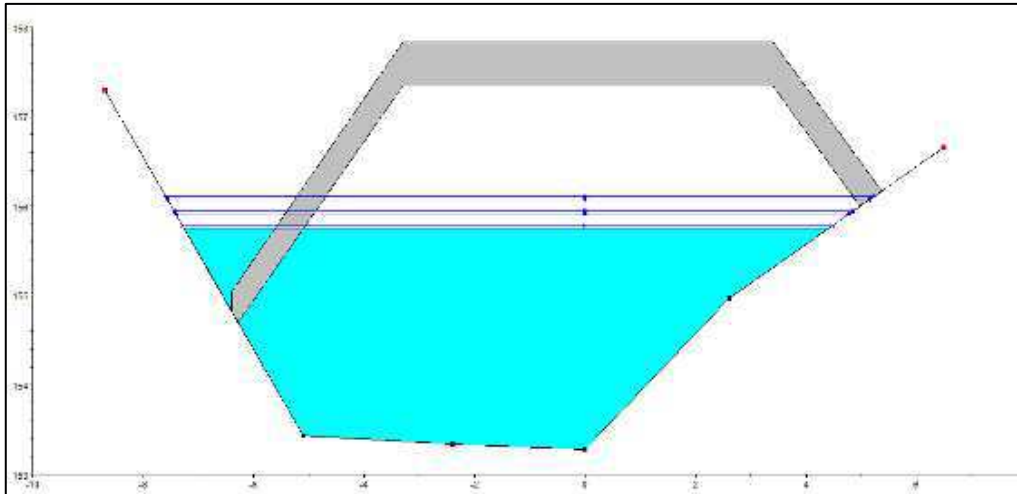


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



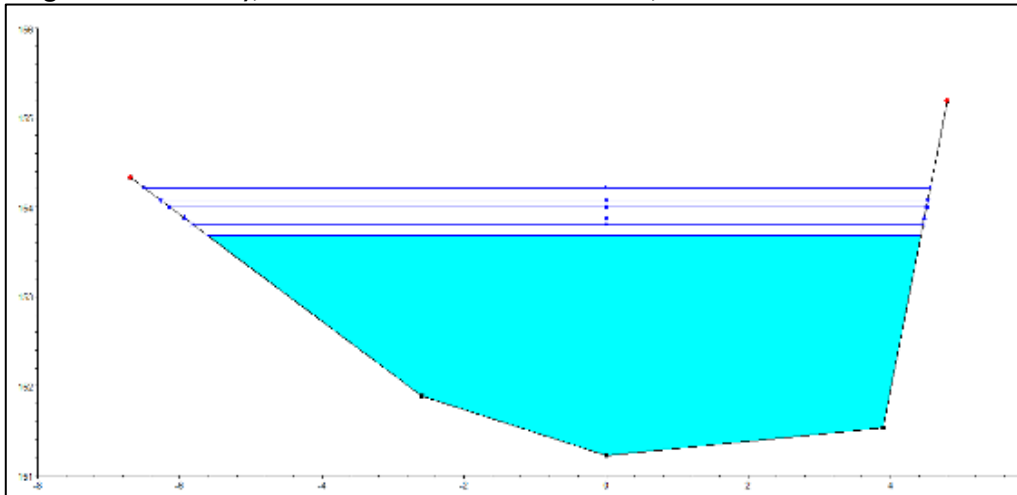


Figura 12 - Detalhe do nível de água no Trecho de Jusante do Canal da Baixada no ponto de cruzamento com adutora de água tratada próximo a Rua Beira-Rio, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 13 - Detalhe do nível de água no Trecho de Jusante do Canal da Baixada na Foz (ponto de desague no Rio Jaru), considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

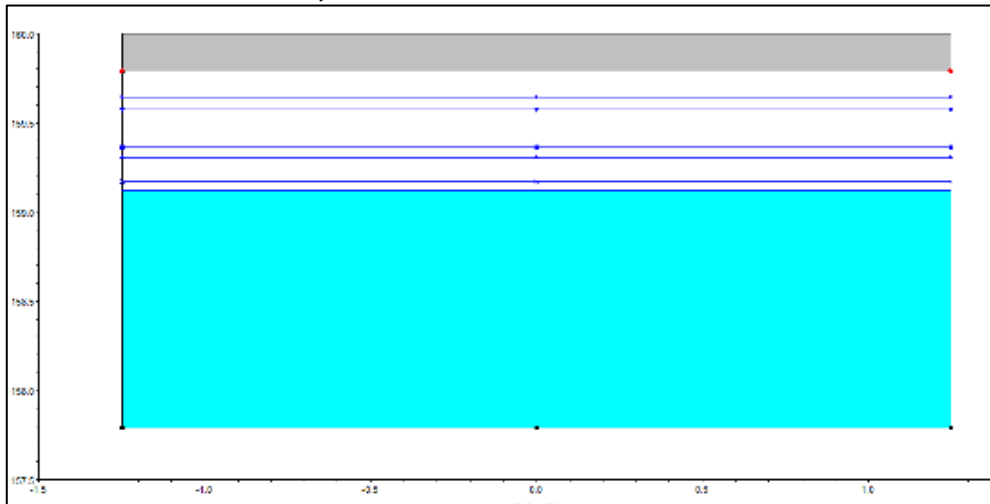


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



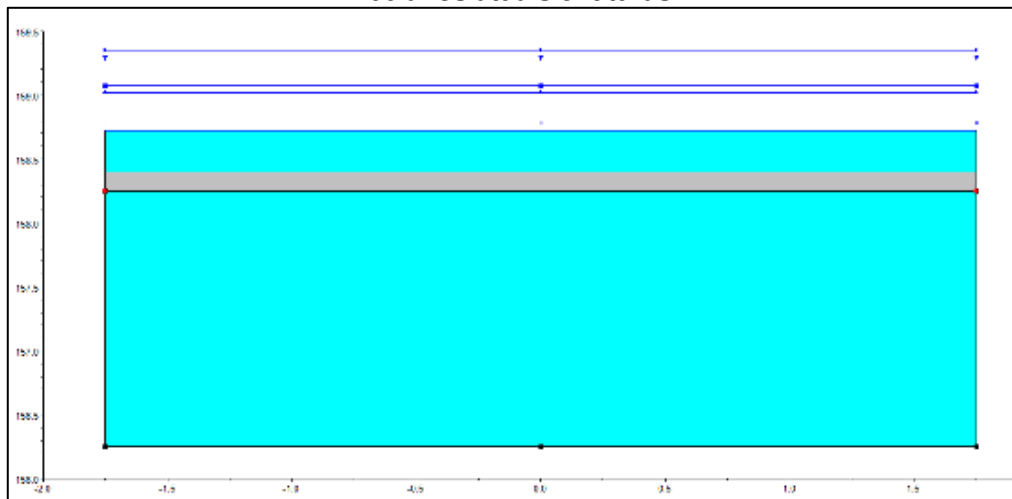


Figura 14 - Detalhe do nível de água no Canal 01, na Rua Rio de Janeiro, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 15 - Detalhe do nível de água no Canal 01, na Rua Goiás, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

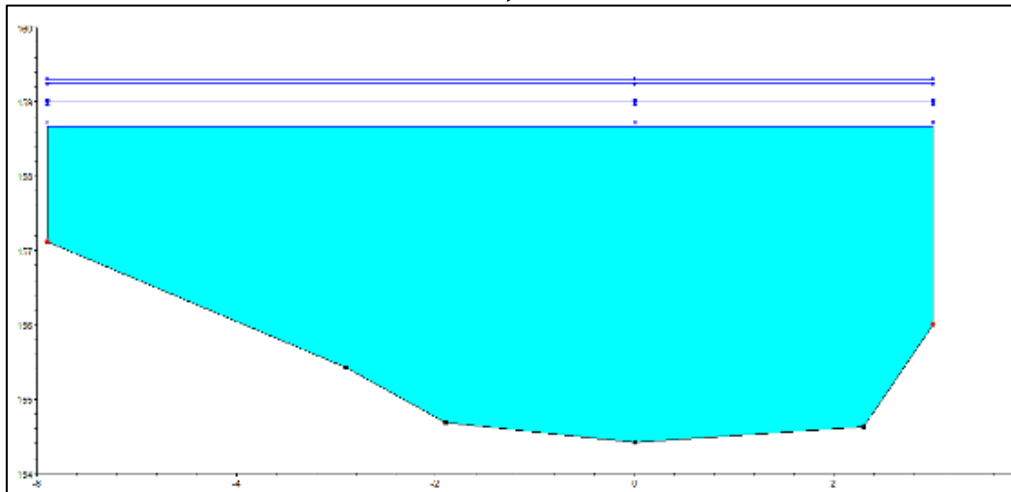


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



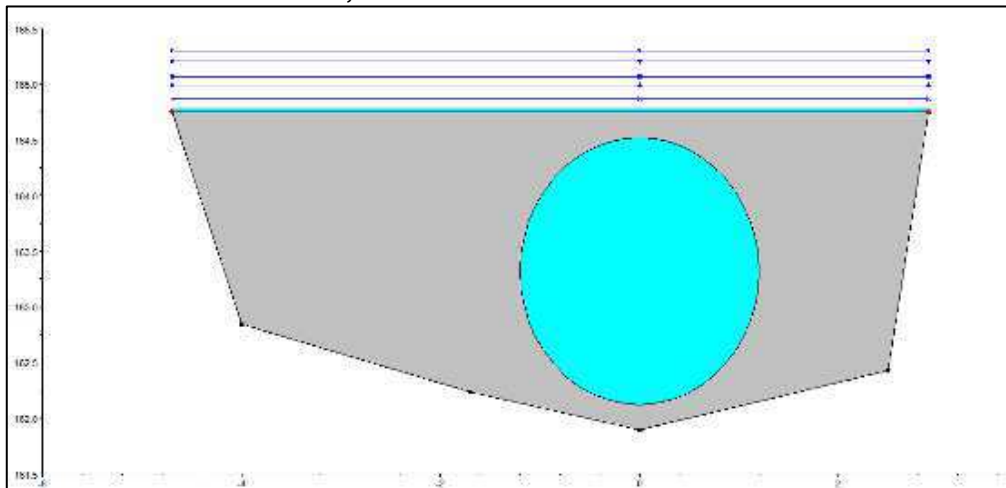


Figura 16 - Detalhe do nível de água no Canal 01, no ponto de junção com o Canal da Baixada, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 17 - Detalhe do nível de água no Canal 14, na Rua Euclides da Cunha, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

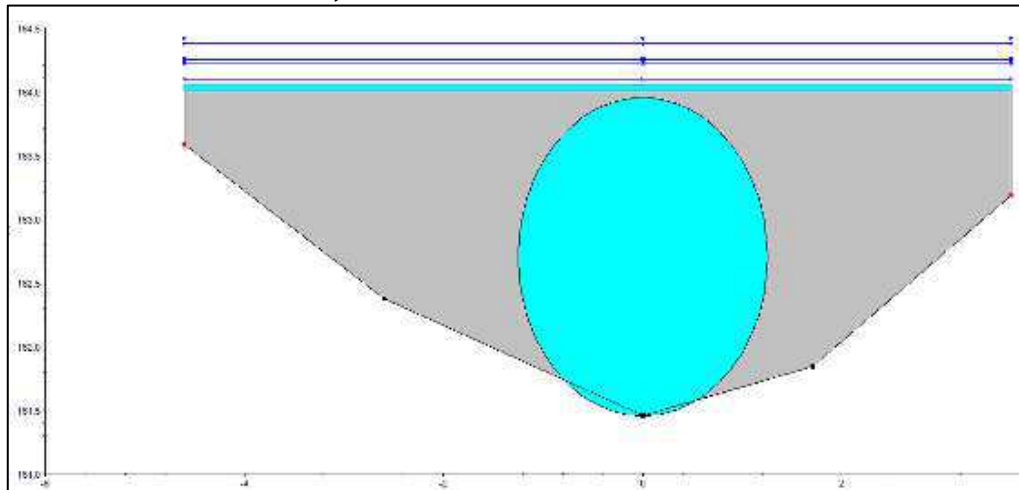


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



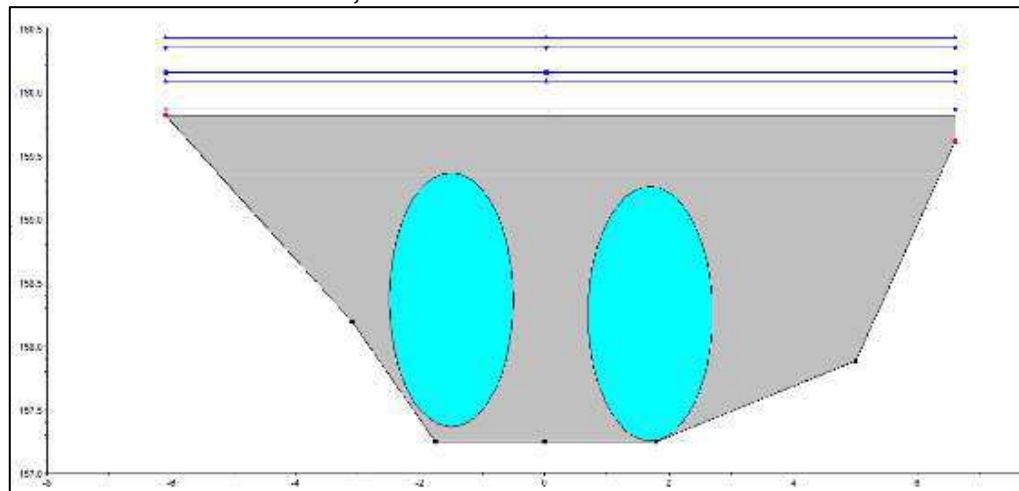


Figura 18 - Detalhe do nível de água no Canal 14, na Rua Jorge Teixeira, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 19 - Detalhe do nível de água no Canal 14, na Rua Almirante Barroso, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

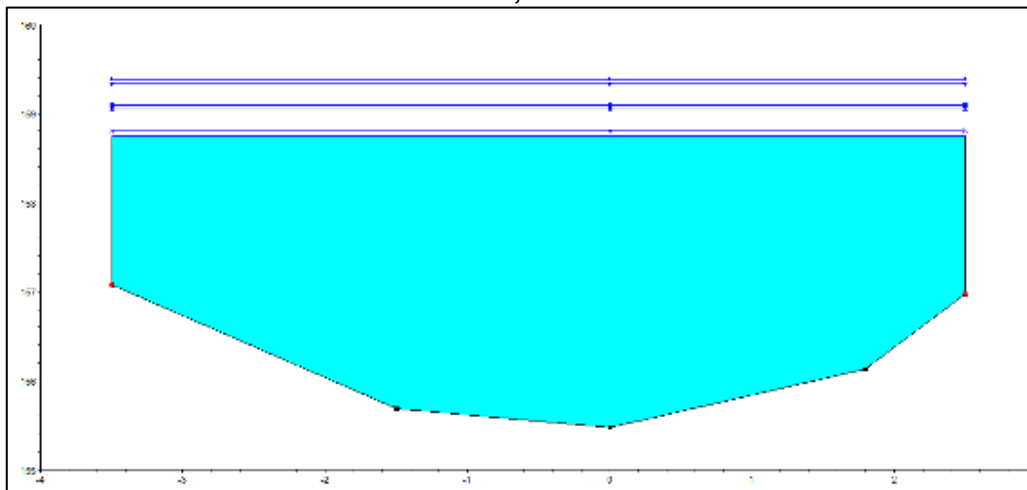


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.





Figura 20 - Detalhe do nível de água no Canal 14 no ponto de junção com o Canal da Baixada, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Conclui-se após a análise das Figuras apresentadas, conforme modelagens das simulações, que nenhuma seção dos Canais possui capacidade para escoar as vazões de projeto atuais e futuras para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos. Com exceção do trecho em que o Canal 01 já está canalizado em galeria de seção retangular entre as Ruas Rio de Janeiro e Goiás.

Com base nestes dados das simulações e nas informações relatadas no diagnóstico dos canais, pode-se inferir que os principais aspectos que influenciam para a ocorrência das inundações na Bacia do Canal da Baixada são:

- Subdimensionamento dos canais de macrodrenagem, principalmente nas seções de tubulações e galerias de passagem sob as ruas;
- Assoreamento dos canais que contribuem para a redução das seções de escoamento das vazões;
- Calhas dos canais com densa vegetação em diversos trechos;
- Calhas dos canais com presença de lixo e entulhos em diversos trechos;
- Declividade oscilante ao longo dos canais, e com trechos com declividade negativa;
- Ruas não pavimentadas, principalmente nos trechos mais a montante do Canal 14, que contribuem para o processo de assoreamento dos canais;
- Ausência de mata ciliar em praticamente toda a extensão dos canais;
- Bocas-de-lobo subdimensionadas, e com área útil reduzida devido ao depósito superficial de resíduos e sedimentos;





- áreas ribeirinhas ocupadas em trechos dos canais;

Em virtude dos itens apontados nestas análises e simulações realizadas, percebe-se que são necessárias a introdução de medidas que permitam o escoamento mais adequado possível para estes caudais dos Canais da Baixada, Canal 14 e Canal 01.

Estas medidas são descritas no item a seguir, considerando o Cenário Hidrológico 4.

1.1.1.2. Simulações Considerando Hipóteses para a Situação Futura das Seções de Escoamento dos Canais – Cenário Hidrológico 4

Foram realizadas diferentes simulações considerando mudanças nas configurações dos canais, a fim de que estes apresentem capacidade de escoar as vazões de projeto dos cenários atual e futuro, considerando os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

Para o escoamento das vazões de projeto no Trecho de Montante do Canal da Baixada verificou-se necessário a implantação de galeria de concreto com dimensões de 4,0 metros de largura por 2,5 metros de altura, dando continuidade ao trecho já canalizado entre a Rua Padre Chiquinho e a Rua Rio de Janeiro, na região do denominado Parque da Baixada.

Para o escoamento das vazões de projeto no Trecho Médio do Canal da Baixada verificou-se necessário a manutenção de declividade e largura constante do canal natural, sendo que as dimensões previstas foram uma seção de escoamento trapezoidal com largura superior de 12,00 metros, largura inferior de 7,60 metros e altura de 2,20 metros.

Para o escoamento das vazões de projeto no Trecho de Jusante do Canal da Baixada verificou-se necessário a manutenção de declividade e largura constante do canal natural, sendo que as dimensões previstas foram uma seção de escoamento trapezoidal com largura superior de 17,00 metros, largura inferior de 10,00 metros e altura de 3,50 metros após a Rua Tapajós; e com largura superior de 20,00 metros, largura inferior de 13,00 metros e altura de 3,50 metros até a Rua Tapajós.

Além disso, é necessário a substituição das tubulações sob a Rua Tapajós por uma galeria de seção retangular com dimensões de 5,00 metros de largura e 2,00 metros de altura, visto que as tubulações não possuem capacidade de escoamento de toda a vazão





acarretando em elevação do nível de água nas partes de jusante do Canal 01, do Canal 14 e do Trecho de Montante do Canal da Baixada, bem como no Trecho Médio do Canal da Baixada como um todo. Portanto contribuindo para os alagamentos na região entre as Ruas Goiás, Tapajós, Rio Grande do Sul e Ceará.

Para o Canal 14 foi previsto a manutenção de declividade e largura constante do canal natural, sendo que as dimensões previstas foram uma seção de escoamento trapezoidal com largura superior de 7,00 metros, largura inferior de 3,00 metros e altura de 2,00 metros entre a Rua Euclides da Cunha e Almirante Barroso; e com largura superior de 8,00 metros, largura inferior de 4,00 metros e altura de 2,00 metros entre a Rua Almirante Barroso e o ponto de junção com o Canal da Baixada (PJ2).

Também foi previsto a substituição das tubulações sob as Ruas Euclides da Cunha, Jorge Teixeira e Almirante Barroso por galeria de seção retangular com dimensões de 5,00 metros de largura e 2,00 metros de altura, visto que as tubulações não possuem capacidade de escoamento de toda a vazão acarretando em elevação do nível de água por quase toda a extensão do Canal 14.

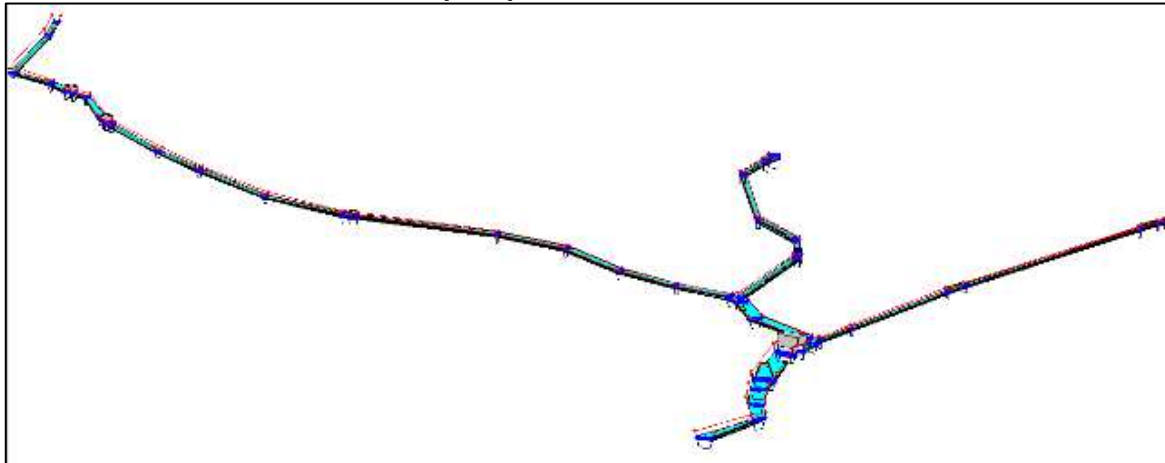
Para o escoamento das vazões de projeto no Canal 01 verificou-se necessário a implantação de galeria de concreto com dimensões de 2,5 metros de largura por 2,0 metros de altura, dando continuidade ao trecho já canalizado deste Canal 01 que vem desde ao cruzar a Rodovia BR-090 (Avenida Juscelino Kubitschek).

Com a definição desta nova configuração dos Canais foram realizadas as simulações no modelo hidráulico. As Figuras a seguir ilustram o nível de água no Canal da Baixada (Trechos de Montante, Médio e de Montante), no Canal 01 e no Canal 14 apontados nas simulações realizadas para o escoamento das vazões de projeto atuais e futuras para os diferentes períodos de retorno, e considerando as configurações atuais das seções de escoamento de cada canal (Cenário Hidrológico 4).



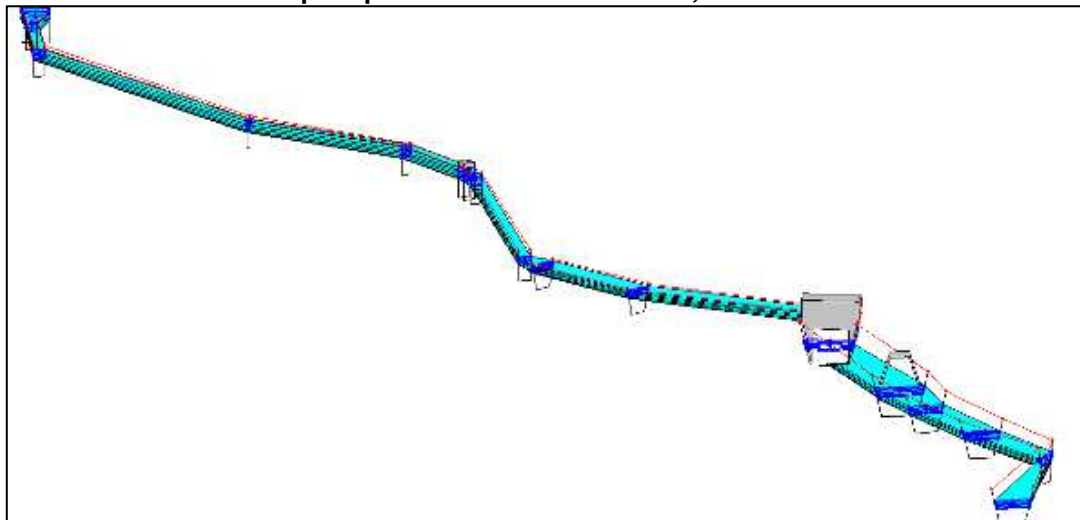


Figura 21 – Visão geral dos Canais da Baixada, 01 e 14 utilizado nas simulações, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 22 – Visão em detalhe dos trechos do Canal da Baixada, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

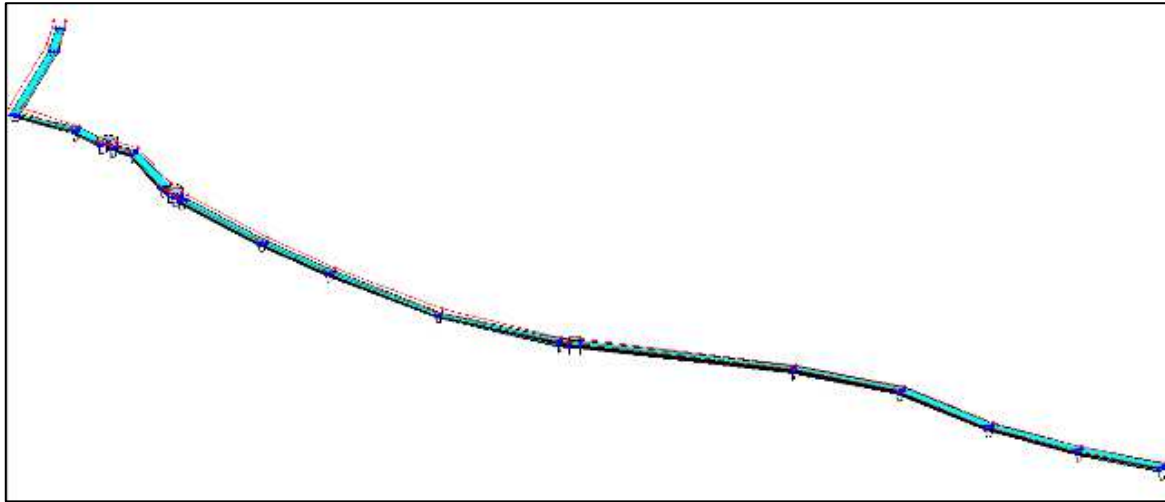


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



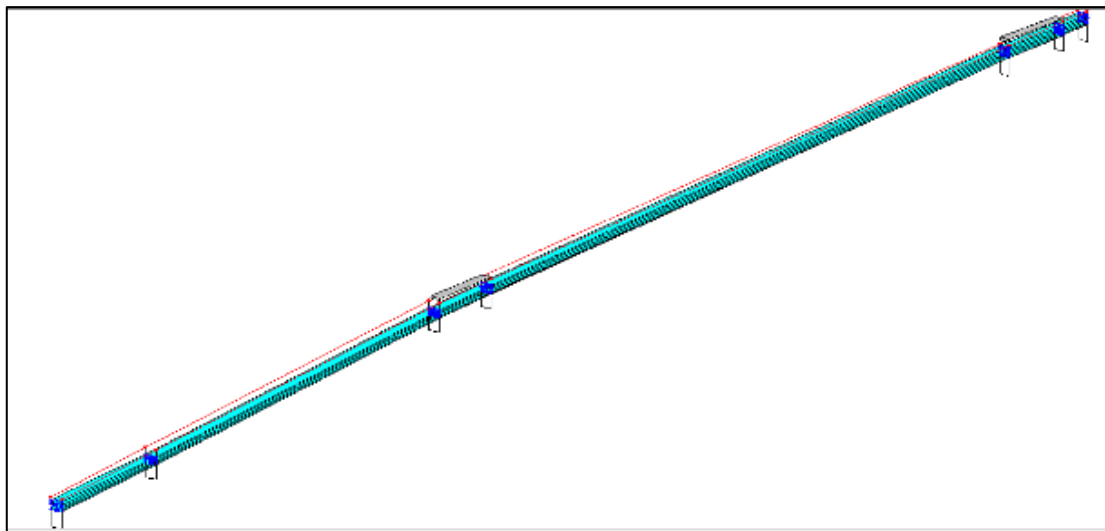


Figura 23 - Visão em detalhe do Canal 14, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 24 - Visão em detalhe do Canal 01 considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

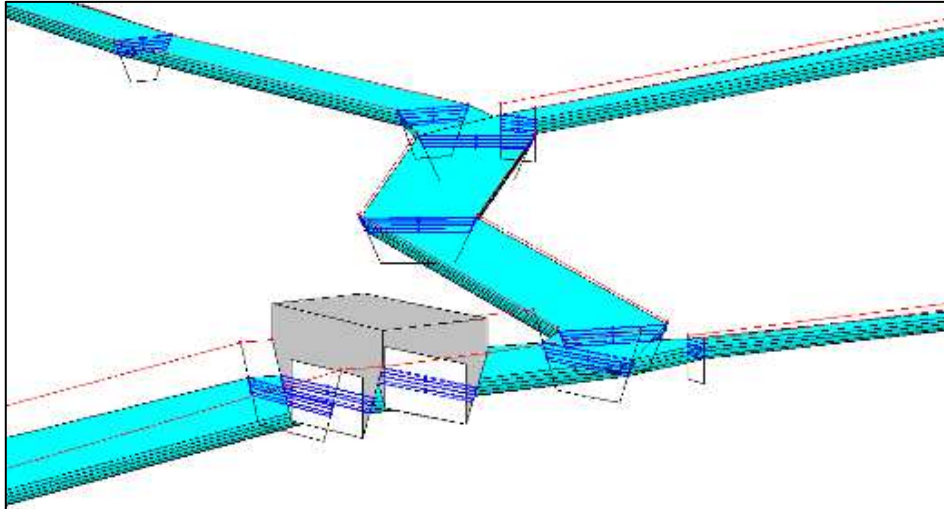


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.





Figura 25 - Visão em detalhe dos pontos de junção entre o Canal da Baixada, Canal 14 e Canal 01, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

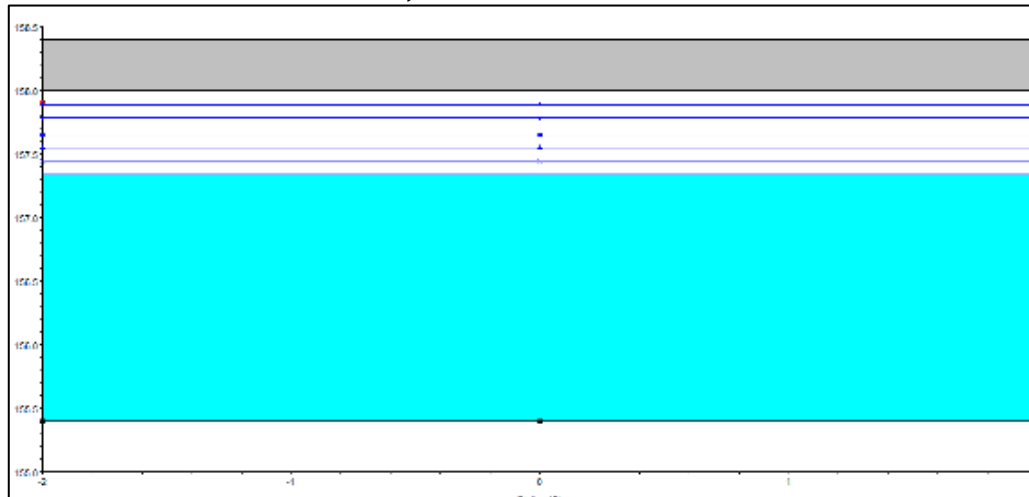
Após esta representação geral dos níveis de água em cada um dos canais, são apresentados nas Figuras a seguir os níveis de água nas seções transversais de escoamento em alguns pontos específicos dos Canais, de acordo com as simulações realizadas descritas anteriormente, quais sejam, escoamento das vazões de projeto atuais e futuras considerando os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos nas calhas dos canais conforme as novas configurações das seções de escoamento.

Destaca-se que os pontos em vermelho nas Figuras a seguir representam as alturas das bordas dos canais na seção apresentada. A primeira linha azul apresentada nas figuras representa o nível de água na seção simulada para a vazão atual considerando período de retorno de 25 anos. A segunda representa o nível de água para a vazão futura com período de retorno de 25 anos. A terceira e quarta linhas representam o nível de água para a vazão atual e futura com período de retorno de 50 anos, respectivamente. As quinta e sexta linhas representam o nível de água para a vazão atual e para a vazão futura para o período de retorno de 100 anos, respectivamente.



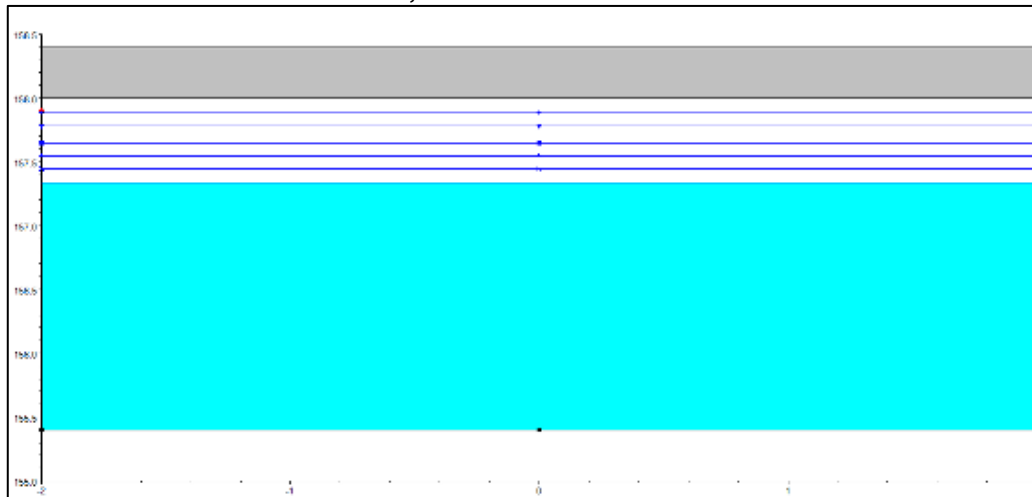


Figura 26 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, na Rua Goiás, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 27 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, na Rua Goiás, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

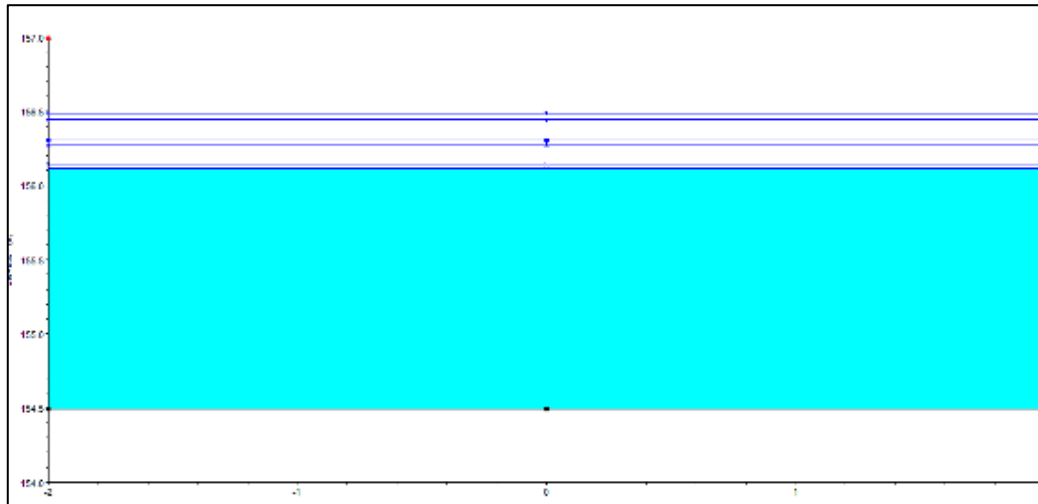


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



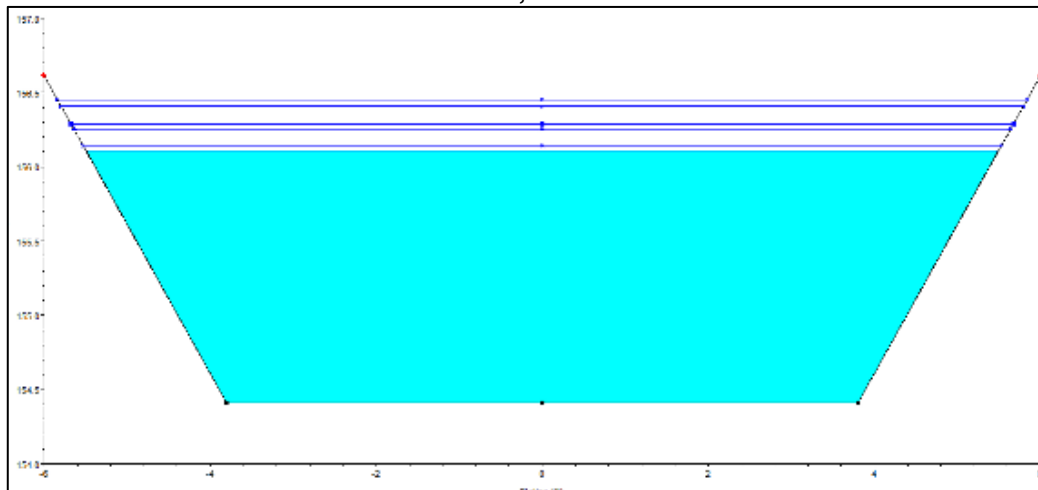


Figura 28 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, no local de junção com o Canal 14, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 29 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, após a junção com o Canal 14, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

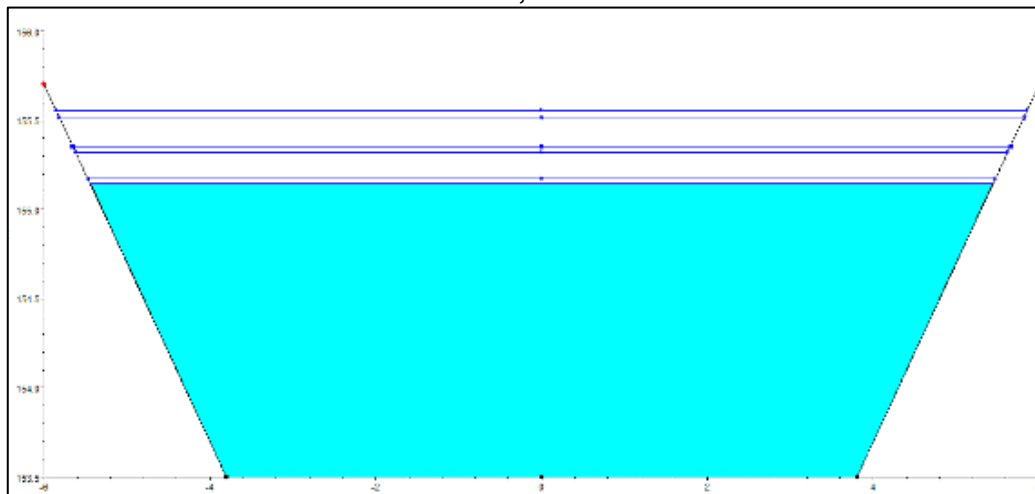


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



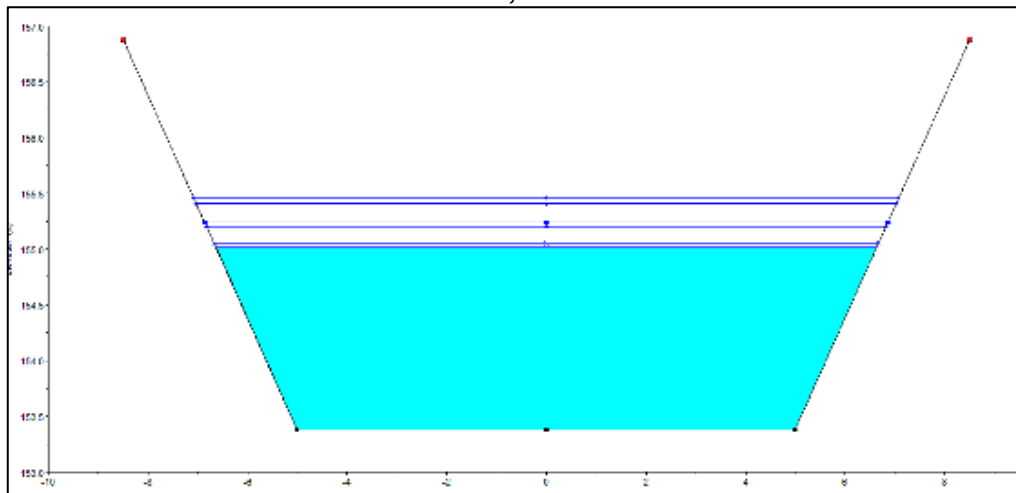


Figura 30 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, não ponto de junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 31 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, após a junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

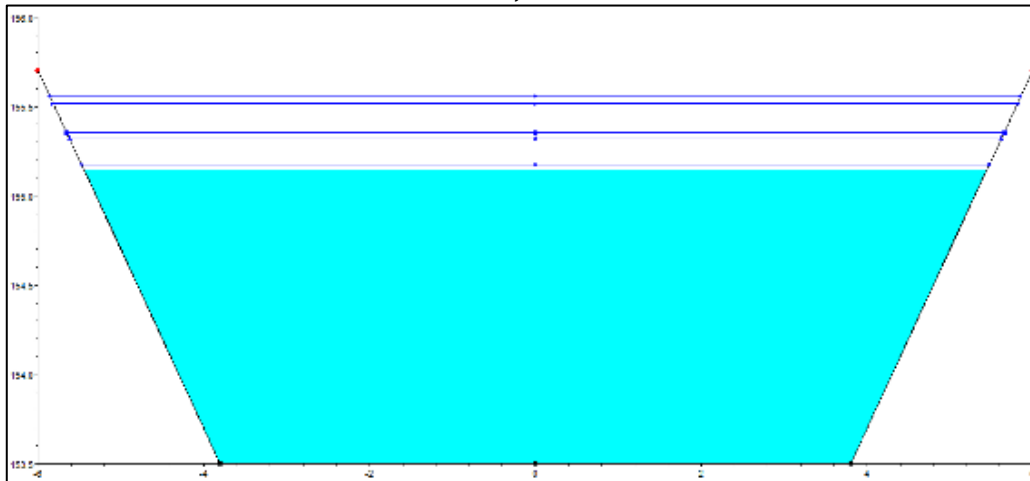


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



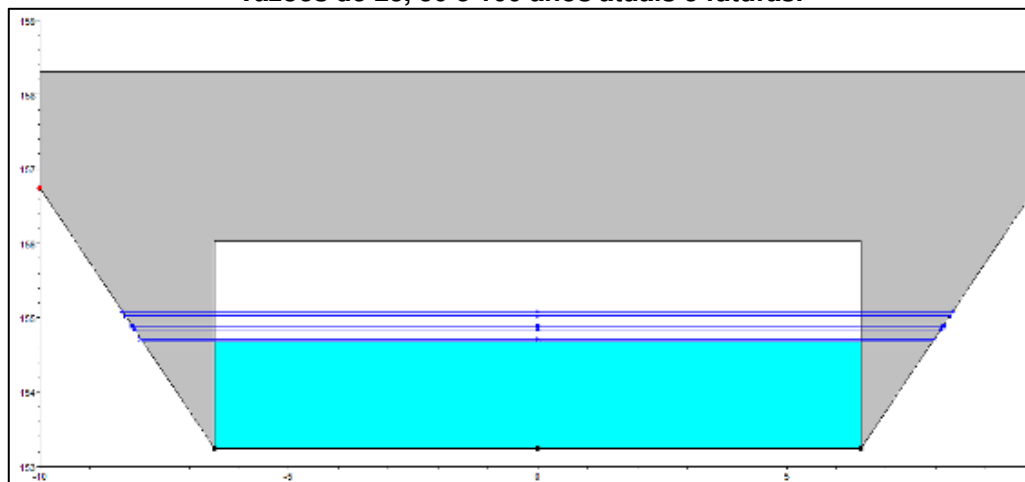


Figura 32 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, não ponto de junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 33 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, na Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

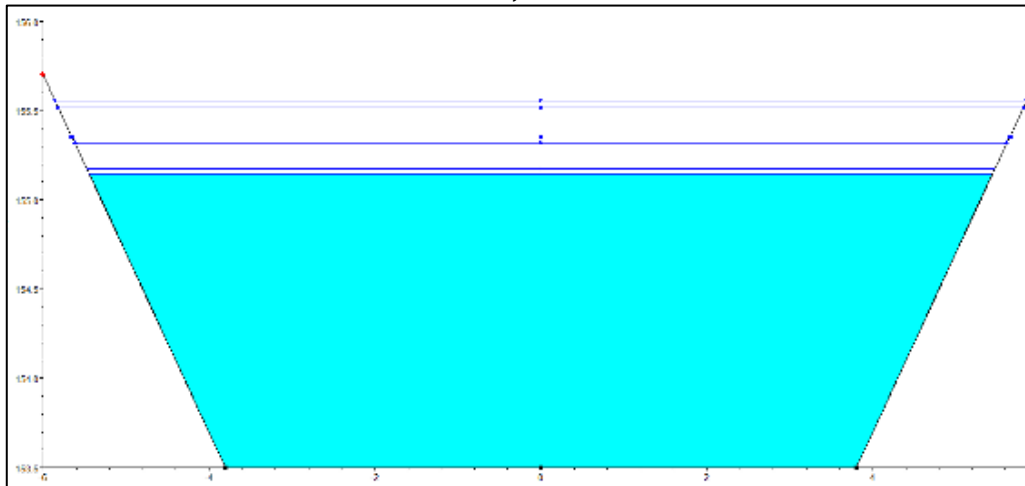


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



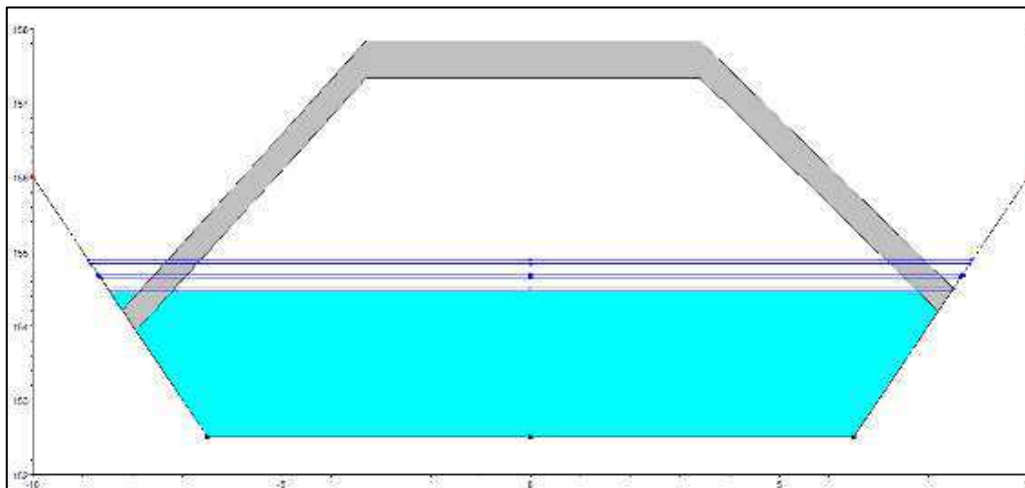


Figura 34 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, não ponto de junção com o Canal 01, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 35 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, no ponto de cruzamento com adutora de água tratada próximo à Rua Beira-Rio, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

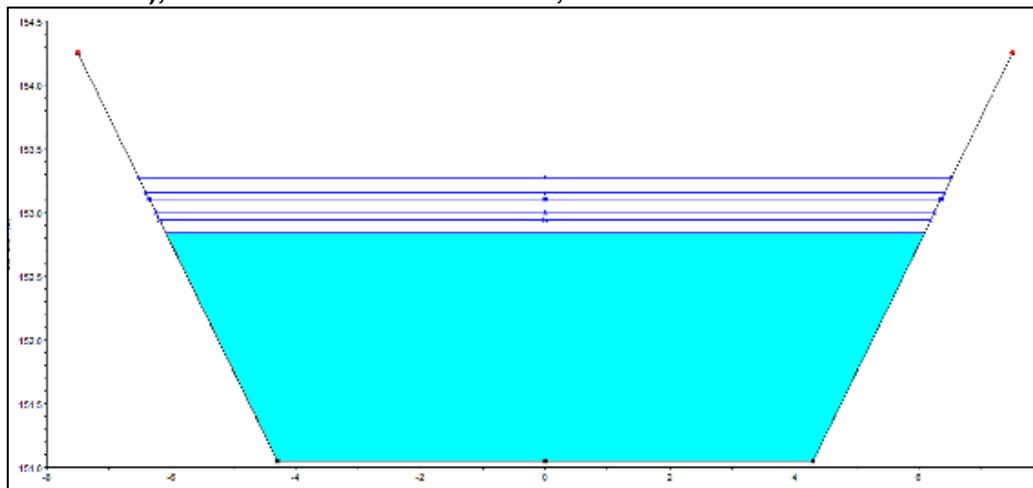


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



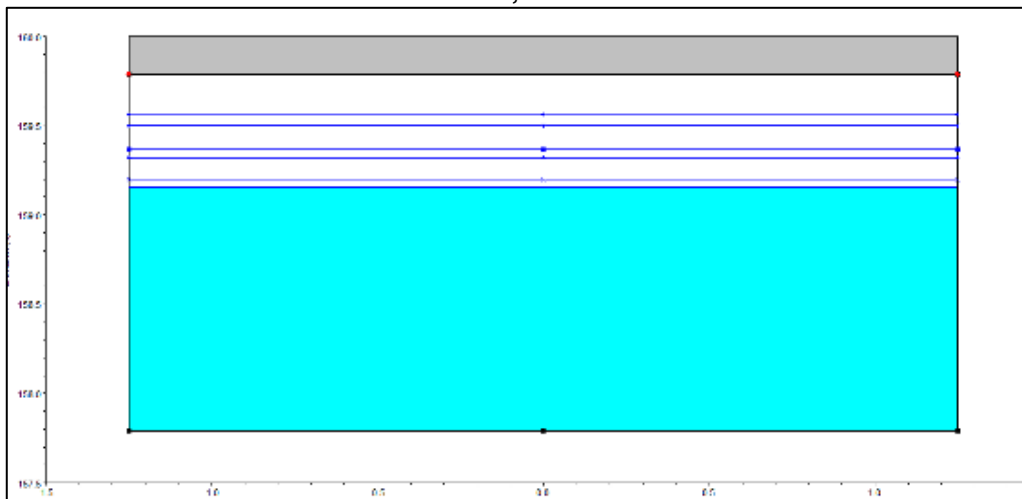


Figura 36 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25, na Foz (ponto de desague no Rio Jaru), considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 37 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 01, na Rua Rio de Janeiro, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

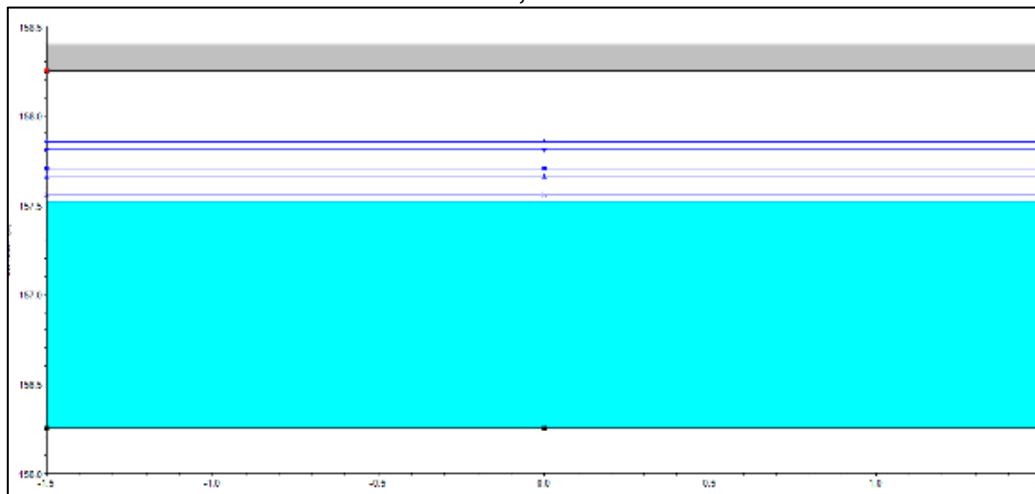


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



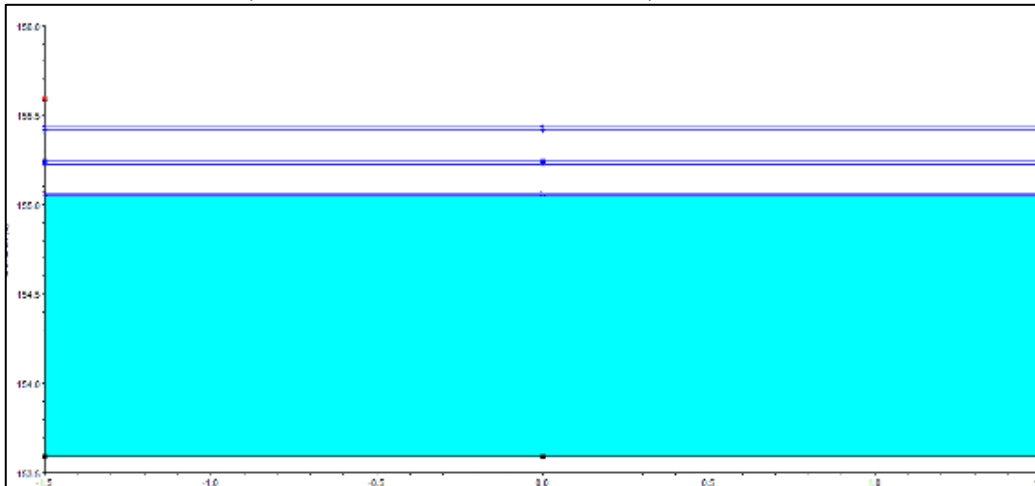


Figura 38 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 01, na Rua Goiás, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 39 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 01, no ponto de junção com o Canal da Baixada, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

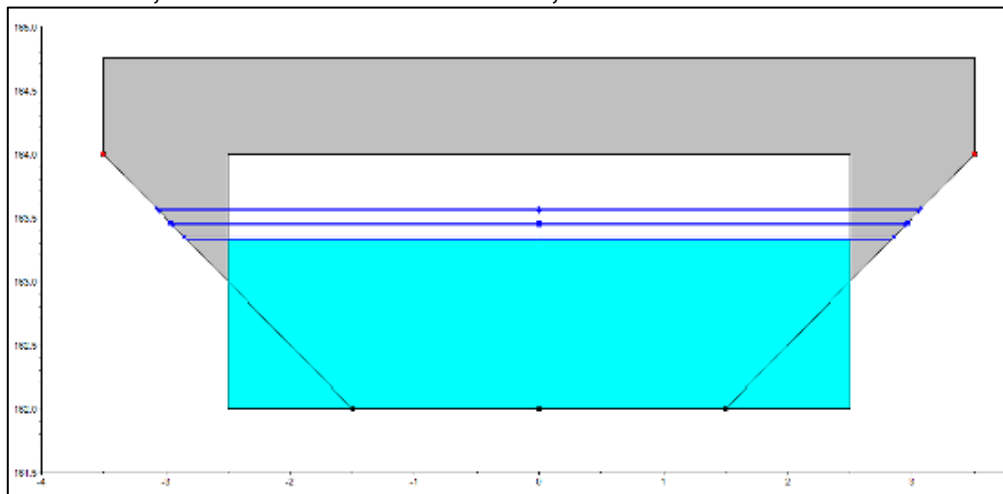


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



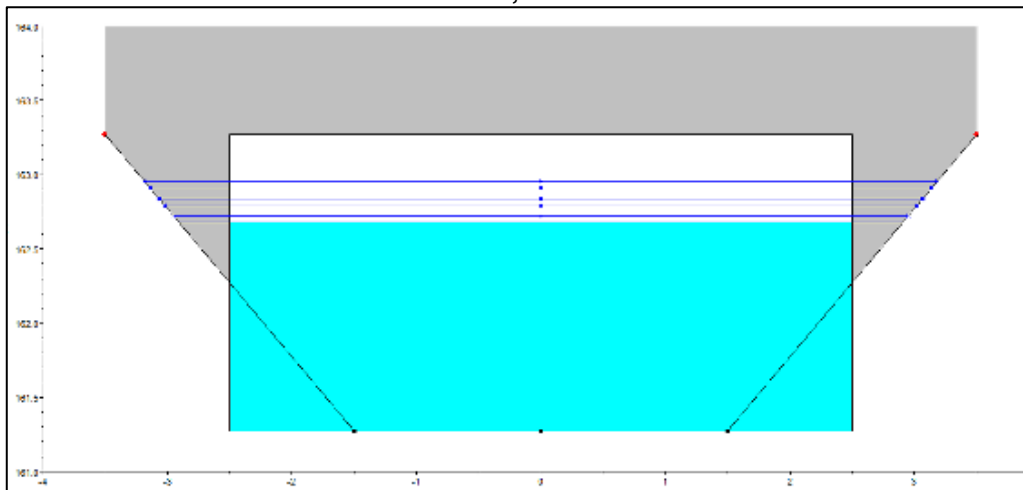


Figura 40 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 14 na Rua Euclides da Cunha, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 41 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 14, na Rua Jorge Teixeira, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

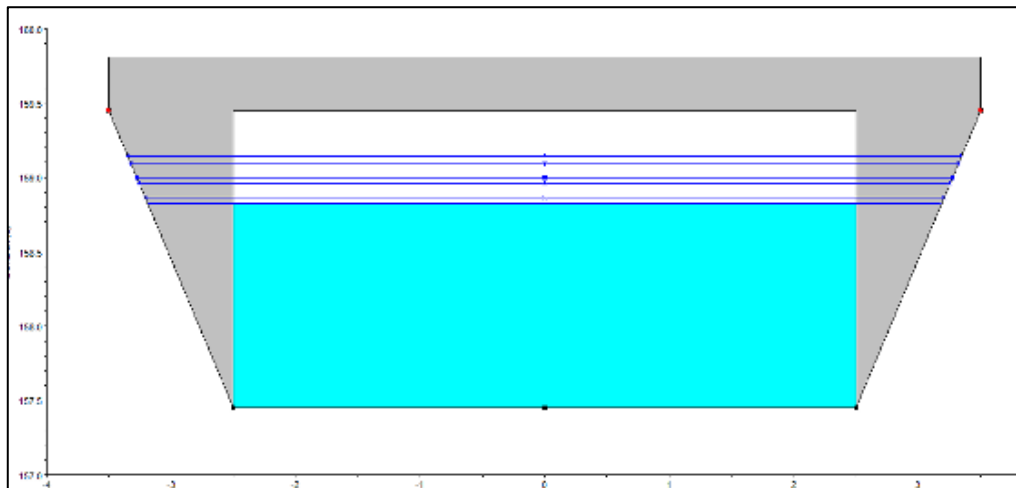


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



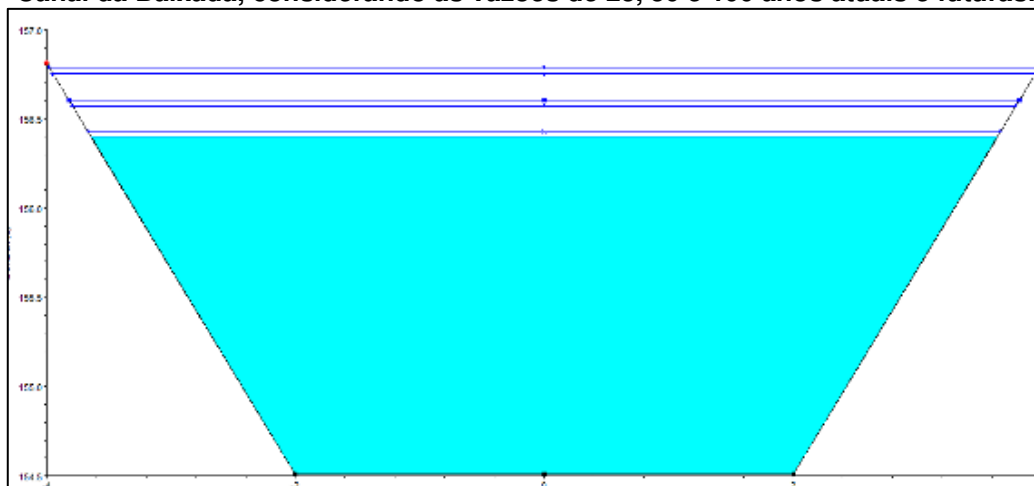


Figura 42 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 14 na Rua Almirante Barroso, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 43 - Detalhe do nível de água na seção de controle P25 do Canal 14 no ponto de junção com o Canal da Baixada, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

1.2. Bacia do Rio Mororó

Para o processo de modelagem hidráulica da Bacia do Rio Mororó, foi modelado um trecho do Rio Mororó no qual a sua seção de montante fica localizada na Rua Padre Chiquinho e seu trecho de jusante é localizado na sua Foz no ponto de desague no Rio Jarú.

Nas saídas de campo realizadas, e com base nos dados de batimetria das seções dos Canais, verificou-se que o trecho modelado do Rio Mororó apresenta configuração de





um canal natural com bastante meandros e curvas, sendo que na maioria de sua extensão trechos com bastante pontos de assoreamento, de modo que este acúmulo de sedimentos torna o fundo do canal sem declividade constante, e bastante irregular, alternando pontos de declividade positiva e declividades negativas, bem como pontos de redução acentuada da seção transversal do Canal, o que dificulta o escoamento das vazões nos momentos de precipitação na área da Bacia Hidrográfica do Rio Mororó. Em boa parte dos trechos também foi verificado que as calhas do Rio Mororó apresentam bastante vegetação e, lixo e entulhos em alguns locais.

Outro aspecto relacionado com os assoreamentos e alagamentos que ocorrem em pontos ao longo do Rio Mororó é a insuficiência e deficiência do sistema de microdrenagem em algumas áreas da Bacia Hidrográfica e maior concentração de ruas não-pavimentadas próximo as margens do Rio Mororó o que contribui para o carreamento de areias e sedimentos para dentro da calha de escoamento do Rio.

Ao longo do seu percurso o trecho do Rio Mororó modelado neste estudo irá cruzar sob uma ponte de madeira na travessia da Rua Padre Chiquinho, em seguida sob uma galeria de concreto na travessia da Rua Florianópolis e por fim, irá cruzar sob uma ponte de concreto na travessia da Rua Tapajós, para em seguida seguir seu curso até a Foz e desaguar no Rio Jaru.

O trecho de jusante do Rio Mororó entre a Rua Tapajós e Foz apresenta maior incidência de meandros e curvas em relação aos trechos entre as Ruas Padre Chiquinho e Tapajós, e escoam sobre uma área com densa vegetação.

1.2.1. Apresentação das Simulações Realizadas

1.2.1.1. Simulações para a Situação Atual do Rio Mororó – Cenários Hidrológicos 2 e 3.

As simulações dos cenários hidrológicos para a Bacia do Rio Mororó também foram realizadas utilizando-se os dados de vazões de projeto atuais e futuras para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos, considerando-se os Cenários Hidrológicos 2 e 3. O escoamento destes caudais foram simulados no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1® considerando-se as cotas de fundo e de bordo das calhas das seções

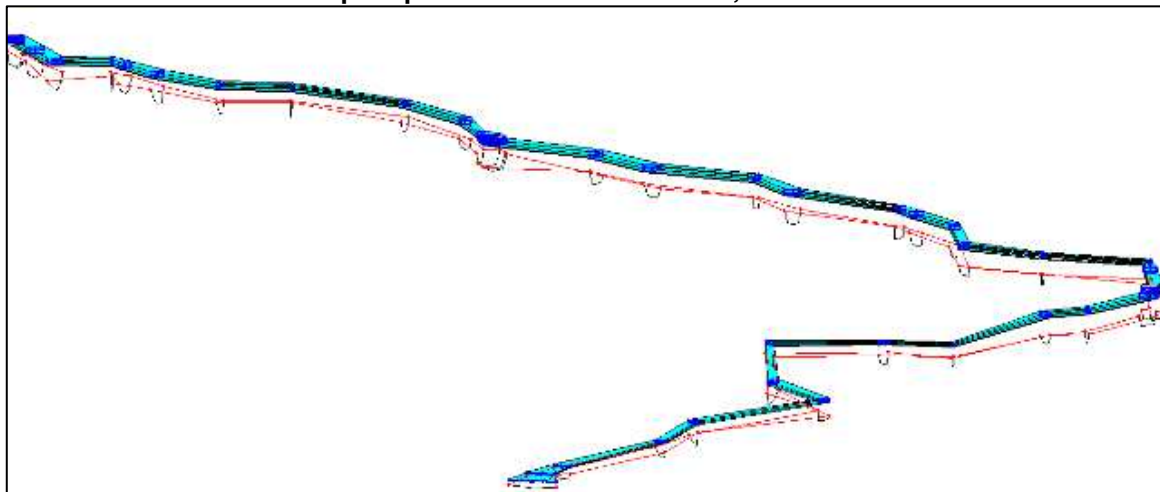




transversais atuais do Rio Mororó, bem como suas declividades e materiais de revestimento nos seus diferentes trechos de escoamento. Estes dados necessários para a modelagem dos canais foram obtidos por meio da batimetria das seções de escoamento em diversos pontos de interesse ao longo dos seus cursos, bem como por meio de inspeções de campo.

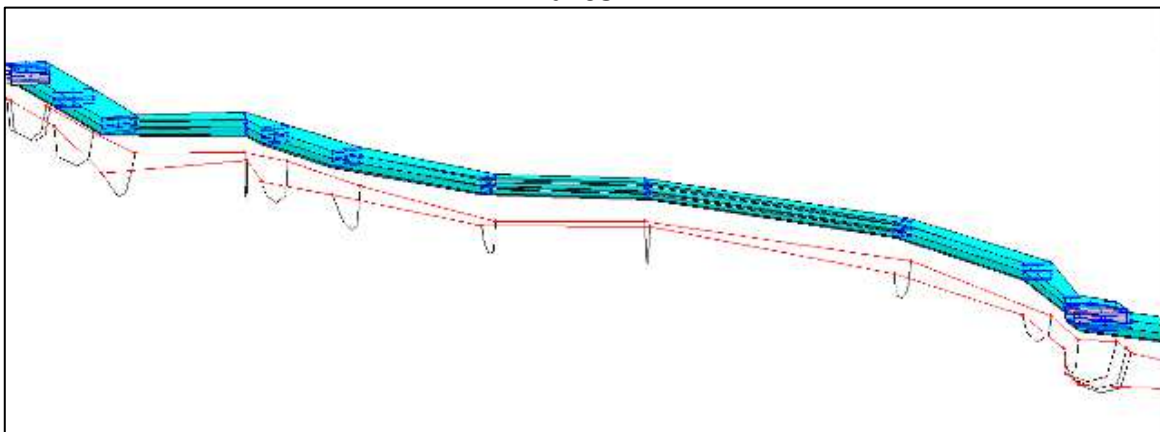
As Figuras a seguir ilustram o nível de água no Rio Mororó apontados nas simulações realizadas para o escoamento das vazões de projeto atuais e futuras para os diferentes períodos de retorno, e considerando as configurações atuais das seções de escoamento do canal.

Figura 44 – Visão geral do Rio Mororó utilizado nas simulações, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 45 – Visão em detalhe do trecho de montante do Rio Mororó entre a Rua Padre Chiquinho e a Rua Florianópolis, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

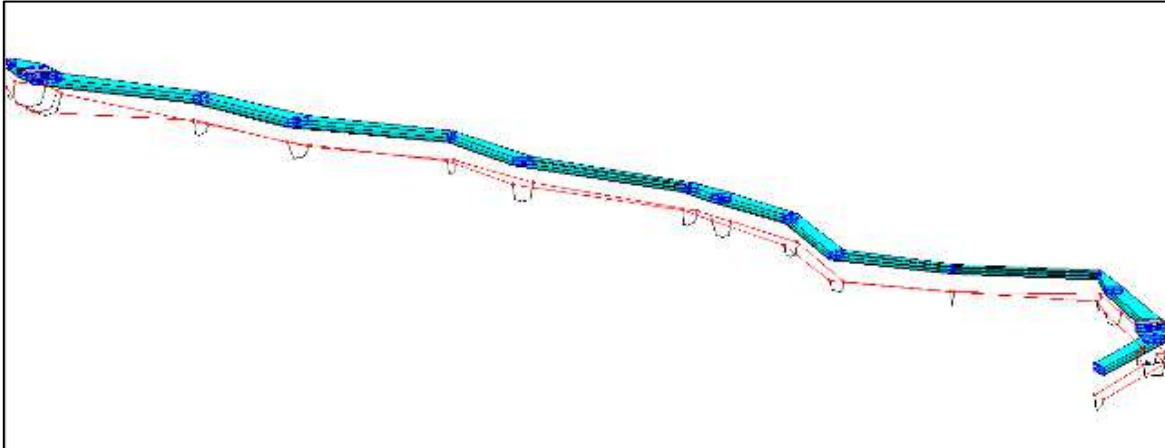


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



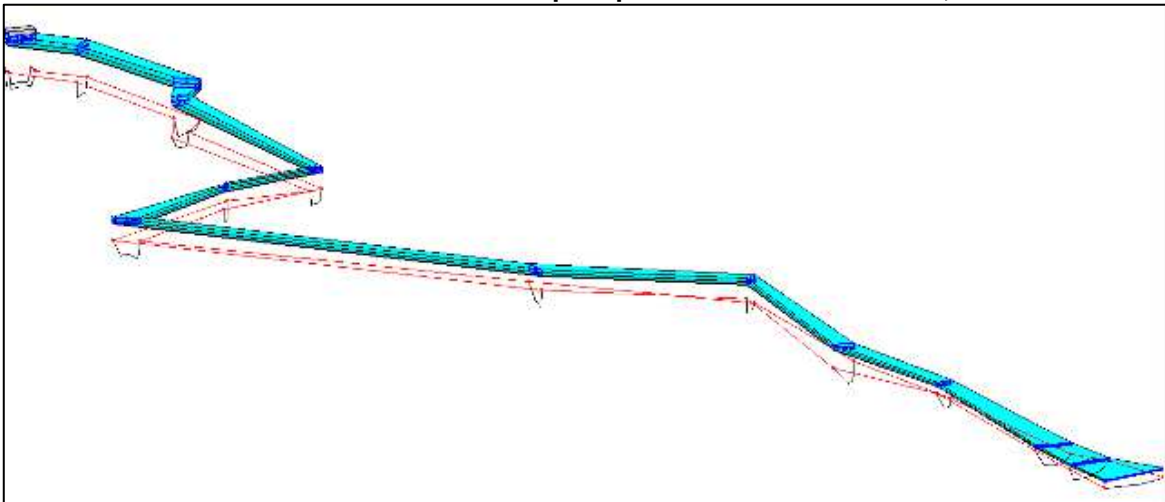


Figura 46 - Visão em detalhe do trecho médio do Rio Mororó entre a Rua Florianópolis e a Rua Tapajós, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 47 - Visão em detalhe do trecho de jusante do Rio Mororó entre a Rua Tapajós e a Foz, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Após esta representação geral dos níveis de água por todo o Rio Mororó, são apresentados nas Figuras a seguir os níveis de água nas seções transversais de escoamento em alguns pontos específicos do Canal, de acordo com as simulações realizadas descritas anteriormente, quais sejam, escoamento das vazões de projeto atuais e futuras considerando os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos nas calhas do Canal conforme o formato atual das seções de escoamento.

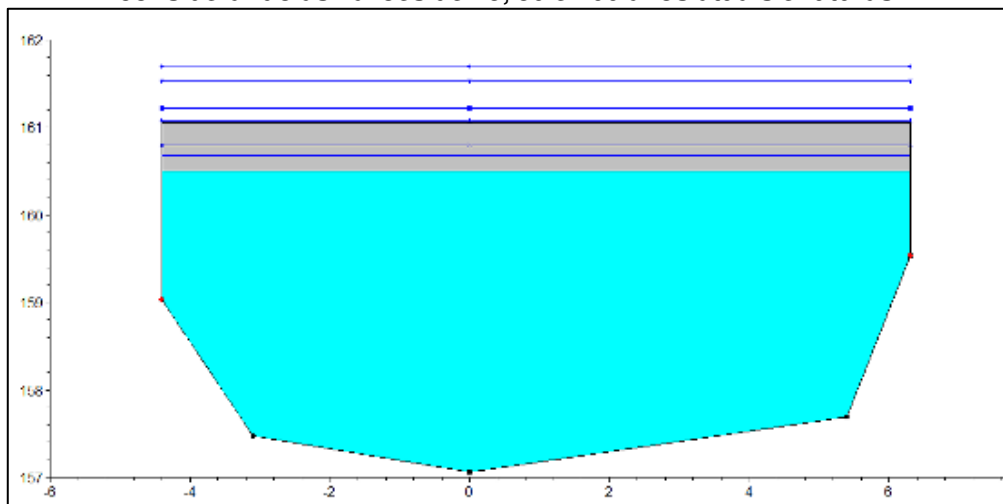
Destaca-se que os pontos em vermelho nas Figuras a seguir representam as alturas das bordas dos canais na seção apresentada. A primeira linha azul apresentada nas figuras representa o nível de água na seção simulada para a vazão atual considerando período de





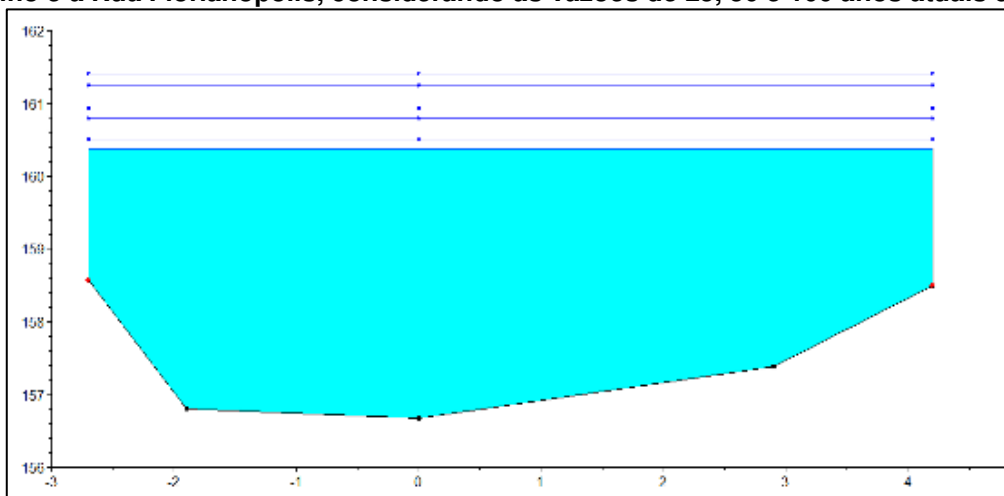
retorno de 25 anos. A segunda representa o nível de água para a vazão futura com período de retorno de 25 anos. A terceira e quarta linhas representam o nível de água para a vazão atual e futura com período de retorno de 50 anos, respectivamente. As quinta e sexta linhas representam o nível de água para a vazão atual e para a vazão futura para o período de retorno de 100 anos, respectivamente.

Figura 48 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó na Rua Padre Chiquinho, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 49 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó entre a Rua Padre Chiquinho e a Rua Florianópolis, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

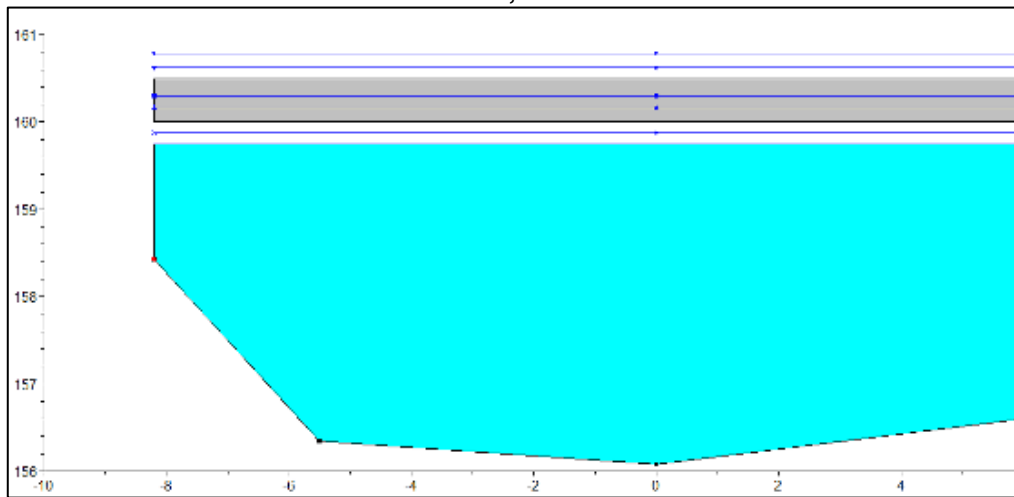


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



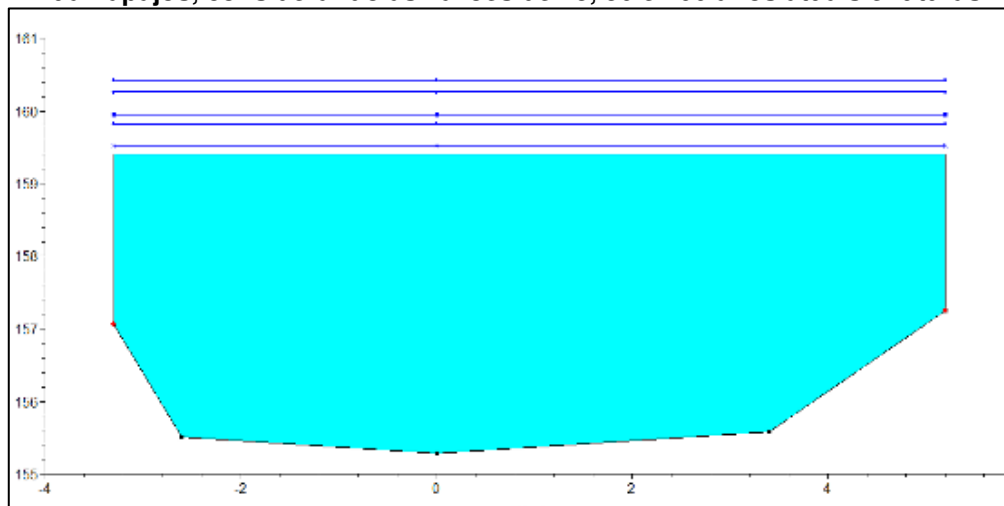


Figura 50 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó na Rua Florianópolis, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 51 - Detalhe do nível de água no trecho médio do Rio Mororó entre a Rua Florianópolis e a Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

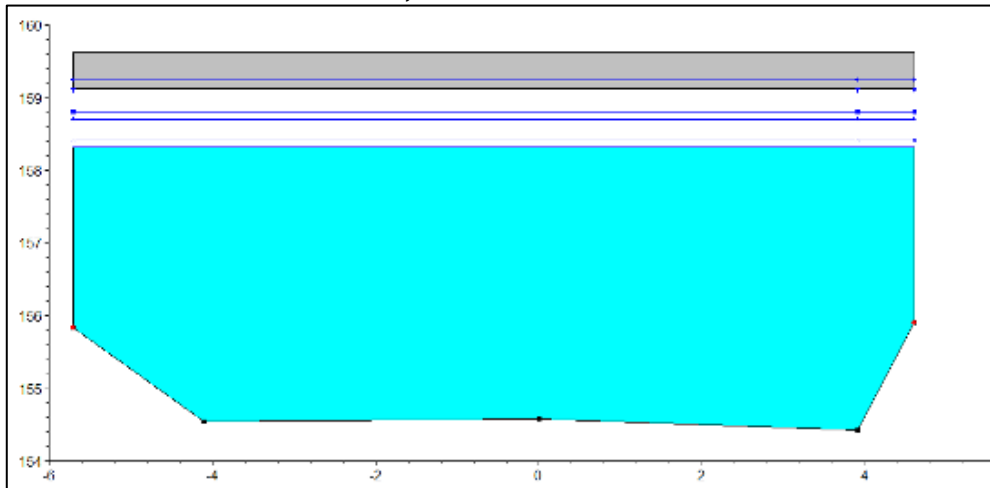


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



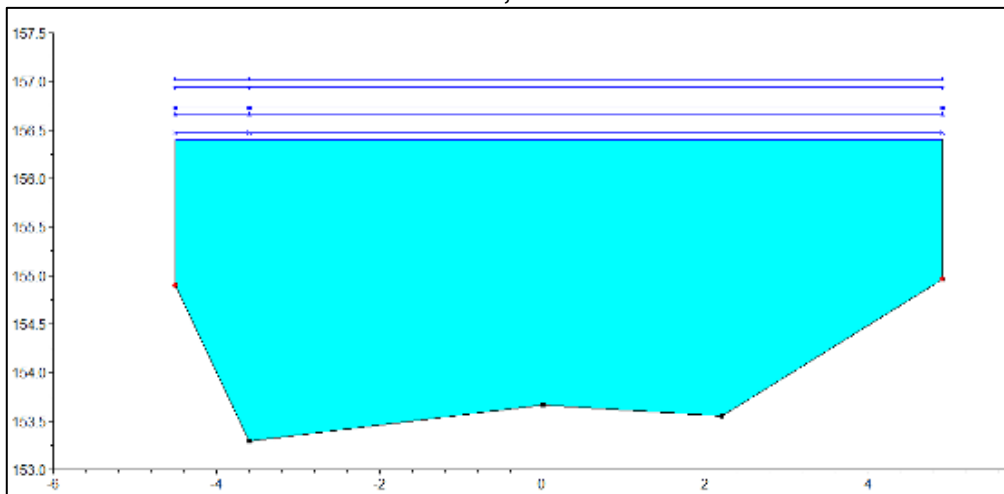


Figura 52 - Detalhe do nível de água no trecho médio do Rio Mororó na Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 53 - Detalhe do nível de água no trecho de jusante do Rio Mororó entre a Rua Tapajós e a Foz considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

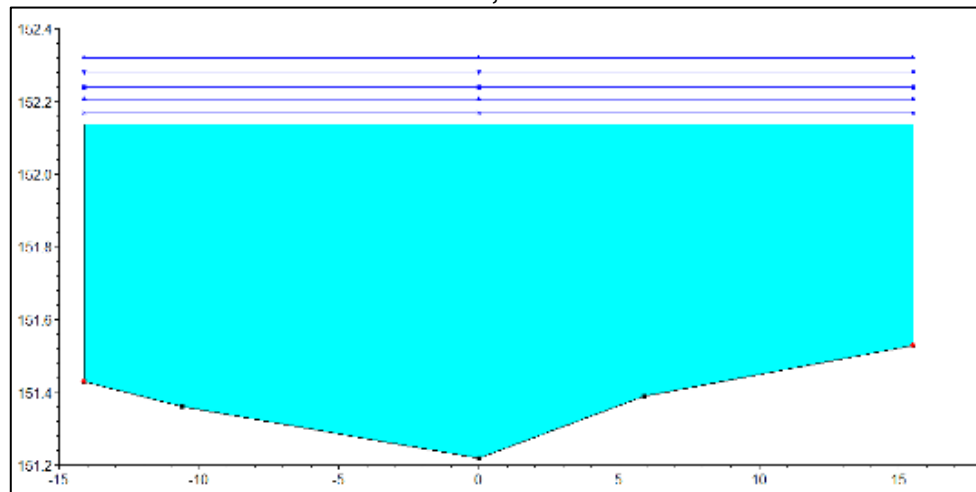


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.





Figura 54 - Detalhe do nível de água na Foz do Rio Mororó (ponto de desague no Rio Jarú), considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Da análise destas Figuras apresentadas conforme modelagens das simulações resulta que nenhuma seção da calha do Rio Mororó possui capacidade para escoar as vazões de projeto atuais e futuras para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

Com base nestes dados das simulações e nas informações relatadas no diagnóstico dos canais, pode-se inferir que os principais aspectos que influenciam para a ocorrência das inundações na Bacia do Rio Mororó são:

- Assoreamento do canal que contribuem para a redução das seções de escoamento das vazões;
- Calhas do canal com densa vegetação em diversos trechos;
- Calhas do canal com presença de lixo e entulhos em diversos trechos;
- Declividade oscilante ao longo do canal, e com trechos com declividade negativa;
- Ruas não pavimentadas, que contribuem para o processo de assoreamento do canal;
- Ausência de mata ciliar em partes da extensão dos canais;
- Bocas-de-lobo subdimensionadas, e com área útil reduzida devido ao depósito superficial de resíduos e sedimentos;
- Cobertura de rede de microdrenagem insuficiente e bocas-de-lobo subdimensionadas e com área útil de infiltração reduzida devido ao depósito superficial de resíduos e sedimentos;





- áreas ribeirinhas ocupadas em trechos do canal, principalmente em áreas de inundação natural do Rio Mororó e Rio Jaru;

Em virtude dos itens apontados nestas análises e simulações realizadas, percebe-se que são necessárias a introdução de medidas que permitam o escoamento mais adequado possível para estes caudais do Rio Mororó.

Estas medidas são descritas ao decorrer deste trabalho, considerando o Cenário Hidrológico 4.

1.3. Bacia do Canal B

Para o processo de modelagem hidráulica da Bacia do Canal B, foi modelado um trecho do único canal de macrodrenagem que compõe a Bacia, denominado Canal B.

O trecho do Canal B que foi modelado possui sua seção de montante localizada na Rua Goiás esquina com a Avenida Rio Branco, e seu trecho de jusante é localizado na sua Foz no ponto de desague no Rio Jaru.

O trecho modelado do Canal B se inicia canalizado em uma galeria de seção retangular com largura de 1,70 metros e altura de 1,50 metros na Rua Goiás, e segue cruzando o quarteirão formado entre as Rua Goiás, Avenida Rio Branco, Rua Tapajós e Avenida Padre Adolpho Rhol.

O canal segue seu curso com seção constante até cruzar a Rua Tapajós, quando em seguida as dimensões de sua seção de escoamento são ampliadas para 1,75 metros de largura e 2,00 metros mantendo seção retangular em canal de concreto e cruzando o quarteirão formado entre a Rua Tapajós, Avenida Padre Adolpho Rhol, Avenida Rio Branco e Rua Beira-Rio.

Após cruzar pela Rua Beira-Rio o Canal B passa a escoar seus caudais em seções irregulares de seu curso natural até desembocar no Rio Jaru, e passa a apresentar larguras que se ampliam gradativamente de 6,00 metros, para 9,00 metros, 15,00 metros até atingir largura máxima de cerca de 18,00 metros próximo da Foz.

Por estar localizado em uma área com densa urbanização e com boa parte das ruas apresentando pavimentação, as calhas de fundo do Canal B apresentaram-se com pouco





incidência de assoreamento, mantendo desta forma uma declividade praticamente regular ao longo do seu curso entre as Ruas Goiás e a Rua Beira-Rio.

No entanto, foi verificado neste estudo de modelagem que existem pontos de assoreamento no trecho do Canal entre a Rua Beira-Rio e a sua Foz.

Nas saídas de campo realizadas foi possível verificar alguns galhos de árvores, pedras e entulhos na calha do Canal B próximo a Rua Beira-Rio, fato que dificulta o escoamento das vazões em períodos de chuvas mais intensas

1.3.1. Apresentação das Simulações Realizadas

1.3.1.1. Simulações para a Situação Atual do Canal B – Cenários Hidrológicos 2 e 3

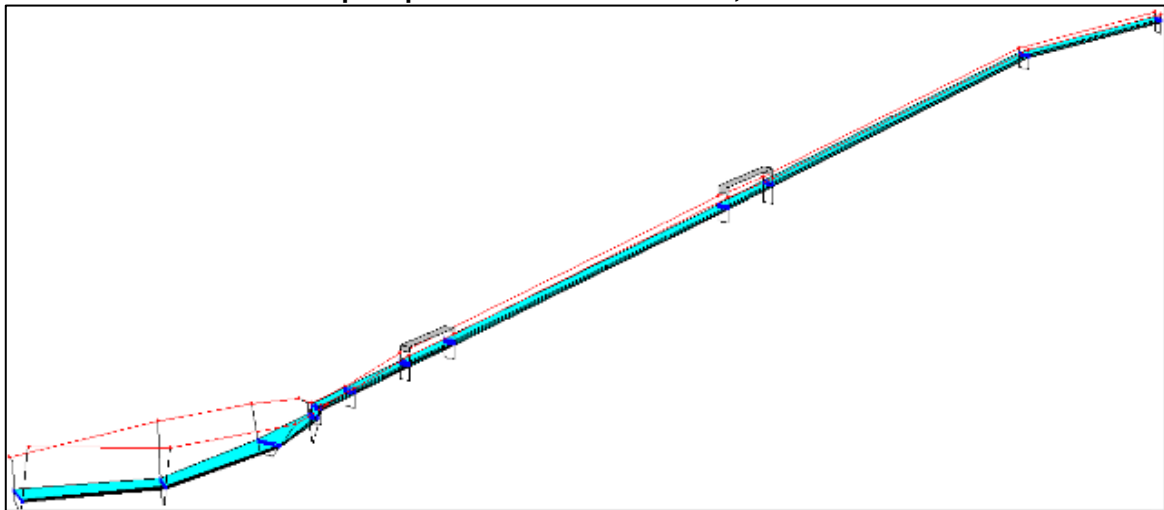
As simulações dos cenário hidrológicos para a Bacia do Canal B também foram realizadas utilizando-se os dados de vazões de projeto atuais e futuras para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos, considerando-se o Cenário Hidrológico 2 e 3. O escoamento destes caudais foram simulados no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1® considerando-se as cotas de fundo e de bordo das calhas das seções transversais atuais do Canal B, bem como suas declividades e materiais de revestimento nos seus diferentes trechos de escoamento. Estes dados necessários para a modelagem dos canais foram obtidos por meio da batimetria das seções de escoamento em diversos pontos de interesse ao longo dos seus cursos, bem como por meio de inspeções de campo.

As Figuras a seguir ilustram o nível de água no Canal B apontados nas simulações realizadas para o escoamento das vazões de projeto atuais e futuras para os diferentes períodos de retorno, e considerando as configurações atuais das seções de escoamento do canal.



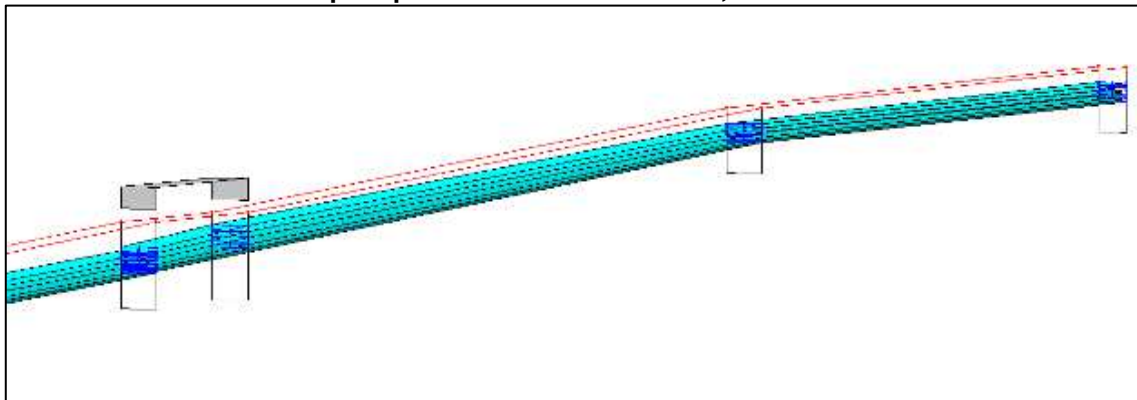


Figura 55 – Visão geral do Canal B utilizado nas simulações, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



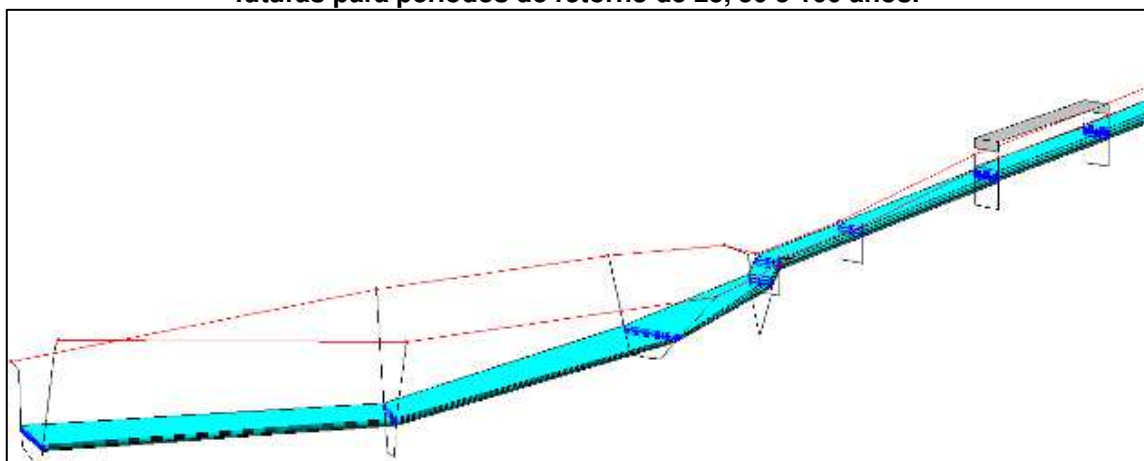
Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 56 – Visão em detalhe do trecho de montante do Canal B, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 57 - Visão em detalhe do trecho de jusante do Canal B, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

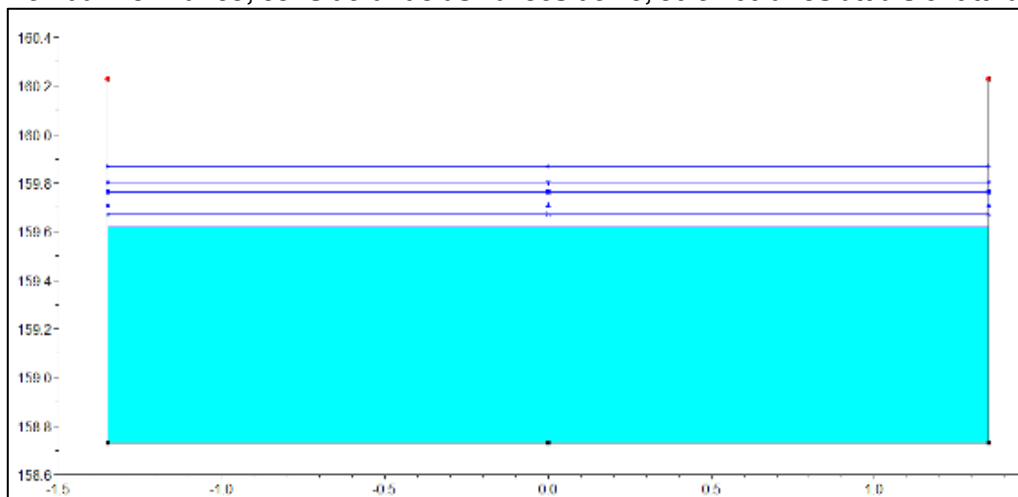




Após esta representação geral dos níveis de água por todo o Canal B, são apresentados nas Figuras a seguir os níveis de água nas seções transversais de escoamento em alguns pontos específicos do Canal, de acordo com as simulações realizadas descritas anteriormente, quais sejam, escoamento das vazões de projeto atuais e futuras considerando os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos nas calhas do Canal conforme o formato atual das seções de escoamento.

Destaca-se que os pontos em vermelho nas Figuras a seguir representam as alturas das bordas dos canais na seção apresentada. A primeira linha azul apresentada nas figuras representa o nível de água na seção simulada para a vazão atual considerando período de retorno de 25 anos. A segunda representa o nível de água para a vazão futura com período de retorno de 25 anos. A terceira e quarta linhas representam o nível de água para a vazão atual e futura com período de retorno de 50 anos, respectivamente. As quinta e sexta linhas representam o nível de água para a vazão atual e para a vazão futura para o período de retorno de 100 anos, respectivamente.

Figura 58 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Canal B na Rua Goiás esquina com a Avenida Rio Branco, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

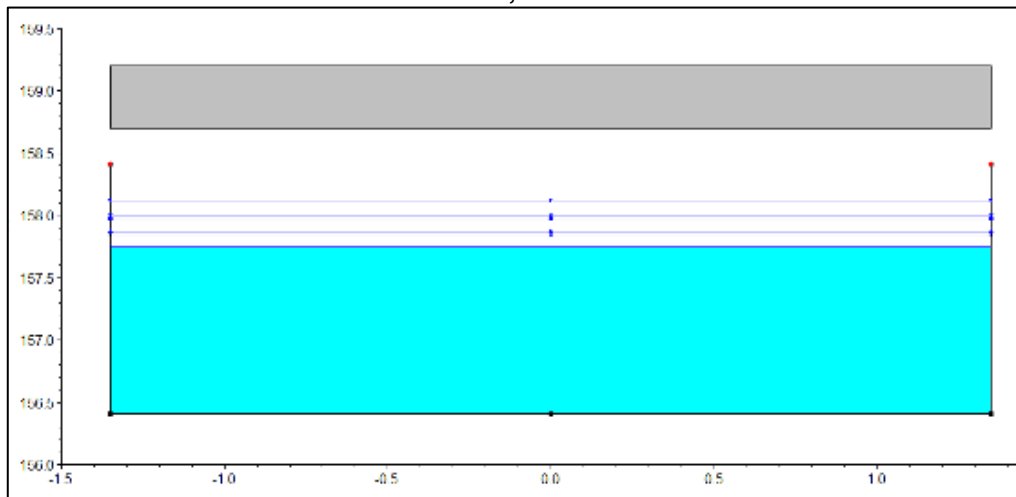


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



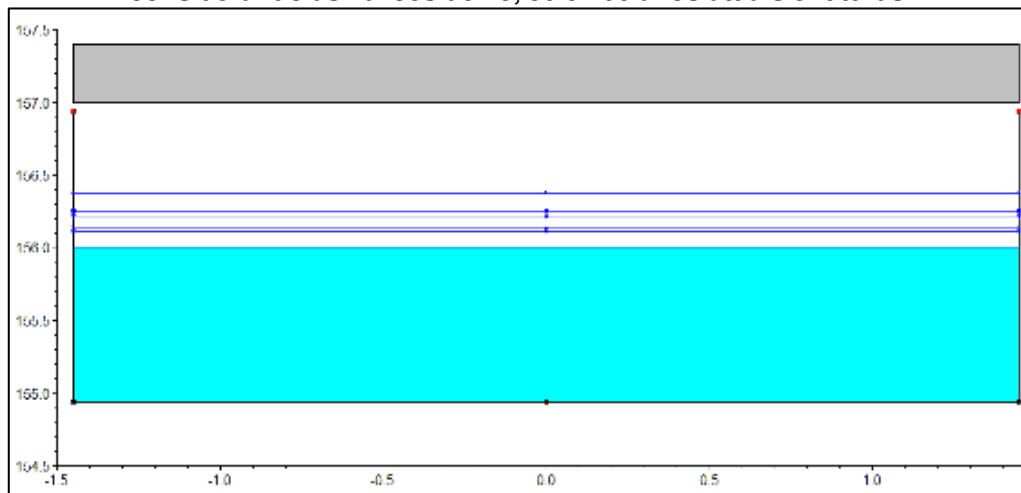


Figura 59 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Canal B na Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 60 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Canal B na Rua Beira-Rio, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

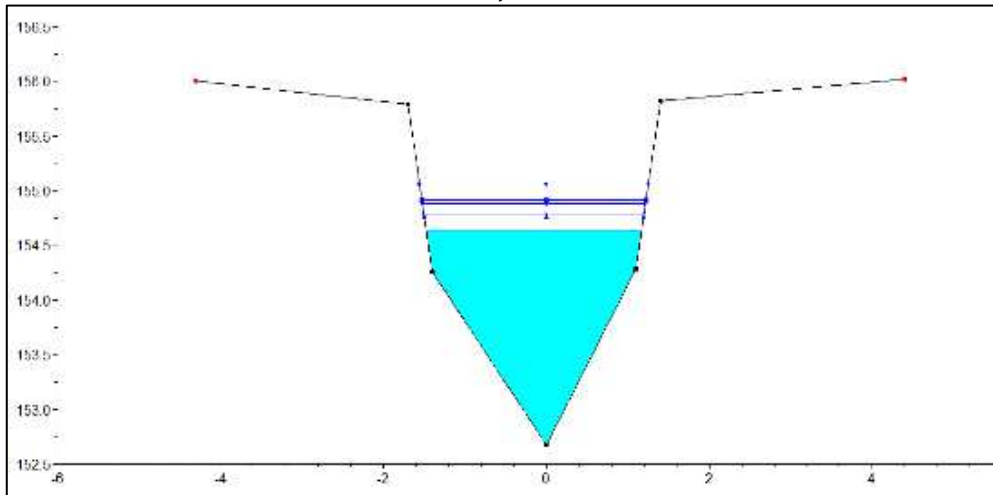


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



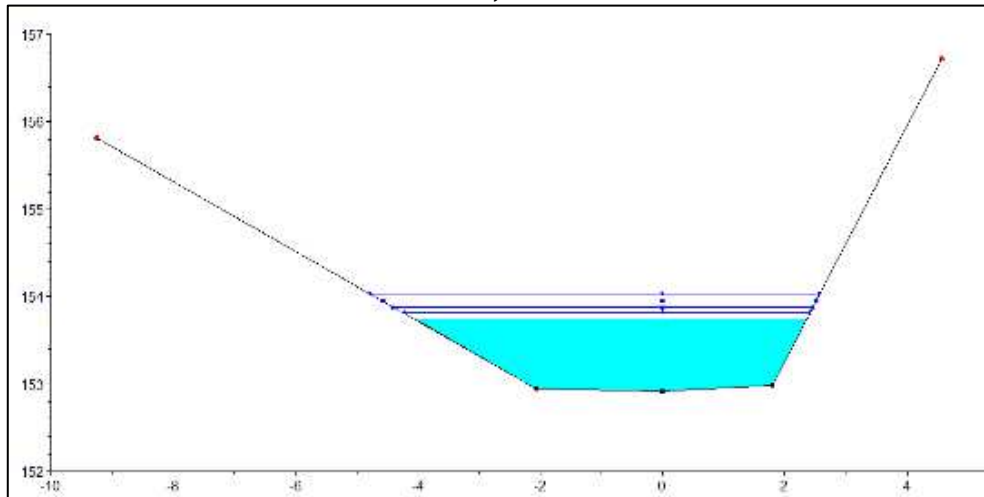


Figura 61 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Canal B logo após a Rua Beira-Rio considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 62 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Canal B entre a Rua Beira-Rio e a Foz considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

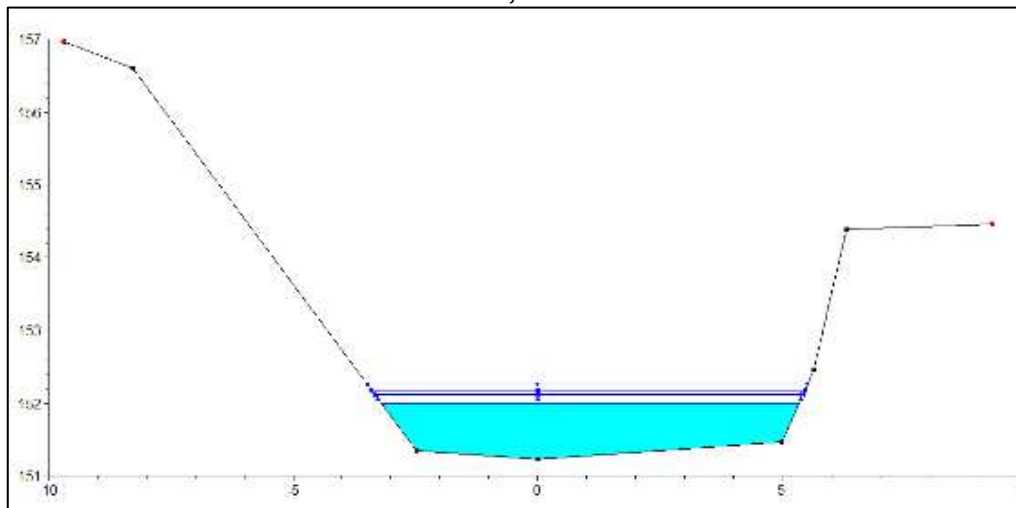


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.





Figura 63 - Detalhe do nível de água na Foz do Canal B (ponto de desagüe no Rio Jarú), considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Da análise destas Figuras apresentadas conforme modelagens das simulações resulta que as seções de escoamento do Canal B possuem capacidade para escoar as vazões de projeto atuais e futuras para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

Com base nestes dados das simulações e nas informações relatadas no diagnóstico dos canais, pode-se inferir que os principais aspectos que podem influenciar para a ocorrência das inundações na Bacia do Canal B são:

- Pontos de assoreamento do Canal B entre a Rua Beira-Rio e a Foz, de modo que é necessário serviços constantes de manutenção deste trecho do Canal;
- Calhas do canal com alguma presença de lixo e entulhos em diversos trechos;
- Declividade oscilante ao longo do trecho entre a Rua Beira-Rio e a Foz, com trechos com declividade negativa;
- Algumas ruas não pavimentadas, principalmente nos trechos mais a montante do Canal B, próximo à Rua Beira-Rio, que contribuem para o processo de assoreamento do canal;
- Ausência de mata ciliar em praticamente toda a extensão do Canal entre a Rua Beira-Rio e a Foz;
- Cobertura de rede de microdrenagem insuficiente e bocas-de-lobo subdimensionadas e com área útil de infiltração reduzida devido ao depósito superficial de resíduos e sedimentos;
- Áreas ribeirinhas ocupadas em trechos dos canais;





Em virtude dos itens apontados nestas análises e simulações realizadas, percebe-se que não existe necessidade de medidas de alteração das seções do Canal B, visto que, a configuração atual permite o escoamento adequado possível para os caudais do Canal B em todo o seu trecho.

Deste modo, para esta Bacia do Canal B não houve a necessidade de simulações empregando definições para um Cenário Hidrológico 4, bem como não houve necessidade da elaboração de mapas de manchas de inundação.

2. CALIBRAÇÃO E VERIFICAÇÃO DO MODELO HIDRÁULICO

As elevadas taxas de crescimento urbano apresentadas pelos países em desenvolvimento são responsáveis por profundas modificações sobre o meio ambiente. Dentre as consequências deste acentuado processo de urbanização figuram os problemas na drenagem urbana. As áreas que anteriormente contribuíam para o armazenamento e infiltração natural das águas pluviais tornam-se impermeáveis e contribuintes para o escoamento superficial excessivo, resultando no aumento da frequência de cheias e alagamentos, e consequentes danos materiais e humanos.

Este cenário aponta para a necessidade de ferramentas que auxiliem na previsão do comportamento da drenagem durante eventos chuvosos. A simulação computacional aliada à modelagem matemática constitui uma ferramenta de suma importância nessa avaliação, por permitir a reprodução do comportamento dos sistemas de drenagem sob condições variadas e assim possibilitar a previsão de inundações e facilitar estudos de planejamento.

Os modelos que representam os processos hidrológicos e hidráulicos da drenagem permitem a incorporação da heterogeneidade espacial e da variabilidade temporal das bacias hidrográficas, considerando diferentes características do solo, vegetação e topografia, além de eventos chuvosos variáveis no espaço e no tempo. Devido a essa capacidade, os modelos requerem que valores sejam atribuídos aos parâmetros que caracterizam cada bacia considerada. Buscando uma melhor representação da realidade, a determinação destes parâmetros é de extrema importância para avaliar e comparar as respostas produzidas pelos modelos com as observações de campo, para as mais diversas situações. Porém, alguns destes parâmetros não são mensuráveis ou são dificilmente determináveis em campo, devido à falta de informação sobre as bacias hidrográficas,





desatualização das informações existentes, ou ainda, dificuldades de acesso ao local. Tais parâmetros são então estimados através de métodos indiretos como a calibração, um componente essencial para assegurar a qualidade das respostas produzidas pelo modelo e sua confiabilidade. Através da calibração, os valores dos parâmetros são ajustados comparando-se as vazões observadas com os respectivos valores simulados ao longo do tempo, para os eventos de chuva escolhidos.

A calibração dos parâmetros pode ser realizada por tentativa e erro (manual) ou automaticamente. Em geral, o primeiro método é considerado desvantajoso devido à sua subjetividade e ao tempo demandado pelo processo; além disso, a experiência adquirida após extensivo treinamento não é facilmente ensinada a outra pessoa. O método automático acelera e torna o processo de busca mais eficiente, e por isso vem sendo largamente estudado (Duan et al., 1992; Gupta et al., 1998; Yapo et al., 1998; Boyle et al., 2000).

A calibração é feita geralmente pela minimização (ou maximização) de funções objetivo que medem o desvio entre as séries de vazão observadas e simuladas.

A calibração e verificação do modelo hidráulico consiste no ajuste dos parâmetros aplicados no sistema, de tal forma que os desvios entre os dados simulados e observados em campo sejam minimizados.

Para os estudos realizados no município de Jarú foram adotados diversos parâmetros aplicados a cada situação de forma individual e levando em consideração suas particularidades.

Os modelos hidráulicos dos trechos dos canais em estudo neste Plano de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de Jarú – RO, quais sejam o Canal da Baixada, o Canal 14, o Canal 01, o Canal B e o Rio Mororó, foram desenvolvidos utilizando-se o Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.

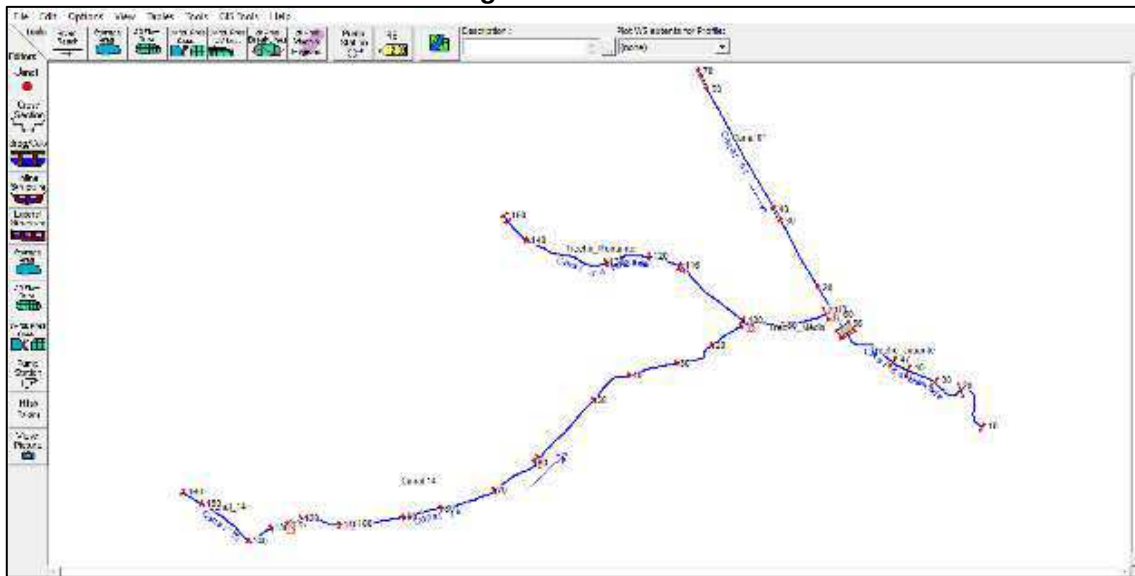
A modelagem dos canais inicia com a cópia do desenho do percurso de cada canal conforme os formatos gerados no levantamento de batimetria de cada canal. Em seguida, são cadastradas as seções transversais de cada trecho dos canais, as quais foram numeradas em ordem decrescente de montante a jusante do trecho do seu canal correspondente. No exemplo da Figura a seguir da Bacia do Canal da Baixada tem-se o cadastro de 16 seções para o Canal da Baixada (seção 160 na Rua Rio de Janeiro a seção 10 na Foz), no Canal 14 tem o cadastro da seção 125 na Rua Euclides da Cunha até a





seção 10 no ponto de junção com o Canal da Baixada (PJ2), e para o Canal 01 tem-se o cadastro da seção 70 na Rua Rio de Janeiro até a seção 10 no ponto de junção com o Canal da Baixada (PJ1).

Figura 64 – Imagem do cadastro do Canal da Baixada, Canal 14 e Canal 01 e das suas seções no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.

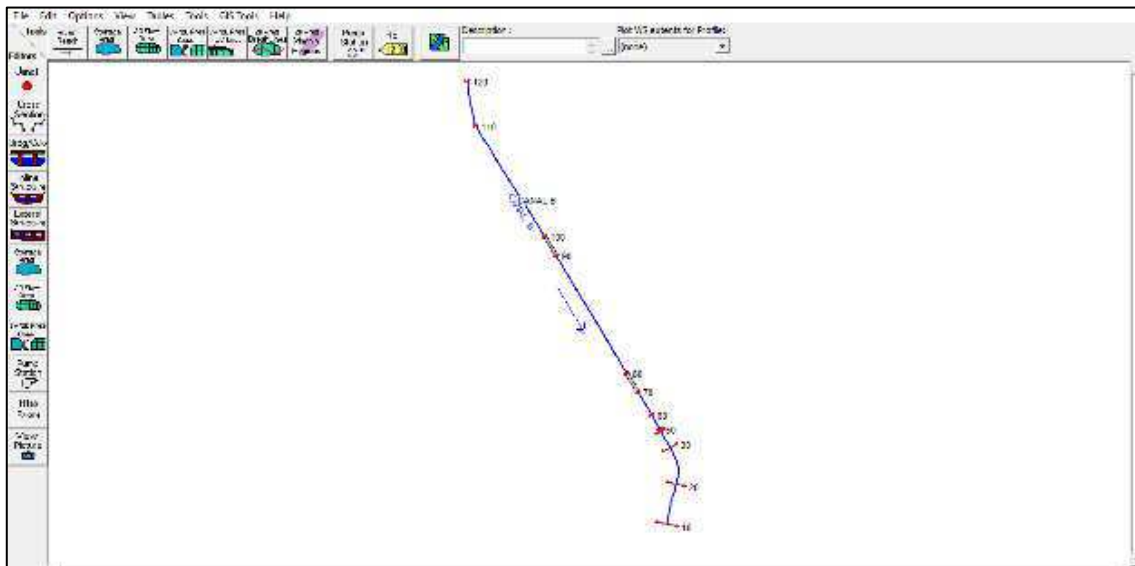


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

O Canal B e o Rio Mororó foram cadastrados no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1® empregando-se a mesma metodologia, conforme ilustrado nas Figuras a seguir.

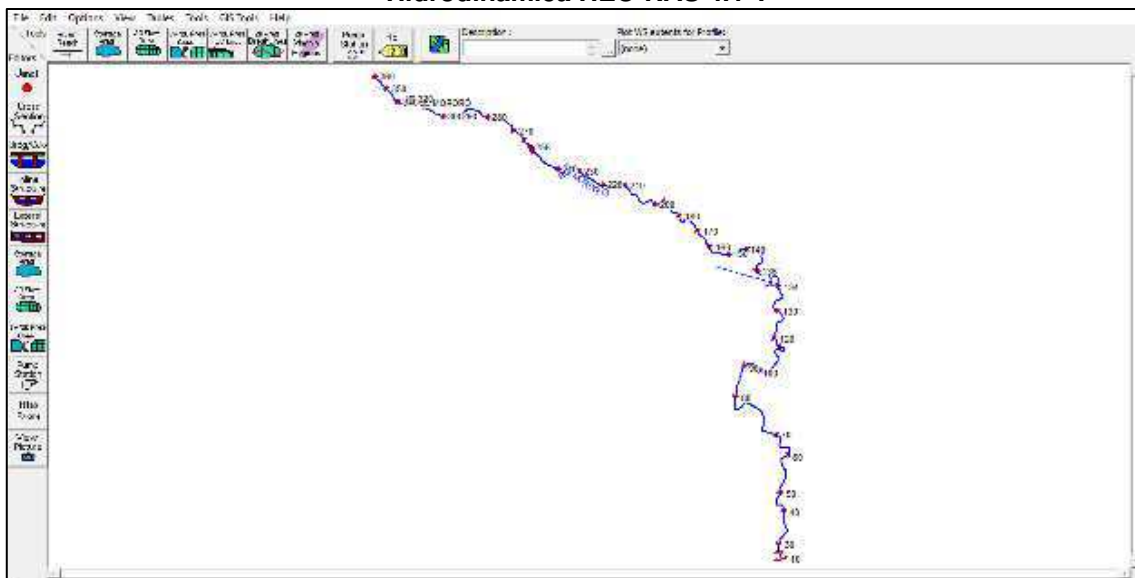


Figura 65 – Imagem do cadastro do Canal B e das suas seções no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 66 – Imagem do cadastro do Rio Mororó e das suas seções no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

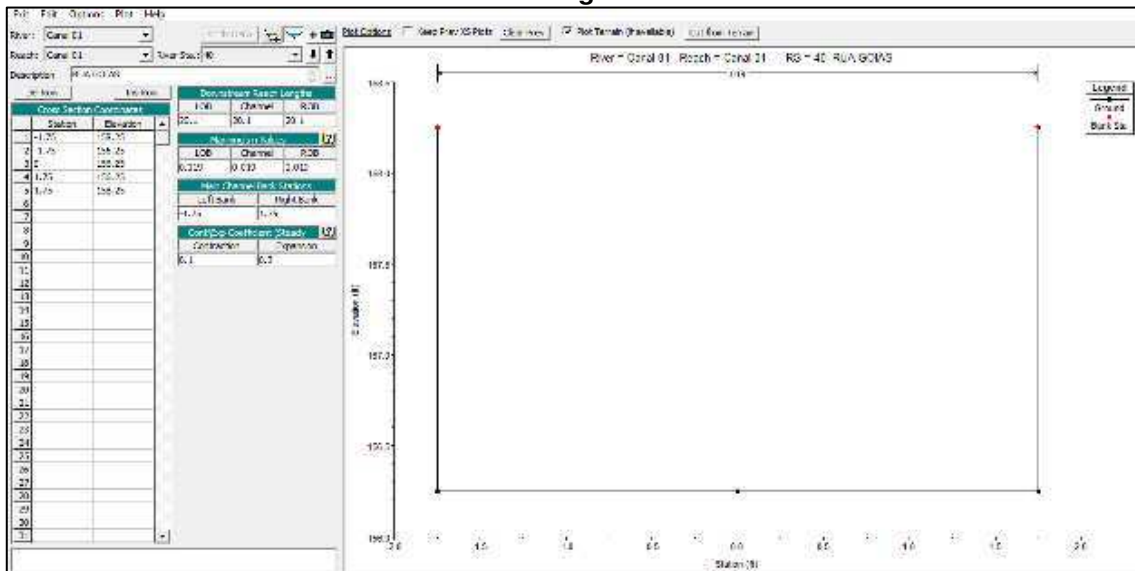
Todas as seções levantadas em campo foram registradas com seus dados específicos de cota de fundo, cotas das bordas, distância até a próxima seção transversal, e número de Manning de acordo com o tipo de material de escoamento do Canal. Foram utilizados número de Manning de 0,033 para canais naturais com presença de





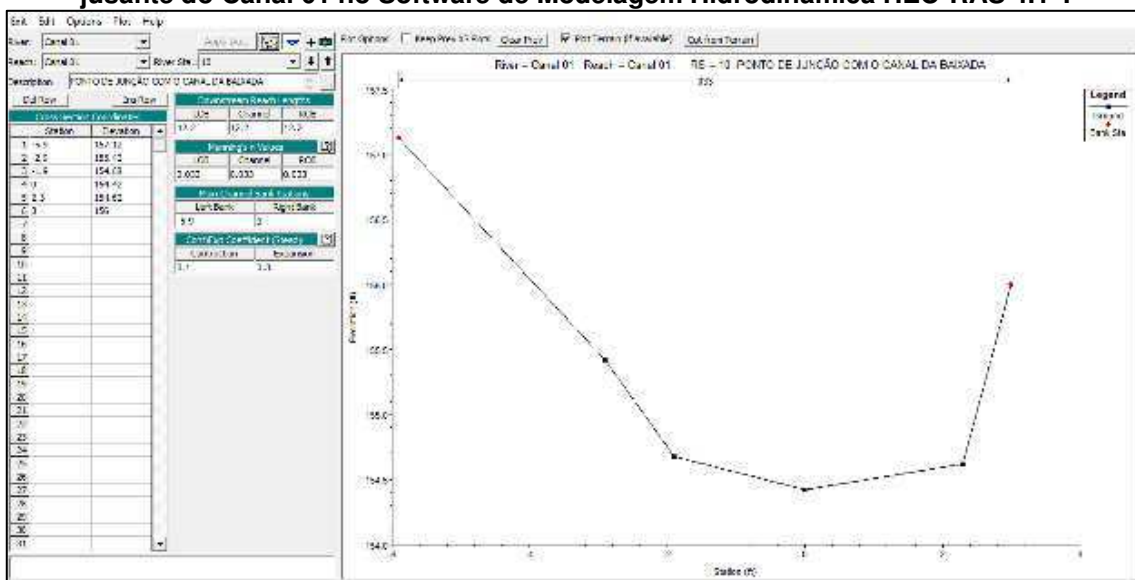
assoreamento e vegetação nas calhas ou 0,018 para trechos com seção de escoamento em concreto. A Figura a seguir ilustra um modelo de cadastro de seções do Canal da Baixada, do Canal 14 e do Canal 01 no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.

Figura 67 – Imagem do modelo de cadastro de seções transversais de escoamento do trecho médio do Canal 01 no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 68 – Imagem do modelo de cadastro de seções transversais de escoamento do trecho de jusante do Canal 01 no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.

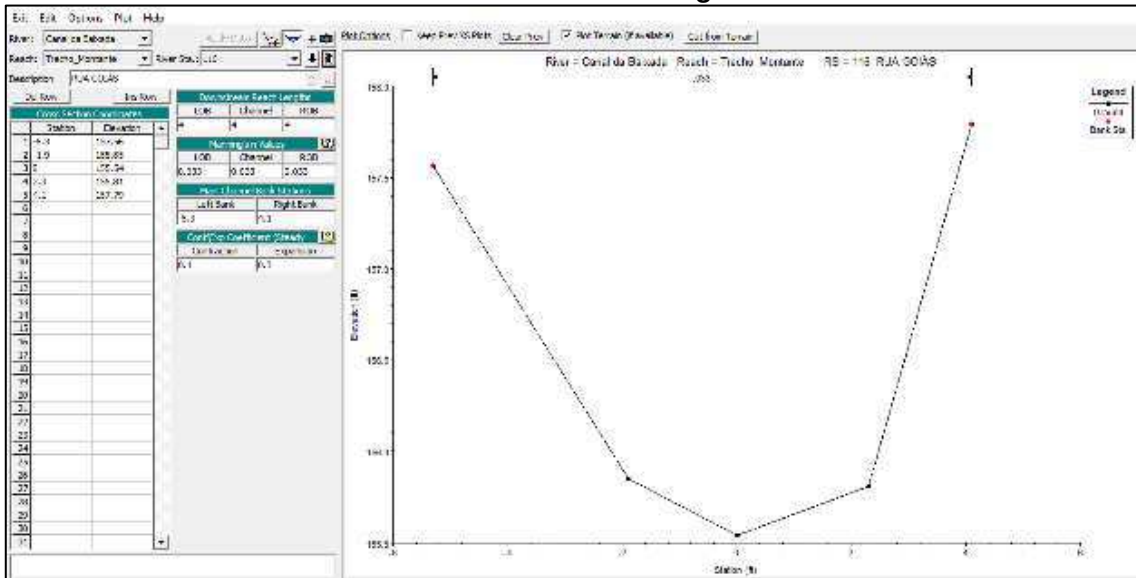


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



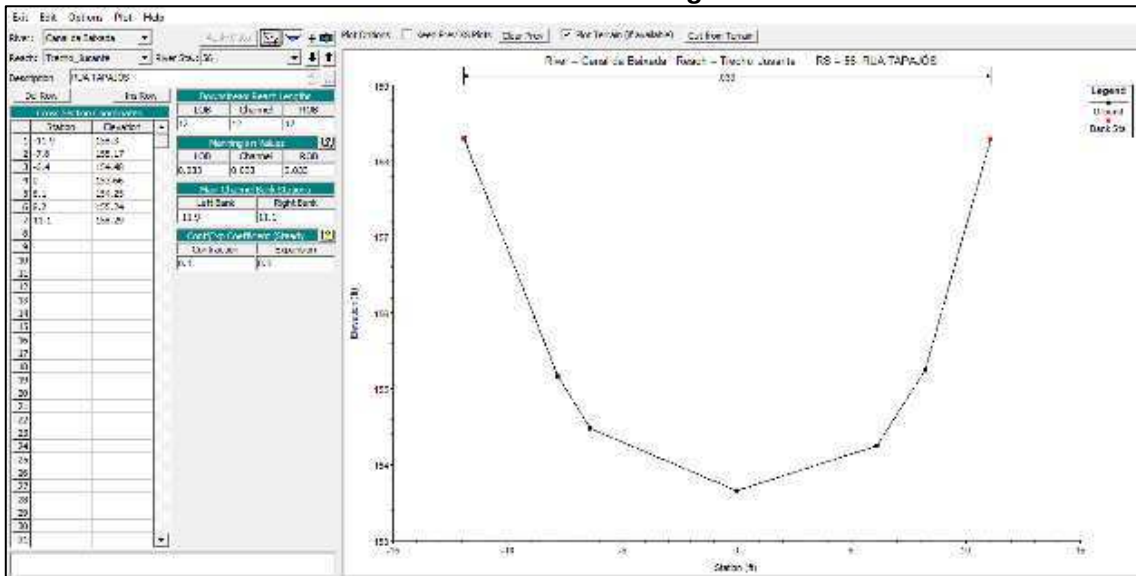


Figura 69 – Imagem do modelo de cadastro de seções transversais de escoamento do Trecho de Montante do Canal da Baixada no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 70 – Imagem do modelo de cadastro de seções transversais de escoamento do no Trecho de Jusante do Canal da Baixada no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.

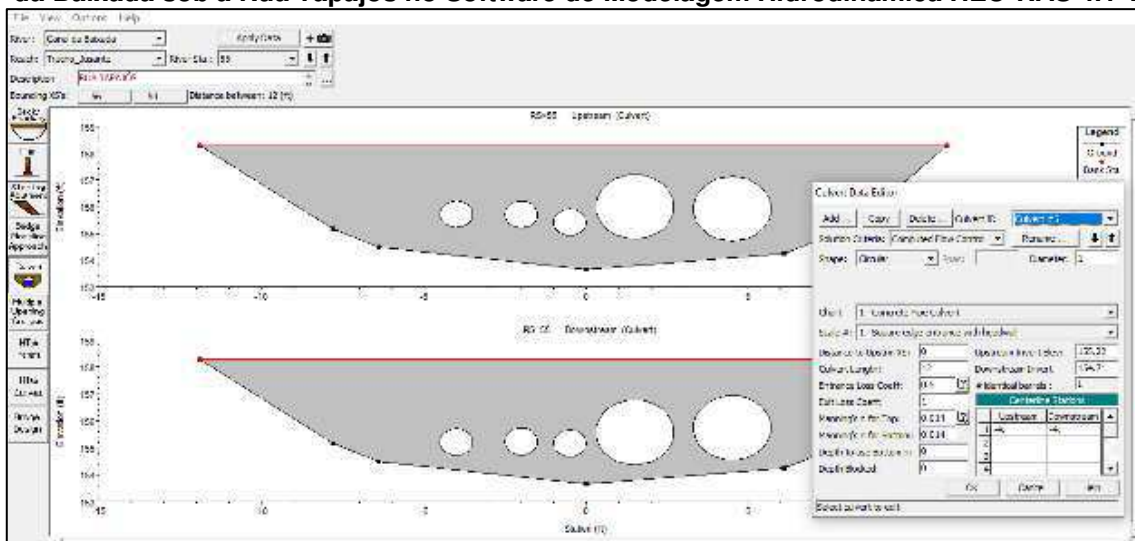


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



Nos locais em que os diferentes canais cruzam uma determinada Rua são cadastrados os dados das seções de escoamento destas travessias, com os dados da cota de fundo, diâmetro, comprimento e número de Manning das tubulações, ou das seções retangulares ou trapezoidais, conforme ilustrado na Figura a seguir, que representa a seção de passagem do Trecho de Jusante do Canal da Baixada por tubulações sob a Rua Tapajós modelada no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.

Figura 71 – Imagem do modelo de cadastro da seção de passagem do Trecho de Jusante do Canal da Baixada sob a Rua Tapajós no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Uma vez modelado as seções de escoamento dos canais, se faz necessário simular o escoamento das vazões de projeto calculadas para cada Cenário Hidrológico elaborado. Os valores das vazões são cadastrados para cada seção de cada um dos canais de estudo. A Figura exemplifica o cadastro das vazões de algumas seções do Canal da Baixada no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.





Figura 72 – Imagem do modelo de cadastro das vazões de seções do Canal da Baixada no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.

Reach	Profile	5 ANOS - ATUAL	10 ANOS - ATUAL	25 ANOS - ATUAL	50 ANOS - ATUAL	100 ANOS - ATUAL	2 ANOS - FUTURA	10 ANOS - FUTURA	25 ANOS - FUTURA	50 ANOS - FUTURA	100 ANOS - FUTURA
1 Canal da Baixada	Trecho_Montante	180	22.522	27.196	19.157	22.007	20.720	20.199	20.552	20.176	22.522
2 Canal da Baixada	Trecho_Montante	140	24.127	29.222	47.424	24.664	42.297	32.296	40.429	42.299	24.127
3 Canal da Baixada	Trecho_Montante	134	15.462	48.486	44.043	14.279	46.186	46.84	43.24	41.24	15.462
4 Canal da Baixada	Trecho_Montante	130	23.021	20.298	17.025	21.267	42.295	21.552	30.122	20.368	23.021
5 Canal da Baixada	Trecho_Monte	83	21.00	26.127	7.252	22.422	26.245	13.246	11.133	22.022	26.127
6 Canal da Baixada	Trecho_Monte	21	62.484	68.198	12.85	61.928	58.248	39.24	40.296	28.108	62.484
7 Canal da Baixada	Trecho_Baixada	52	21.227	71.282	20.122	22.522	11.201	26.226	26.221	22.282	21.227
8 Canal da Baixada	Trecho_Baixada	42	22.02	23.222	2.42	12.222	21.202	22.222	20.242	26.202	22.02
9 Canal da Baixada	Trecho_Baixada	23	65.62	25.224	27.42	119.282	119.282	62.242	26.242	44.282	124.224
10 Canal da Baixada	Trecho_Baixada	23	25.02	25.224	2.12	122.282	121.282	62.222	26.212	21.282	122.222
11 Canal da Baixada	Trecho_Baixada	13	12.022	26.106	2.22	112.222	21.24	22.222	13.222	112.222	12.022

Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Com base nos dados das seções cadastradas e das vazões em cada seção dos diferentes canais, o Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1® simula o escoamento destas vazões considerando as declividades geradas, as curvas e meandros, a geometria e o material dos canais em cada seção.

Assim, após a modelagem é possível avaliar em uma tabela específica gerada pelo Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1® os valores de velocidade de escoamento, do número de Froude, do nível de água em cada seção, e assim determinar se as seções de escoamento são suficientes ou não para escoarem os diferentes caudais de acordo as vazões geradas para as taxas de uso e ocupação do solo atual e futura definidos nos Cenário Hidrológicos e para os diferentes períodos de retorno, conforme demonstrado nas Figuras dos Capítulos das Modelagens de cada Canal. A Figura exemplifica a Tabela mencionada gerada pelo Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1®.

Figura 73 – Imagem da tabela gerada pelo Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1® com dados hidrodinâmicos para seção do Trecho de Montante do Canal da Baixada.

Reach	Flow Sta	Profile	Q Total	Min Ch E	W.S. Max	Vel Ch E	Flow Area	Froude at Ch E
Principal	160	R 25 ANOS - ATUAL	42.12	130.64	139.35	2.10	27.53	0.24
Principal	160	R 50 ANOS - ATUAL	32.02	130.64	139.65	2.14	24.28	0.22
Principal	160	R 100 ANOS - ATUAL	35.92	130.64	139.90	2.21	27.14	0.22

Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Esta metodologia descrita anteriormente foi seguida para a definição e calibração dos modelos hidráulicos desenvolvidos no Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1® para os Canais da Baixada, Canal 14, Canal 01, Canal B e Rio Mororó.



De acordo com os dados específicos de vazão para cada Cenário Hidrológico foram sendo realizadas simulações a fim de determinar as futuras configurações das seções transversais de escoamento de cada trecho dos canais, bem como as mudanças das seções de passagem sob ruas para cada Canal. Estes dados das novas geometrias dos canais são apresentados em detalhes no item sobre a discussão dos resultados das modelagens dos diferentes canais.

3. MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÃO

O mapeamento das áreas de inundação para o município de Jaru foi realizado a partir de duas fontes principais: dados oficiais do Serviço Geológico Brasileiro – CPRM e levantamentos topográficos *in loco*, identificando assim as áreas críticas passíveis de inundação. O mapa apresentado abaixo exibe a área de inundação da margem esquerda do Rio Jaru, segundo o CPRM.

Figura 74 – Inundação da margem esquerda do Rio Jaru.



Fonte: CPRM (2015), elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Segundo o CPRM, 230 moradias, constituídas principalmente de casas de madeira e alvenaria, são afetadas diretamente pela inundação da margem esquerda do Rio Jaru, totalizando um total aproximado de 920 pessoas atingidas (CPRM, 2015). Tanto o grau de vulnerabilidade como o grau de risco são classificados como altos para a referida área.



A seguir é possível visualizar uma área de inundação do Rio Mororó, localizada no Bairro Setor 1.

Figura 75 – Área de Inundação do Rio Mororó no Setor 1.



Fonte: CPRM (2015), elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A inundação do Rio Mororó no Setor 1 afeta 13 moradias, constituídas de casas de madeira e alvenaria, e atinge aproximadamente 52 pessoas. Assim como na área anterior, os graus de risco e vulnerabilidade são considerados altos (CPRM, 2015).

A figura a seguir demonstra uma área de inundação do Rio Mororó, localizada no Bairro Setor 5.



Figura 76 – Área de inundação do Rio Mororó no Setor 5.



Fonte: CPRM (2015), elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A inundação do Rio Mororó no Setor 5 afeta 28 moradias, constituídas de casas de madeira e alvenaria, e atinge aproximadamente 112 pessoas. Como na área anterior, os graus de risco e vulnerabilidade são considerados altos (CPRM, 2015).

A figura a seguir mostra uma área de inundação do Rio Mororó no Bairro Jardim dos Estados.

Figura 77 – Inundação do Mororó no Bairro Jardim dos Estados.



Fonte: CPRM (2015), elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.



A inundação do Rio Mororó no Bairro Jardim dos Estados afeta 10 moradias, constituídas de casas de madeira e alvenaria, e atinge aproximadamente 40 pessoas. Como na área anterior, os graus de risco e vulnerabilidade são considerados altos (CPRM, 2015).

A figura abaixo demonstra as áreas críticas propensas a inundação, delimitadas com base nos levantamentos topográficos e vazões de pico para deflúvios provenientes de precipitações intensas com tempo de retorno de 25 anos. Esse mapeamento desconsidera a inundação natural da planície aluvial do Rio Jaru, já exibida em mapa anterior.

Figura 78 –  reas sujeitas a inundações baseadas em levantamento topográfico e hidrológico.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

4. PROGRAMA DE CONTROLE DE CHEIAS – PARTE 1

4.1. Defini o de Componentes Básicos do Planejamento

Para Sheaffer e Wright (1982) planejar e administrar os sistemas de drenagem urbana inclui gerir um desafio de aloca o de espaço (CANHOLI, 2014).





Segundo o mesmo autor, a caótica urbanização das cidades e o inadequado uso do solo acarretam na redução da capacidade de armazenamento natural dos deflúvios e estes, por sua vez, necessitarão de outros locais para se alocarem.

Historicamente, os engenheiros responsáveis pela drenagem urbana convencionaram resolver este desafio da perda do armazenamento natural com obras de canalização, aumentando assim a velocidade dos escoamentos, transferindo para jusante o problema de redução dos espaços naturais. Isso deve-se à relação inversa entre o tempo de concentração e o pico de vazão: quanto menor o primeiro a montante, maior o segundo a jusante.

O maior problema dessa característica histórica, considerada higienista, é que essa técnica, frequentemente, traz inundações em áreas que antigamente não as sofriam, já que normalmente os assentamentos humanos nos vales desenvolveram-se no sentido de jusante (parte mais baixa e próxima aos corpos hídricos) para montante (partes mais altas, cabeceiras dos mananciais).

Segundo Braga (2014), muitos países em desenvolvimento, inclusive o Brasil, experimentaram uma forte expansão urbana desordenada nas últimas décadas, com precária infraestrutura de drenagem, acarretando em problemas de inundação, oriundos principalmente da alta taxa de aumento da população urbana, da inexistência de planos de longo prazo, do baixo nível de conscientização do problema, da utilização precária de medidas não estruturais, e da manutenção inadequada dos sistemas de controle de cheias.

Em contrapartida, para o mesmo autor, o crescimento da consciência ambiental motivou o interesse pela problemática das inundações e suas conseqüências ligadas à saúde e ao saneamento.

Deve-se entender o planejamento de drenagem como parte integrante de um processo holístico de planejamento urbano e, assim, alinhado e coordenado com os demais planos de gestão das cidades, com ênfase aos de uso do solo, mobilidade e saneamento básico.

Para Sheaffer e Wright (1982), o plano de drenagem deve ter objetivos bem delineados, tais como:





- manter as regiões ribeirinhas ainda não urbanizadas em condições que minimizem a interferência com a capacidade de escoamento e armazenamento do talvegue;
- reduzir o nível de danos por enchentes;
- reduzir gradativamente o risco de inundações a que estão expostas a população e as propriedades;
- garantir que os projetos de correção e prevenção sejam condizentes com os objetivos gerais do planejamento urbano;
- controlar a poluição difusa;
- minimizar os problemas de erosão e assoreamento e incentivar a utilização alternativa das águas pluviais coletadas, para abastecimento, uso industrial e irrigação.

Para a conveniente seleção entre as diversas alternativas possíveis ao planejamento de drenagem urbana, faz-se necessário escolher uma política de ação que determine as decisões presentes e futuras. Para tal, visando à consolidação de tais políticas, é preciso dispor de critérios gerais de projeto, operação e manutenção. Também são importantes os dados físicos da bacia, hidráulicos, hidrológicos, de uso e ocupação do solo, os dados pontuais e difusos de qualidade da água, a regulamentação para a aprovação de projetos no âmbito da bacia, os planos de financiamento e as políticas fiscais que incentivem as práticas de conservação.

Os critérios gerais para planejamento consistem no estabelecimento de regras específicas a serem seguidas no projeto, operação e manutenção dos dispositivos e sistemas de controle de drenagem urbana. Como exemplo, em relação aos aspectos hidrológicos, podemos citar diretrizes que envolvem:

- A definição do volume de deflúvio a ser considerado no dimensionamento de estruturas de controle de enchentes (por exemplo: tempo de recorrência TR = 100 anos, duração da chuva – 24 horas). As relações I-D-F a serem adotadas podem ser consequência dessa definição;
- Os picos de vazão das áreas a serem urbanizadas não podem exceder os valores naturais;





- Os sedimentos e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) nas águas de drenagem devem ser reduzidos na fonte em uma quantidade equivalente ao de fontes pontuais;
- As bacias de retenção devem ser capazes de armazenar o deflúvio correspondente a determinada altura de precipitação, e a liberação deve ocorrer num período de tempo predeterminado;
- No deflúvio correspondente aos primeiros instantes de chuva, as águas devem ser desviadas para um reservatório *off-line*.

Segundo Tucci (2008), para as áreas que já estão ocupadas deve-se desenvolver estudos específicos por bacias urbanas visando planejar as medidas necessárias para o controle dos impactos dentro das mesmas, sem que essas bacias transfiram para jusante os impactos já consolidados. O Plano de Macrodrenagem deve considerar:

- A avaliação da capacidade de drenagem existente;
- A identificação dos locais críticos, onde ocorrem inundações no cenário atual para eventos com os tempos de retorno escolhidos;
- O estudo de alternativas para controle dessas inundações;
- Avaliação econômica;
- Avaliação ambiental.

Os principais componentes para o planejamento foram definidos e calculados no diagnóstico realizado para o levantamento de informações básicas e consistem na análise hidrológica e hidráulica das bacias urbanas e na caracterização das mesmas por meio de seus aspectos morfométricos, lineares, areais e hipsométricos. Já na caracterização hidrológica são considerados os índices físicos, o uso e a ocupação do solo, o método para vazão de projeto, o estudo das chuvas intensas e os indicadores de drenagem. Também foi realizada a descrição dos sistemas de macro e microdrenagem com seus respectivos canais, bocas de lobo e demais dispositivos.





4.1.1. Definição dos Elementos

O sistema de drenagem de águas pluviais projetados é composto por uma série de unidades e dispositivos hidráulicos para os quais é dada uma terminologia própria e cujos elementos mais frequentes são conceituados a seguir:

- Greide – é uma linha do perfil correspondente ao eixo longitudinal da superfície livre da via ou rua;
- Guia - também conhecida como meio fio, é a faixa longitudinal de separação do passeio com o leito viário. Geralmente feito em concreto;
- Sarjeta – é o canal longitudinal, em geral triangular, situado entre a guia e a via destinada a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta;
- Sarjetões – canal de seção triangular situado nos pontos baixos ou nos encontros das vias destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta;
- Bocas coletoras – também denominadas de bocas de lobo, são estruturas hidráulicas para captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas e sarjetões, em geral situam-se sob o passeio ou sob a sarjeta;
- Poços de visita – são câmaras visitáveis situadas em pontos previamente determinados, destinados a permitir a inspeção e limpeza dos condutos subterrâneos;
- Caixas de ligação – também denominadas caixas mortas, são caixas de alvenaria subterrâneas não visitáveis, com a finalidade de reunir condutos de ligação ou estes a galeria;
- Galerias - são condutos destinados ao transporte das águas captadas, nas bocas coletadas até os pontos de lançamento, tecnicamente denominado de galerias tendo em vista serem constituídas com diâmetro mínimo de 600 mm;
- Condutos de ligação – também denominados de tubulações de ligação, são destinadas ao transporte de água coletada nas bocas coletoras até às galerias pluviais;





- Trecho de galerias – é a parte da galeria situada entre dois poços de visita consecutivos;
- Canaleta - são canais que interligam duas bocas de lobo sob a via, possui grade no nível do pavimento para facilitar sua limpeza;
- Valeta ou canal trapezoidal – são canais que acompanham a declividade do terreno e conduzem toda água captada para o seu destino final.

4.1.2. Parâmetros de Projeto

- Tempo de concentração - define-se o tempo de concentração como sendo o tempo em minutos decorrido desde o início da precipitação torrencial sobre a bacia até o instante em que toda bacia passa a contribuir para o escoamento a jusante da mesma;

Para o calcular o tempo de concentração, neste trabalho, foi usada a equação de Kirpich:

$$t_c = 57 \times \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

T_c: tempo de concentração, em minutos;

L: extensão do talvegue em quilômetros e;

H: diferença de cotas entre seção de drenagem e o ponto mais alto do talvegue em metros.

- Período de retorno - os sistemas de microdrenagem, em geral, são dimensionados para frequências de descargas de 25 a 50 anos, de acordo com as características da ocupação da área que se quer beneficiar, para o presente trabalho foram calculadas vazões para os períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.
- Coeficiente de escoamento superficial – este coeficiente exprime a relação entre o volume de escoamento livre superficial e o total precipitado. É por





definição a grandeza, no método racional, que requer maior acuidade na sua determinação, tendo em vista o grande número de variáveis que influem no volume escoado, tais como infiltração, armazenamento, evaporação, detenção, tornando necessariamente, uma adoção empírica do valor adequado.

Para a microdrenagem urbana, o método mais utilizado é o do coeficiente de *run off*, que consiste na utilização de valores tabelados de relação entre escoamento superficial e volume precipitado. Por exemplo, um coeficiente de *run off* de 0,90 significa que 90% da precipitação são escoadas superficialmente e somente 10% são computados como infiltração ou perdas iniciais. É um método bastante simples e que não considera perdas por evapotranspiração, acumulação em depressões da superfície, etc.

Este método de separação do escoamento é utilizado juntamente com um método de transformação de chuva em vazão denominado de método racional. Wilkens (1978), apresentou uma tabela com proposição de valores de coeficiente de *run off* (C), conforme a tabela abaixo.

Tabela 1 – Sugestão dos Valores de Coeficiente de Run Off, segundo Wilkens (1978).

Sugestão De Valores De Coeficiente De <i>Run Off</i>	
Zonas	C (coeficiente)
Área Edificadas	0,70
Solo Exposto	0,35
Vegetação Rasteira	0,20
Vegetação Densa	0,05

Fonte: Wilkens (1978).

Assim como o coeficiente de *run off*, os demais métodos de separação do escoamento têm suas potencialidades e limitações. O índice (teta), por exemplo, admite uma infiltração constante. Isto somente acontecerá para chuvas de pequena duração sobre solos com alta condutividade hidráulica (arenosos).

Para o atual estudo, foram utilizados valores de *run off* que possuem variação dentro de uma faixa determinada. É definido um valor de acordo com as características específicas de cada bacia analisada.





Figura 79 – Variação Coeficiente de *Run off*.

Natureza da Superfície	Valores de C
Telhados perfeitos, sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas e em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentações de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas	0,75 a 0,85
Para as superfícies anteriores sem as juntas tomadas	0,50 a 0,70
Pavimentações de blocos inferiores sem as juntas tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho	0,15 a 0,30
Superfícies não revestidas, pátios de estrada de ferro e terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados e campinas, dependendo da declividade do solo e natureza do subsolo	0,01 a 0,20

Fonte: Wilkens (1978).

Este cálculo é utilizado para determinar os coeficientes de deflúvio, para as bacias urbanas, ponderando os valores estabelecidos de acordo com o método *run off*, sendo que quanto mais próximo de 1,00 maior a tendência em escoar a água da chuva completamente para a área em questão analisada, quanto mais próximo de 0, maior a infiltração que se dá no solo da área classificada. A partir dessa metodologia, ponderou-se os valores para as classes aqui definidas no estudo hidrológico, como segue na tabela a seguir.





Tabela 2 – Resultados dos Coeficientes de Deflúvios.

Bacias Urbanas	Classes de solo	km ²	Run Off	CN
Bacia Rio Mororó	Solo exposto	0,59	0,30	0,29
	Vegetação densa	5,65	0,10	
	Vegetação rasteira	17,98	0,15	
	Edificações	6,27	0,85	
Bacia do Canal da Baixada	Solo exposto	0,48	0,25	0,72
	Vegetação densa	0,21	0,15	
	Vegetação rasteira	0,40	0,25	
	Edificações	3,27	0,90	
Bacia A	Solo exposto	0,002	0,30	0,83
	Vegetação densa	0,004	0,20	
	Vegetação rasteira	0,014	0,30	
	Edificações	0,16	0,90	
Bacia B	Solo exposto	0,02	0,20	0,79
	Vegetação densa	0,009	0,20	
	Vegetação rasteira	0,015	0,25	
	Edificações	0,28	0,90	
Bacia C	Solo exposto	0,016	0,30	0,69
	Vegetação densa	0,027	0,15	
	Vegetação rasteira	0,027	0,20	
	Edificações	0,16	0,90	

Fonte: Líder Engenharia, 2020.

4.1.3. Método para Vazão de Projeto

4.1.3.1. Método Racional

O método mais comum para a determinação da vazão de projeto de bacias naturais é a partir de procedimentos estatísticos. Já para o cálculo de vazão de projeto para pequenas bacias são aplicados modelos de transformação chuva-vazão (ou indiretos), nos quais a vazão é calculada a partir das chuvas. Para o uso desse modelo, a bacia precisa ter as seguintes características:

- A bacia deve ter características físicas homogêneas;
- Em toda a área de drenagem da bacia, a precipitação deve ser uniforme.

O método racional é um dos mais utilizados em território brasileiro. Sua simplicidade de aplicação e resultados obtidos são geralmente satisfatórios, o que o





torna bem aceitável uma vez que as condições básicas são atendidas. De acordo com Reis (2017), o nome do método “Racional” é para contrapor os métodos antigos que eram empíricos e, portanto, não racionais.

O trabalho de Kuichling mostrou que a relação entre a vazão de precipitação e a vazão excedente é igual a área impermeabilizada da bacia quando toda a área está contribuindo. E ele chamou esta razão (Q/I) de valor racional, daí a denominação atual de Fórmula Racional. Mas dois parâmetros cruciais para o bom resultado do método ainda são obtidos de forma bastante empírica: o tempo de concentração e o coeficiente de runoff.

O método é usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo.

A fórmula, a seguir, apresenta a forma de calcular a vazão de pico pelo Método Racional:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Onde:

Q – vazão de pico (m³/s);

i – intensidade máxima da chuva (mm/h);

C – coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A – área de drenagem da bacia (km²).

Os valores do coeficiente “C”, no Método Racional, referem-se ao coeficiente de escoamento superficial, que é convencionado de acordo com as características fisiográficas das bacias urbanas. Esses valores foram mostrados nas tabelas anteriores.

4.1.3.2. Método I-Pai-Wu

O Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE recomenda o Método Racional para bacias de até 2 km² ou 200 ha e que não disponham de série histórica de dados fluviométricos. Para áreas de tamanho acima deste valor, existem outros métodos mais indicados com o Método I-PAI WU e o Método SCS.





Para áreas maiores, o método apresenta distorções, superestimando as vazões de cheias, como demonstrado com os cálculos efetuados para a Bacia do Rio Mororó, para o município de Jarú – RO. Sendo assim, adotou-se o Método I Pai Wu Modificado, para obter dados mais condizentes com a realidade da bacia de estudo.

O método I-Pai-Wu é um aperfeiçoamento do Método Racional e considera fatores intervenientes da bacia hidrográfica, como sua forma, a distribuição da chuva e o armazenamento. A aplicação desse método é mais precisa, porque considera variáveis importantes no desenvolvimento de uma cheia (SCHLICKMANN, 2019).

O efeito do armazenamento de água na bacia, que ocorre em pontos localizados nos leitos de cursos d'água ou mesmo em galerias e obras afins, é levado em consideração através de um expoente redutor n aplicado sobre o parâmetro A (área de drenagem da bacia). Adota-se usualmente $n = 0,9$.

O método I-Pai-Wu é definido pela seguinte expressão:

$$Q = 0,278.C.I.A^{0,9}.K$$

Em que:

Q = vazão (m^3/s);

C = coeficiente de deflúvio;

I = intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia (km^2);

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva.

A obtenção do Coeficiente de deflúvio depende de fatores da bacia hidrográfica analisada, tais como tipo de solo, declividade, uso da terra e condições de cobertura.

Segundo o DAEE (2012), o coeficiente C pode ser determinado pela equação:

$$C = 2/1+F.C2/C1$$

Onde:

$C1$ = Coeficiente de forma da bacia,

$C2$ = Coeficiente volumétrico de escoamento e

F = Fator de forma.





Para definição de C1, é necessário obter o valor de F, com a seguinte equação:

$$F = L/2 \cdot (A/\pi)^{1/2}$$

$$C1 = 4 / 2 + F$$

Onde:

A = Área da bacia contribuinte (km²) e

L = Comprimento do talvegue do curso d'água (km).

O Fator de Forma ou índice de Gravelius é expresso como sendo a razão entre a largura média da bacia e o comprimento axial da mesma. O comprimento axial é medido da saída da bacia até seu ponto mais remoto, seguindo-se as grandes curvas do rio principal, sem considerar os meandros. A largura média é obtida dividindo-se a área da bacia em faixas perpendiculares, onde o polígono formado pela união dos pontos extremos dessas perpendicularidades se aproxime da forma da bacia real. Pode ser também obtido pela seguinte fórmula:

$$Ff = B/L$$

Onde:

L: comprimento da bacia

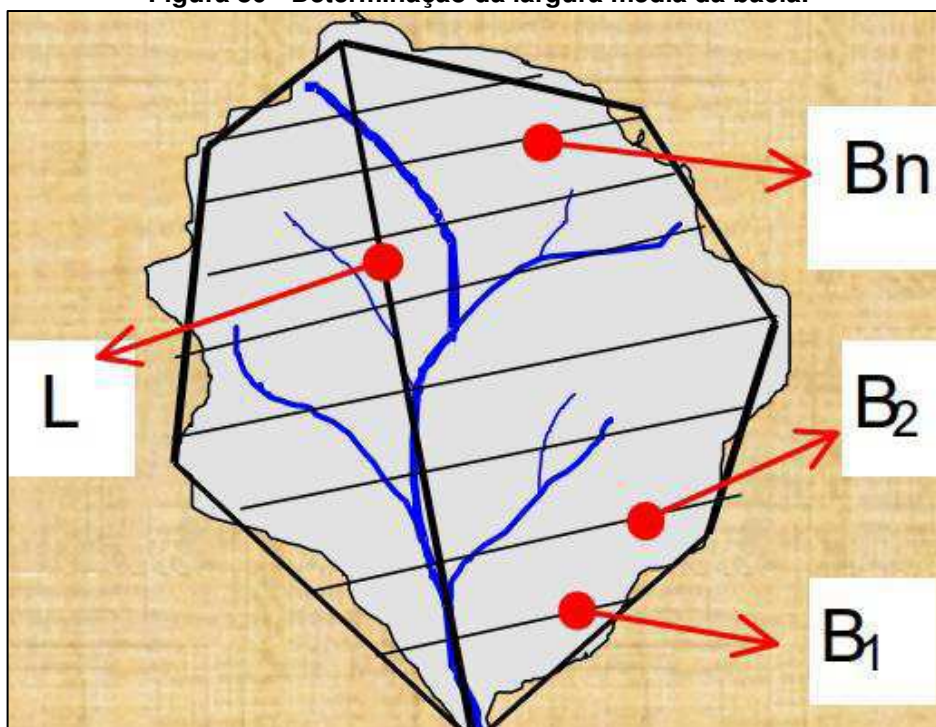
B: largura média, obtida pela fórmula:

$$\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n B_i$$





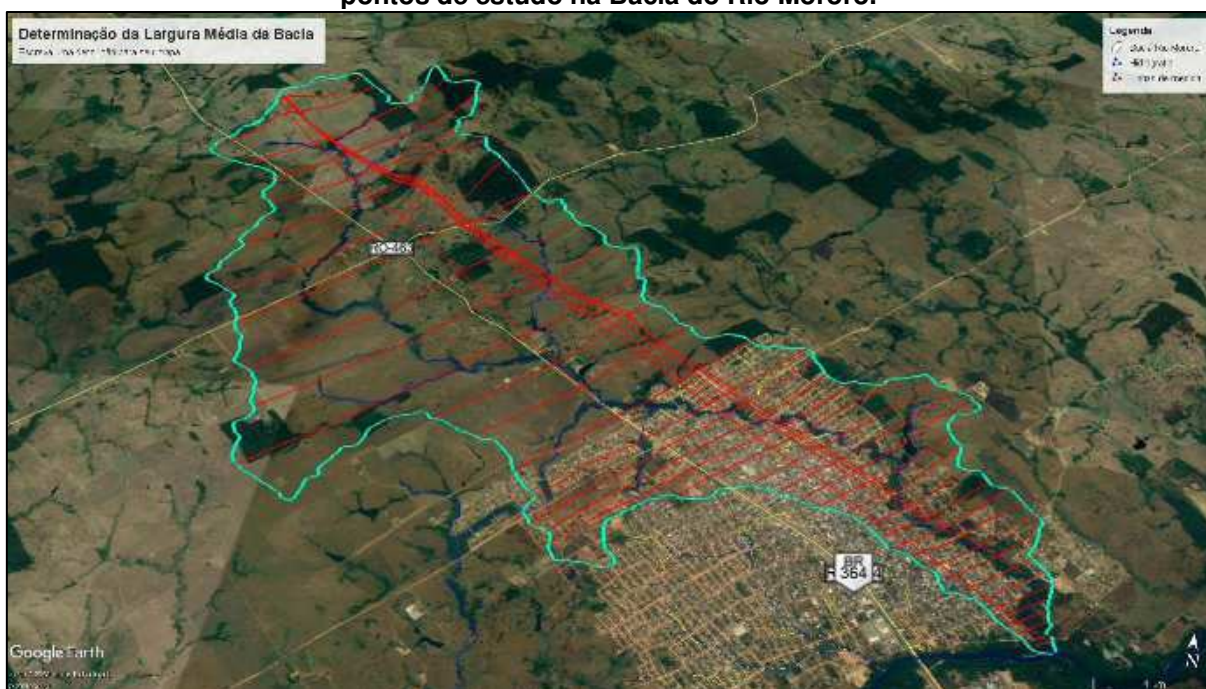
Figura 80 - Determinação da largura média da bacia.



Fonte: Hidromundo.com, 2020.

A figura abaixo demonstra esse processo metodológico aplicado à bacia do Rio Mororó.

Figura 81 - Determinação da largura média da bacia e dos comprimentos L para os diferentes pontos de estudo na Bacia do Rio Mororó.



Fonte: Google Earth Pro, 2020. Elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Para definição de C2 utiliza-se dos valores da figura que segue.

Figura 82 – Valores do Coeficiente de escoamento superficial direto.

Cobertura ou tipo do solo	Uso do Solo ou Grau de Urbanização	C2
- Terreno seco e muito arenoso	- Zonas Verdes Não Urbanizadas	0,1
- Terreno com vegetação densa - Terrenos planos	- Zonas de proteção de mananciais com vegetação densa - Parques e áreas vazias	
- Vegetação rala e/ou esparsa - Solo arenoso seco - Terrenos Cultivados	- Zonas especiais (universidades, cemitérios, aeroportos)	0,3
- Manto fino de material poroso - Pouca vegetação	- Zona residencial com lotes amplos (maiores que 1.000m ²)	0,5
- Gramados amplos, prados e campinas - Declividade média	- Zona residencial rarefeita	
- Pavimentado com declividade média - Solos argilosos ou pantanosos	- Zona residencial com lotes pequenos (100 a 1000 m ²)	0,7
- Terrenos rochosos estéreis ondulados - Vegetação quase inexistente	- Zona de Apartamentos e edifícios comerciais	
- Pavimentado com declividade forte - Rocha viva não porosa - Estéril montanhoso - Vegetação inexistente	- Zona de concentração de prédios comerciais e/ou residenciais	0,9

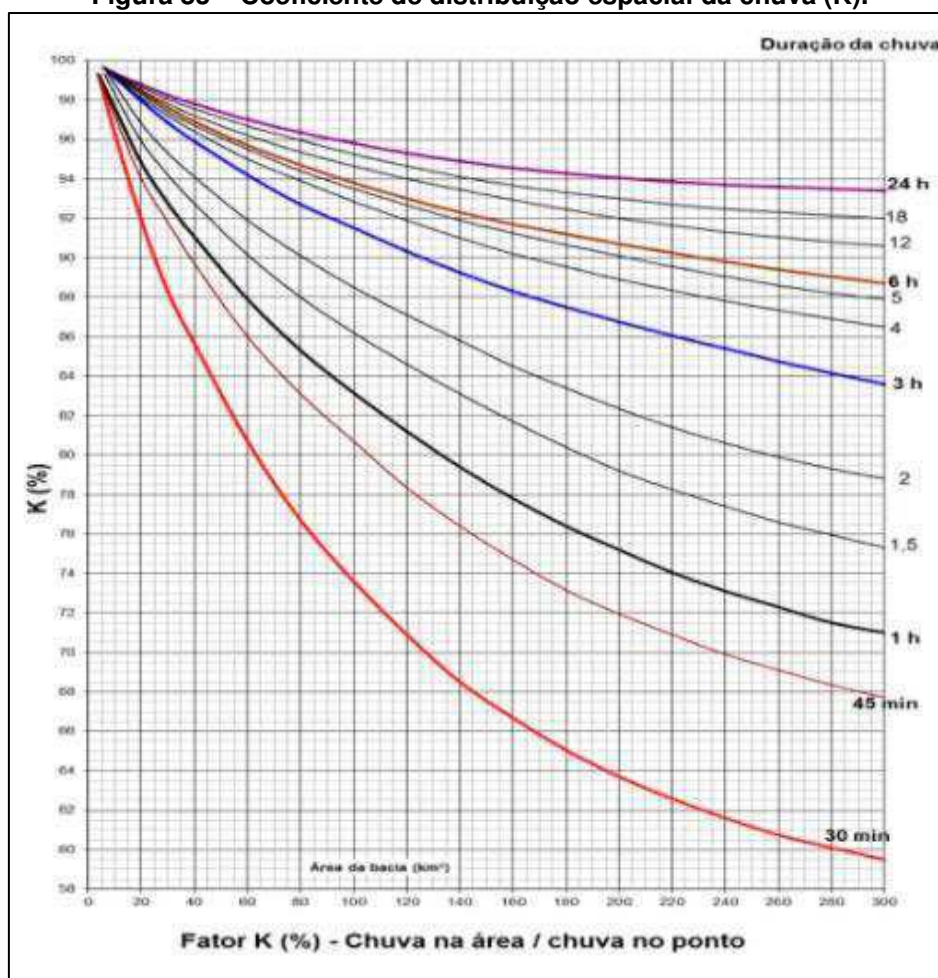
Fonte: DAEE, 2012.

O coeficiente de distribuição espacial da chuva, K, é em função do tempo de concentração das chuvas e da área de drenagem. Seu valor pode ser obtido através do gráfico a seguir extraído do manual “Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de I-Pai-Wu” (São Paulo, 1999).





Figura 83 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).



Fonte: Hidromundo.com.br, 2020.

4.1.4. Chuvas Intensas

As equações de chuvas intensas são fórmulas que dependem de estudos hidrológicos realizados na região de estudo. Esses estudos têm por objetivo a obtenção de uma equação que melhor descreve o regime de chuvas do local.

No caso de Rondônia, as equações de intensidade de chuva aplicadas normalmente correspondem a metodologia IDF. Para o município de Jaru a equação de chuva correspondente segundo Villela e Mattos (1975). Segue representada pela seguinte fórmula:





$$i_m = \frac{K.Tr^a}{(t+b)^c}$$

Onde:

i_m = Intensidade máxima média (mm/h);

Tr = Período de retorno (anos);

t = tempo de duração da chuva (min.)

“a”, “b”, “c” e “K” = Parâmetros de ajustes obtidos pelo método dos mínimos quadrados. Segundo Villela e Mattos (1975), os parâmetros empregados para o município de Jaru são:

$a = 0,204$;

$b = 13,868$;

$c = 0,714$;

$K = 918,014$.

Tabela 3 – Intensidade de Chuvas das Bacias Urbanas.

Fórmula com parâmetros de Jaru					
Bacias	Tc	Intensidade (mm/h)			
		5 Anos	10 Anos	50 Anos	100 Anos
Bacia Rio Mororó	203,24	27,36	31,51	43,76	50,40
Bacia do Canal da Baixada	35,62	78,63	90,57	125,77	144,88
Bacia A	9,27	135,31	155,87	216,44	249,32
Bacia B	12,47	123,36	142,10	197,32	227,29
Bacia C	8,77	137,42	158,29	219,81	253,20

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A intensidade da precipitação indica a quantidade (altura) precipitada em determinado tempo. Já o conceito de período de retorno (TR) pode ser expresso como o “número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma





determinada intensidade pluviométrica igualada ou ultrapassada apenas uma vez” (NBR 10.844).

O tempo de duração de chuva foi adotado como geralmente ocorre na drenagem urbana, sendo igual ao tempo de concentração da seção analisada da bacia.

4.1.5. Cálculo da Capacidade de vazão para sarjetas

Para o cálculo de vazão em sarjetas, deve ser utilizada a fórmula de Izzard para escoamento de um canal triangular:

$$Q = 0,375 \times \sqrt{I} \times \frac{Z}{n} \times y^{\frac{8}{3}}$$

Onde:

Q = vazão em m³ /s;

n = coeficiente de rugosidade de Manning relativo à sarjeta, adotou-se 0,013 (concreto acabamento manual áspero);

Z = inverso da declividade transversal ∴ Z = 12;

y = altura máxima da lâmina d'água na guia ∴ y = 0,13 m;

I = declividade longitudinal da rua em m/m.

4.1.6. Cálculo das galerias de águas pluviais

Para o cálculo das galerias de águas pluviais deve-se utilizar a fórmula de Manning:

$$Q = 0,312 \times D^{\frac{4}{3}} \times \frac{\sqrt{I}}{n}$$

Q = vazão em m³ /s;

D = diâmetro em metros;





I = declividade em m/m;

n = natureza da parede do tubo, concreto $n = 0,013$

4.2. Crescimento Populacional e de Uso e Ocupação do Solo

4.2.1. Crescimento Populacional

Diversos são os métodos aplicáveis para o estudo do crescimento populacional. Neste estudo foram utilizados o método do Crescimento, o método Aritmético, o método da Previsão e o método Geométrico. Foram utilizados os levantamentos dos anos de 1991, 2000 e 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Com base nos dados do IBGE, realizou-se o estudo da evolução da população total do Município de Jarú por meio dos métodos citados. Os valores a seguir apresentam os dados de população do Município, dos anos de 1991 até 2010.

Tabela 4 - População total do Município de Jarú - RO.

População residente do Município de Jarú			
Situação do domicílio	Ano		
	1991	2000	2010
Total	63.535	53.600	52.005
Urbana	27.675	29.577	35.118
Rural	35.860	24.023	16.887

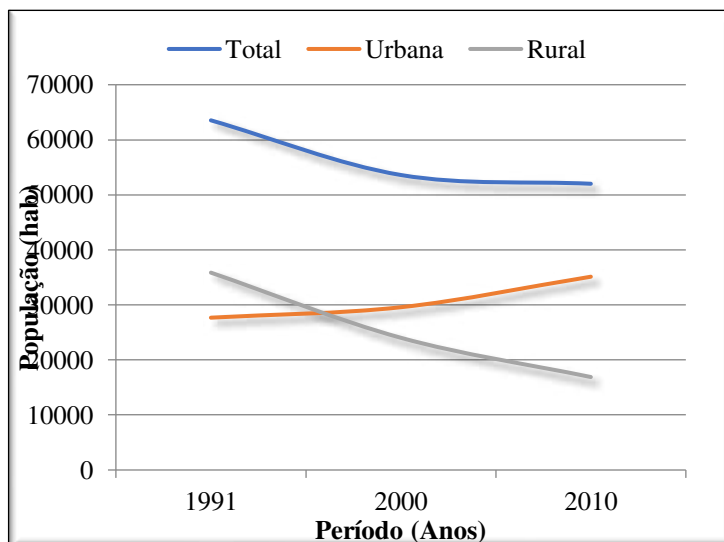
Fonte: IBGE, 2010.

A figura abaixo apresenta a distribuição da população do Município no período de 1991 a 2010, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.





Gráfico 1 - Evolução da população no Município de Jarú.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A fim de definir qual dos métodos matemáticos mais se adequa a realidade do Município, pôde-se obter linhas de tendência para os dados do IBGE, através do Software EXCEL, utilizando-se 4 tipos diferentes de curvas: logarítmica, linear, polinomial e exponencial. A evolução da população e a taxa de crescimento (%) ano a ano, obtidos através do ajuste dos dados do IBGE, são determinadas a partir da curva que melhor se ajusta aos dados do IBGE.

Sendo assim, a linha de tendência que melhor se ajustou aos dados do IBGE foi a polinomial, que apresentou um R^2 no valor de 1,000000000 no que resultou na equação:

$$y = 49,70467836x^2 - 199.475,2623392x + 200.185.405,01754300$$

Onde y é a população em um determinado tempo t e x é o ano no mesmo tempo t . Após definidas as taxas de crescimento da linha de tendência compara-se os valores com os valores obtidos por cada método de crescimento. Dessa forma, foi indicado como o mais aplicável ao comportamento do Município, o método de Crescimento, que retratou melhor a evolução da população e permitiu estimar a população futura. Este método indicou uma taxa de crescimento urbano de 1,37% ao ano e apresentou a população para os próximos 20 anos, conforme a tabela abaixo.





Tabela 5 - População urbana futura do município de Jaru.

Estimativa da População do Município de Jaru.	
Ano	População
2020	40.659
2021	41.213
2022	41.767
2023	42.321
2024	42.875
2025	43.430
2026	43.984
2027	44.538
2028	45.092
2029	45.646
2030	46.200
2031	46.754
2032	47.308
2033	47.862
2034	48.416
2035	48.971
2036	49.525
2037	50.079
2038	50.633
2039	51.187
2040	51.741

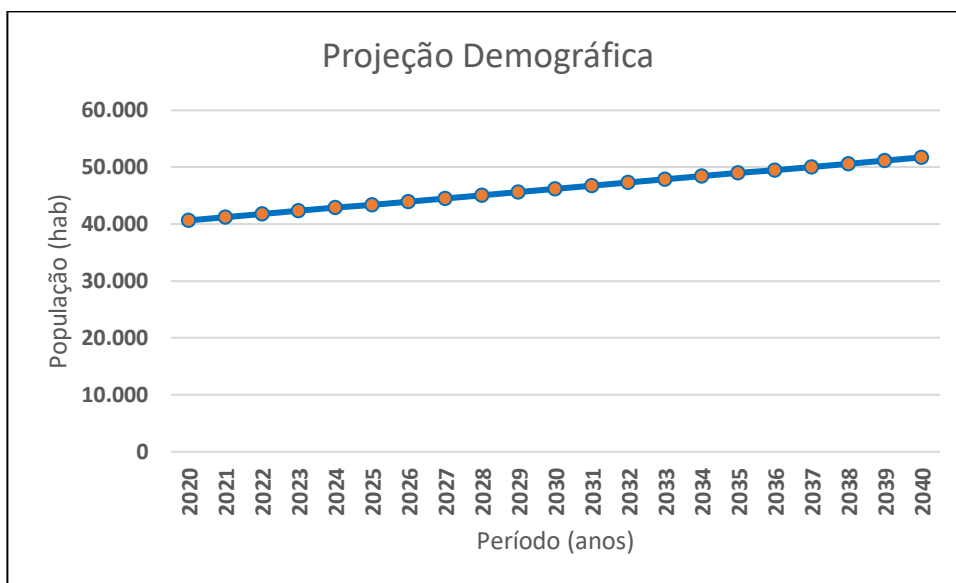
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A figura a seguir, demonstra o crescimento da população urbana do Município conforme dados do IBGE, de 1991 a 2010, e a previsão do crescimento da população, que representa o horizonte do Plano de Drenagem, Macrodrenagem e Manejo de Águas Pluviais de Jaru - RO.





Gráfico 2 - Crescimento populacional do município de Jaru.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

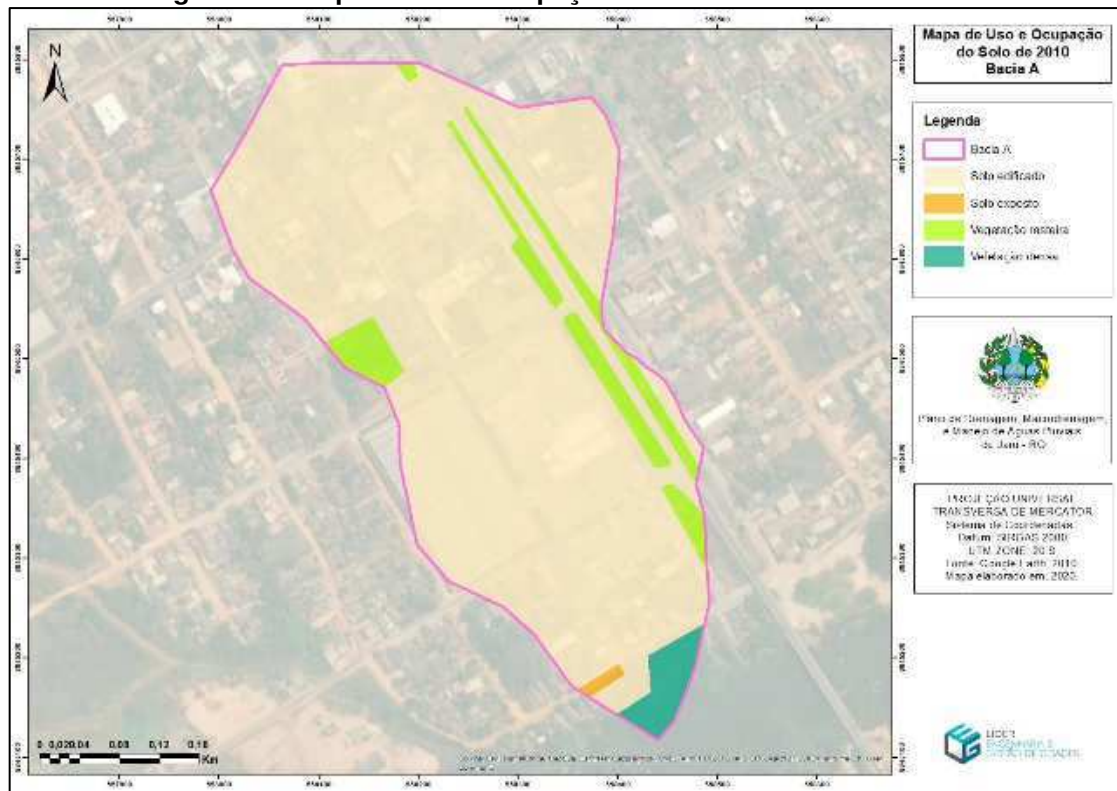
4.3. Mudança de uso e ocupação do solo

Primeiramente foi identificado o padrão de aumento das áreas edificadas nas bacias onde elas já eram maiores (quanto maior a urbanização menos espaço para crescer). Após isso foi identificado também o padrão de diminuição das demais categorias de solo, utilizando sempre a hierarquização de maior redução para o solo exposto, depois de vegetação rasteira e por último vegetação densa, dada a facilidade de ocupação decrescente do primeiro para o último. Esses padrões foram transformados em taxas percentuais hipotéticos de aumento e redução e aplicados sobre a situação atual para um horizonte de 20 anos, formando assim a situação futura. Concomitante a essa análise de crescimento, também foram elaborados mapas de uso e ocupação do solo de 10 anos atrás, para cada microbacia urbana, e calculados os valores do escoamento superficial e infiltração de águas pluviais no solo para o referido cenário, onde é possível visualizar a seguir.



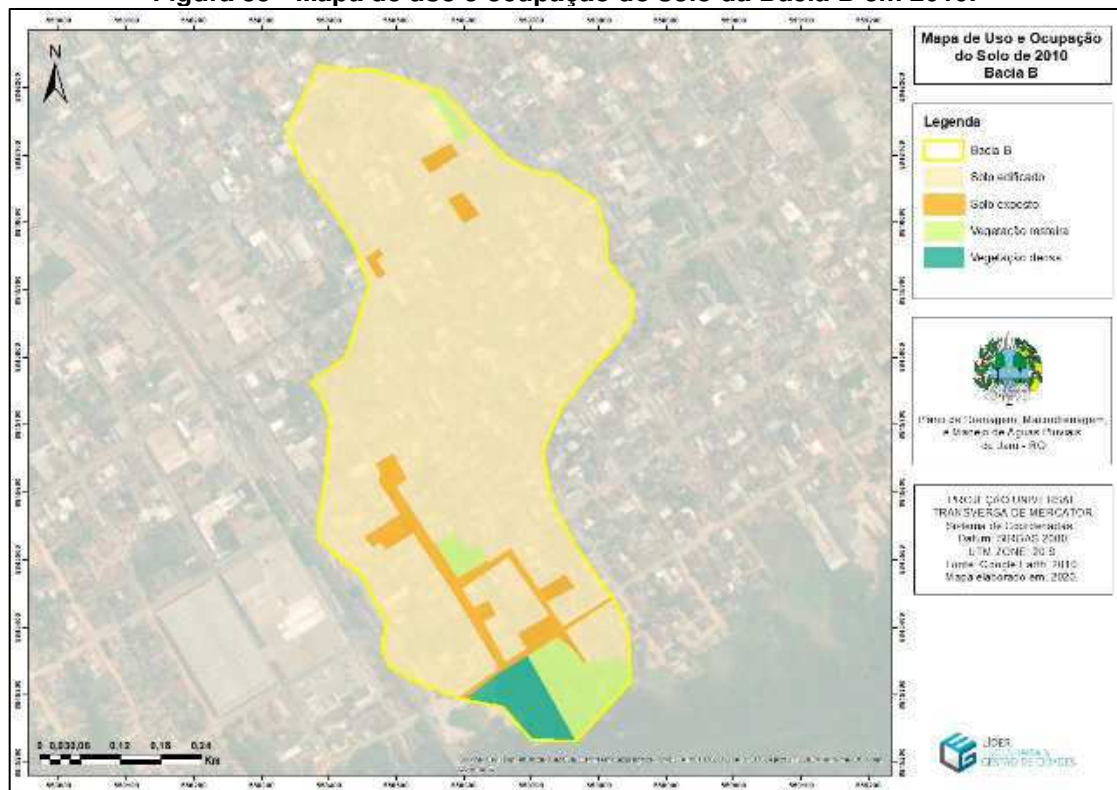


Figura 84 – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia A em 2010.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 85 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia B em 2010.

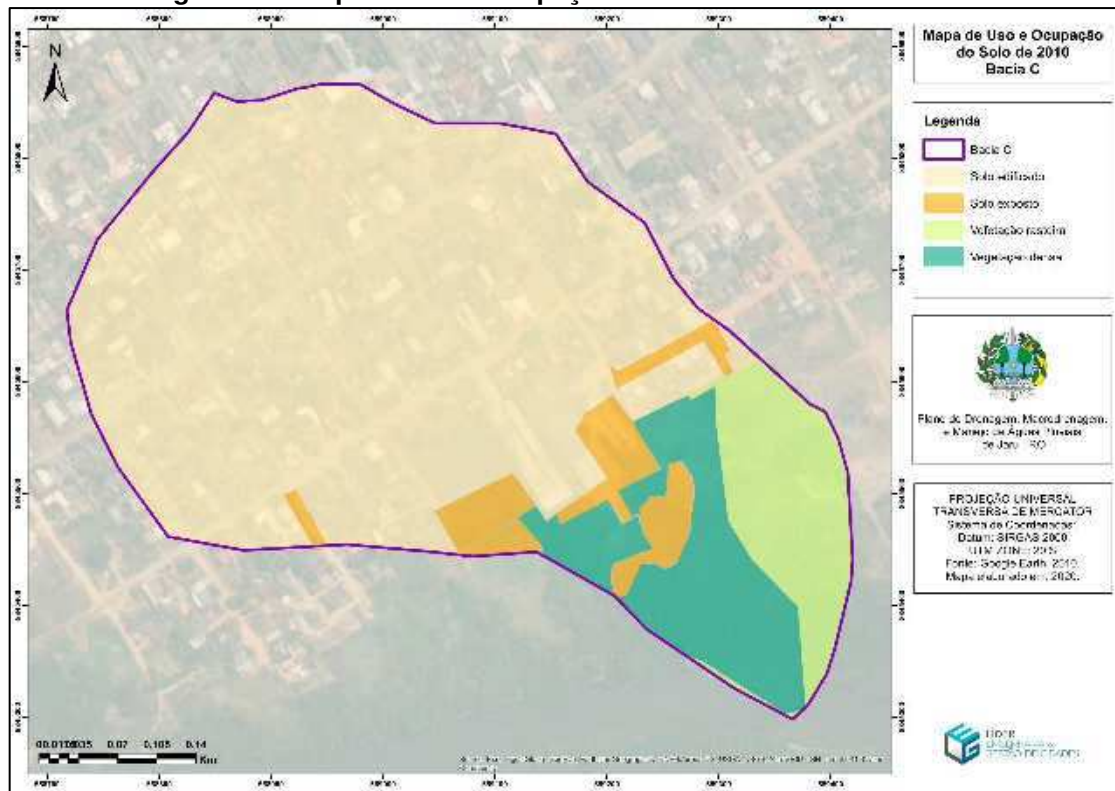


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.



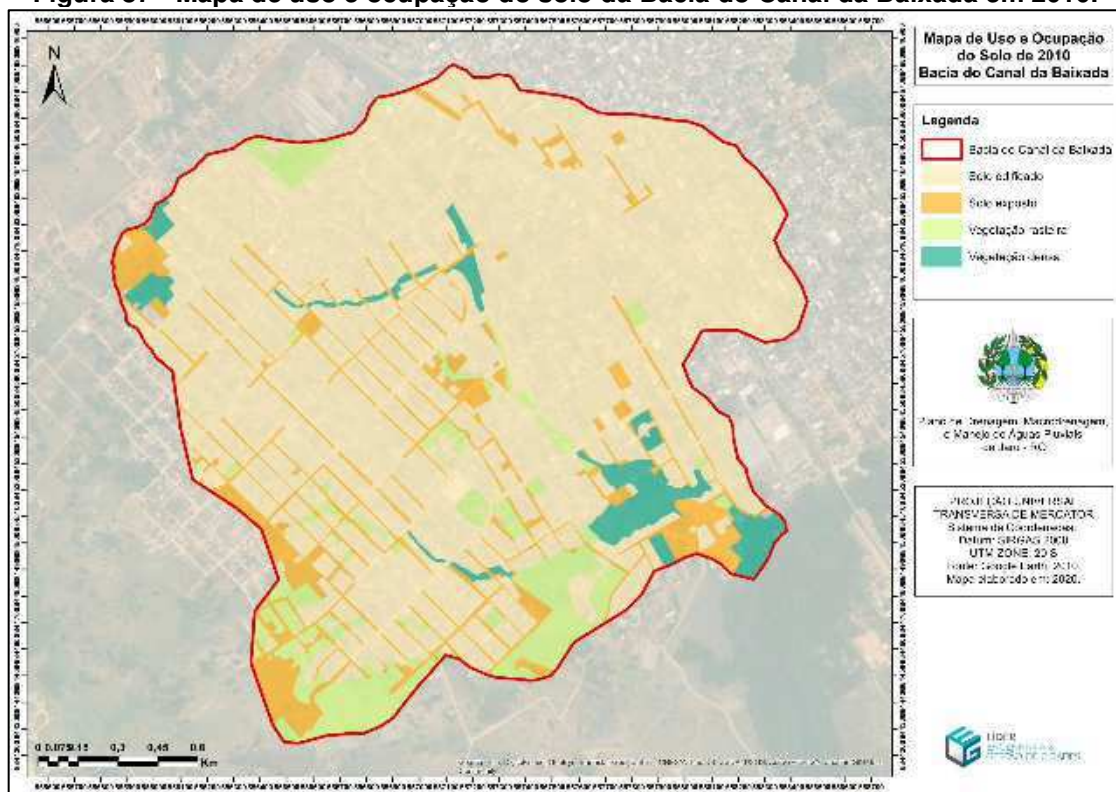


Figura 86 – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia C em 2010.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 87 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Canal da Baixada em 2010.

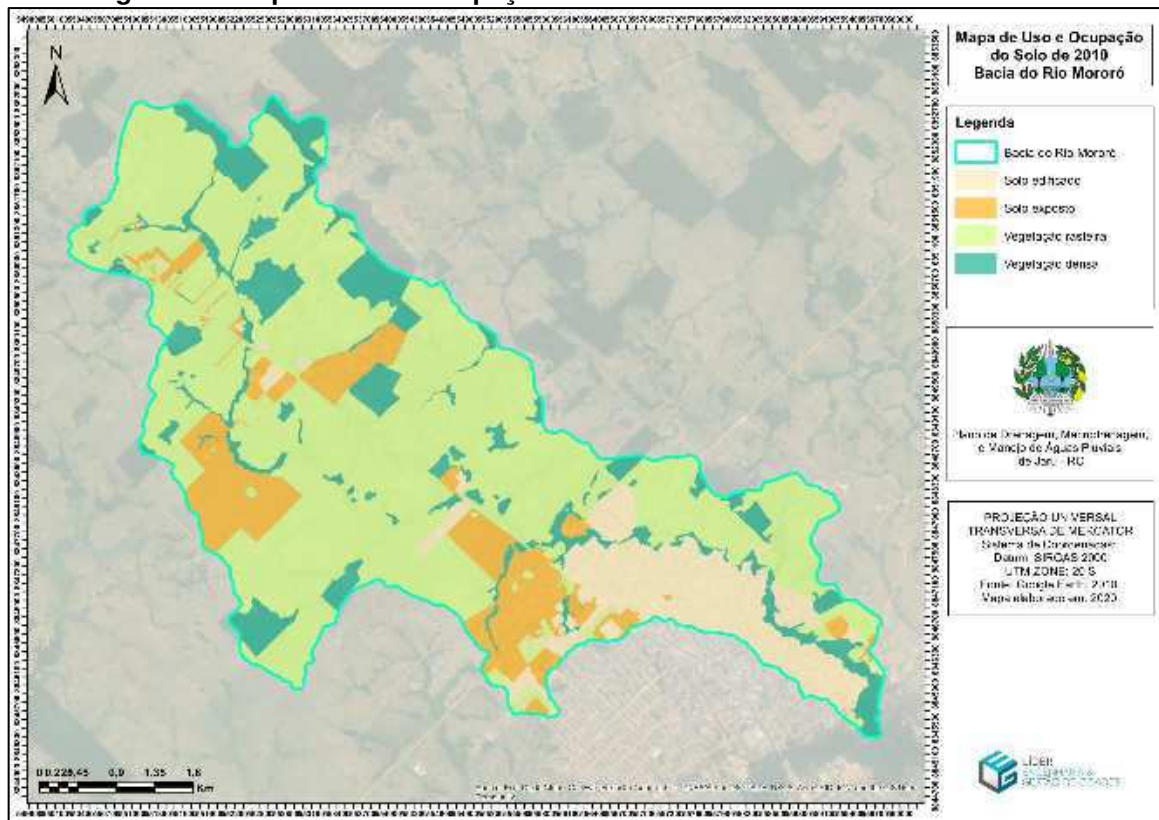


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.



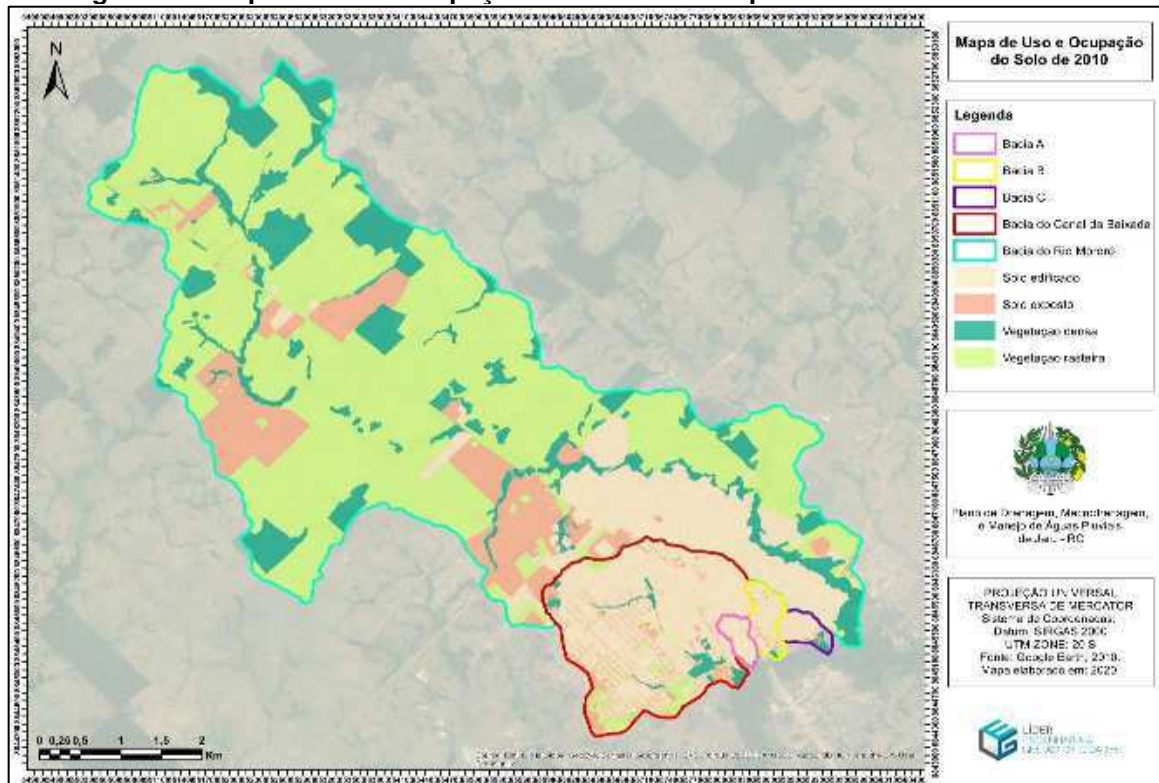


Figura 88 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Mororó em 2010.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 89 - Mapa de uso e ocupação do solo em 2010 para as 5 bacias em estudo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





O quadro 1 mostra os cenários passado, atual e futuro de uso e ocupação do solo de acordo com as classes de solo pré-definidas no diagnóstico, bem como as porcentagens dessas áreas dentro de cada microbacia urbana e a sua variação de um cenário para o outro.

Quadro 1 - Cenários passado, atual e futuro de cobertura e uso do solo.

Classes de solo	Cenário Passado		Cenário Atual			Cenário Futuro		
	km ²	(%)	km ²	(%)	Δ%	km ²	(%)	Δ%
Solo exposto	3,59	11,79	0,5900	1,94	-83,58	0,2950	0,97	-50,00
Vegetação densa	4,63	15,19	5,6500	18,53	22,03	5,3675	17,60	-5,00
Vegetação rasteira	18,70	61,32	17,9800	58,97	-3,83	17,0810	56,02	-5,00
Edificações	3,57	11,71	6,2700	20,56	75,63	7,7465	25,41	23,55
Total	30,4900	100,00	30,4900	100,00		30,4900	100,00	
Solo exposto	0,5344	11,94	0,4800	11,01	-10,18	0,0816	1,87	-83,00
Vegetação densa	0,28029	6,26	0,2100	4,82	-25,08	0,1785	4,09	-15,00
Vegetação rasteira	0,43005	9,61	0,4000	9,17	-6,99	0,3396	7,79	-15,10
Edificações	3,2292	72,18	3,2700	75,00	1,26	3,7603	86,25	14,99
Total	4,4739	100,00	4,3600	100,00		4,3600	100,00	
Solo exposto	0,0005	0,28	0,0020	1,11	300,00	0,0001	0,06	-95,00
Vegetação densa	0,0042	2,33	0,0040	2,22	-4,76	0,0016	0,89	-60,00
Vegetação rasteira	0,0143	7,95	0,0140	7,78	-2,17	0,0021	1,17	-85,00
Edificações	0,1610	89,44	0,1600	88,89	-0,62	0,1762	97,89	10,13
Total	0,1800	100,00	0,1800	100,00		0,1800	100,00	
Solo exposto	0,01908	5,89	0,0200	6,17	4,82	0,0010	0,31	-95,00
Vegetação densa	0,0094	2,90	0,0090	2,78	-4,26	0,0036	1,11	-60,00
Vegetação rasteira	0,01750	5,40	0,0150	4,63	-14,29	0,0023	0,69	-85,00
Edificações	0,2780	85,81	0,2800	86,42	0,72	0,3172	97,89	13,27
Total	0,3240	100,00	0,3240	100,00		0,3240	100,00	
Solo exposto	0,01575	6,85	0,0160	6,96	1,59	0,0008	0,35	-95,00
Vegetação densa	0,0267	11,61	0,0270	11,74	1,12	0,0216	9,39	-20,00
Vegetação rasteira	0,0139	6,04	0,0270	11,74	94,24	0,0216	9,39	-20,00
Edificações	0,1736	75,49	0,1600	69,57	-7,83	0,1860	80,87	16,25
Total	0,2300	100,00	0,2300	100,00		0,2300	100,00	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A Bacia do Rio Mororó atualmente possui a menor taxa de urbanização, tendo 20,56% de sua bacia com edificações e quase 60% de sua área coberta por vegetação rasteira, sendo a bacia com maior propensão à expansão urbana. Foi adotada uma taxa de crescimento da classe de solo “edificações” de 23,55%, o que significou a redução de 50% da área de solo exposto e de 5% para as áreas de vegetação densa e vegetação rasteira, num cenário planejado para ocupação.





A Bacia A, no paradigma atual, possui a maior taxa de urbanização, com 88,89% de sua área coberta por edificações, sendo a com menor propensão de aumento de área edificada, 10,13%, o que, mesmo sendo a menor taxa de crescimento encontrada para as bacias estudadas, acarretaria em uma diminuição de 95, 60 e 85% respectivamente para as áreas de solo exposto, vegetação densa e vegetação rasteira. Essa bacia, no cenário proposto, ficaria com quase 98% de sua área ocupada por edificações, mostrando-se crítica para o planejamento das ações de drenagem do presente plano.

Para a Bacia B, terceira em percentual de área coberta por edificações, foi adotada uma taxa de crescimento de 13,27% para as áreas edificadas, resultando nos mesmos percentuais de diminuição das demais áreas encontradas para a Bacia A.

A Bacia do Canal da Baixada possui atualmente 75% de sua área coberta por solo com edificações. Adotando-se um crescimento de 15% para essa classe de solo, segundo o modelo proposto, teríamos uma diminuição de 83% do solo exposto e uma redução de 15% para as áreas de vegetação densa e vegetação rasteira.

4.4. Cenários Hidrológicos

Para o presente projeto são apresentados 4 cenários hidrológicos distintos, a saber:

- Cenário 1: vazões nos pontos de interesse para uso e ocupação do solo de 10 anos atrás;
- Cenário 2: vazões nos pontos de interesse para o uso e ocupação do solo atual;
- Cenário 3: vazões nos pontos de interesse para o uso e ocupação do solo futuro, horizonte de 20 anos, sem as medidas estruturais propostas no PDMACRO, e;
- Cenário 4: vazões nos pontos de interesse para o uso e ocupação do solo futuro, horizonte de 20 anos, com as medidas estruturais propostas no PDMACRO.

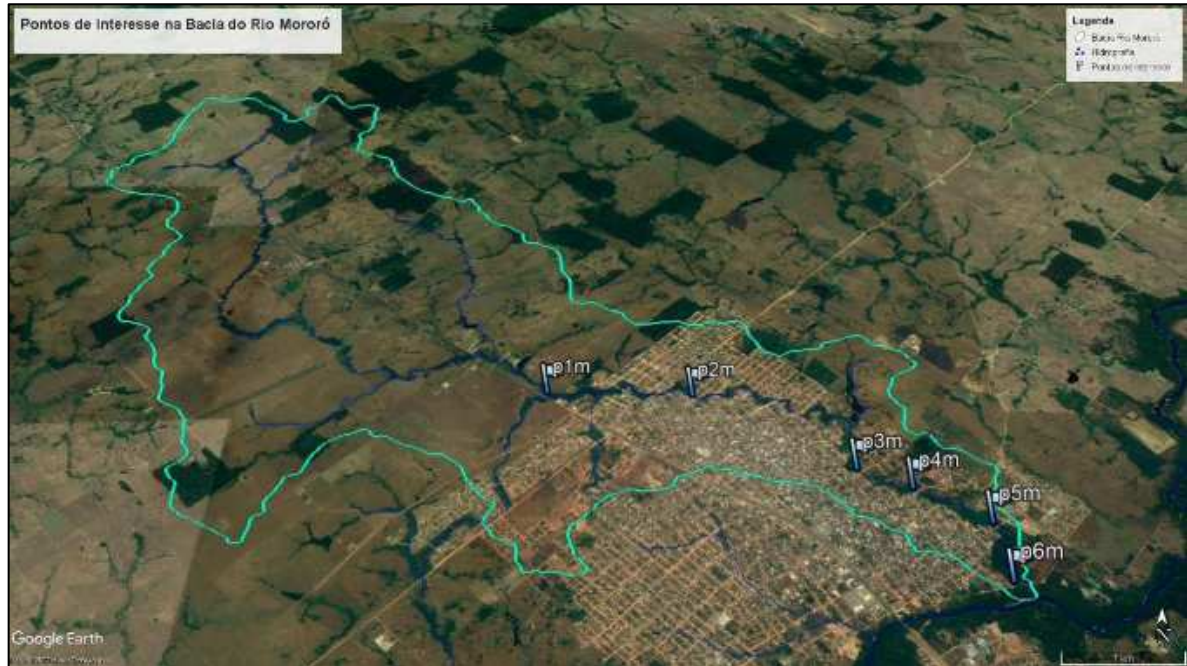
Os pontos de interesse foram definidos nas visitas *in loco* e são basicamente locais onde há risco de transbordamento dos canais ou subdimensionamento de





tubulações e galerias. As figuras que seguem ilustram os pontos de interesse para medição de vazões das bacias do Rio Mororó, do Canal da Baixada e da Bacia B, respectivamente.

Figura 90 – Pontos de Interesse para cálculo de vazão na Bacia do Rio Mororó.



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 91 – Pontos de Interesse para cálculo de vazões na Bacia do Canal da Baixada.



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 92 – Pontos de Interesse para cálculo de vazões para a Bacia B.



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

. A equação utilizada para calcular os diferentes Tempos de Concentração foi a de Kirpich, ilustrada a seguir.

$$t_c = 57 \times \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

tc em minutos;

L extensão do talvegue em quilômetros e;

H diferença de cotas entre seção de drenagem e o ponto mais alto do talvegue em metros.

Para o cálculo das vazões nos diferentes pontos, foi utilizado o Método Racional, cuja a equação é exemplificada abaixo.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Onde:

Q – Vazão de pico (m³/s);

i – Intensidade máxima da chuva (mm/h);

C – Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);





A – Área de drenagem da bacia (km²).

Para o cálculo da intensidade máxima da chuva, na equação anterior, foi usada a metodologia IDF. A equação para Jarú, segundo Villela e Matos (1975) é representada a seguir.

$$i_m = \frac{K \cdot Tr^a}{(t+b)^c}$$

Onde:

i_m = Intensidade máxima média (mm/h);

Tr = Período de retorno (anos);

t = tempo de duração da chuva (min.)

“a”, “b”, “c” e “K” = Parâmetros de ajustes obtidos pelo método dos mínimos quadrados. Segundo Villela e Mattos (1975), os parâmetros empregados para o município de Jarú são:

a= 0,204;

b= 13,868;

c= 0,714;

K= 918,014.

Aplicando-se as fórmulas acima referenciadas obteve-se os seguintes tempos de concentração para cada ponto de interesse. Para as tabelas a seguir as seguintes unidades foram adotadas:

- L – Extensão do talvegue, em quilômetros, medido em linha reta desde a nascente do corpo hídrico até a seção de estudo;
- Hm – altitude do ponto mais alto do talvegue, em metros;
- Hs – altitude da seção em estudo (altitude dos pontos), em metros;
- ΔH – diferença entre Hm e Hs;
- Tc – tempo de concentração, em minutos.





Para a Bacia do Rio Mororó foram realizados 2 estudos: um pelo Método Racional e outro pelo Método I-Pai-Wu. O primeiro estudo encontrou vazões muito acima do normal, dada a grande área da bacia e as limitações do método utilizado. Já o método I-Pai-Wu, recomendado pelo DAEE para bacias com tamanho entre 2 e 30km², apresentou vazões mais próximas à realidade.

Quadro 2 – Tempos de concentração para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó.

Ponto	L	Hm	Hs	ΔH	Tc
1,00	6,00	222,00	160,00	62,0000	92,17
2,00	6,79	222,00	155,00	67,0000	103,19
3,00	8,65	222,00	145,00	77,0000	129,37
4,00	9,15	222,00	143,00	79,0000	136,69
5,00	9,88	222,00	141,00	81,0000	147,93
6,00	10,30	222,00	140,00	82,0000	154,48

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020

Quadro 3 – Tempos de concentração para os pontos de interesse da Bacia B.

Ponto	L	Hm	Hs	ΔH	Tc
1,00	0,25	156,00	147,00	9,0000	4,93
2,00	0,46	156,00	144,00	12,0000	8,93
3,00	0,61	156,00	141,00	15,0000	11,35
4,00	0,74	156,00	140,00	16,0000	13,84

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020

Quadro 4 – Tempos de concentração para os pontos de interesse da Bacia do Canal da Baixada.

Ponto	L	Hm	Hs	ΔH	Tc
p1cb1	1,0440	154,0000	145,0000	9,0000	25,7093
p2cb1	1,0910	154,0000	143,0000	11,0000	25,0395
p3cb1	1,2400	154,0000	143,0000	11,0000	29,0296
p4cb1	1,3600	154,0000	142,0000	12,0000	31,2340
p5cb1	1,3980	154,0000	142,0000	12,0000	32,2441
p5cb12	1,4300	154,0000	141,0000	13,0000	32,0937
p6cb1	1,4710	154,0000	141,0000	13,0000	33,1588
p7cb1	1,5680	154,0000	140,0000	14,0000	34,6929
p8cb1	1,7460	154,0000	139,0000	15,0000	38,2508
p9cb2	0,3300	154,0000	143,0000	11,0000	6,2925
p10cb3	0,5940	163,0000	155,0000	8,0000	14,0252
p11cb3	0,4350	162,0000	153,0000	9,0000	9,3529
p12cb3	0,7440	163,0000	154,0000	9,0000	17,3843
p13cb3	0,7590	163,0000	154,0000	9,0000	17,7898
p14cb3	0,8420	163,0000	153,0000	10,0000	19,2580





p15cb3	1,1090	163,0000	145,0000	18,0000	21,1101
p16cb3	1,4140	163,0000	143,0000	20,0000	26,8378
p17cb4	0,9350	157,0000	145,0000	12,0000	20,2618
p18cb4	0,9570	157,0000	144,0000	13,0000	20,1818
p19cb4	1,0980	157,0000	143,0000	14,0000	22,9885

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

4.4.1. Cenário 1

O cenário 1 caracteriza-se pelo panorama de uso e ocupação do solo de 2010, já apresentado no mapa elaborado no item anterior a partir de imagem de satélite da referida época e processamento no *software* ArcGis.

Os valores de CN encontrados são explicitados no quadro 2.

Quadro 5 – Valores de CN para as diferentes bacias em 2010.

Bacias Urbanas	Classes de solo	km ²	Run Off	CN
Bacia Rio Mororó	Solo exposto	3,59	0,30	0,24
	Vegetação densa	4,63	0,10	
	Vegetação rasteira	18,70	0,15	
	Edificações	3,57	0,85	
Bacia do Canal da Baixada	Solo exposto	0,5344	0,20	0,67
	Vegetação densa	0,28029	0,10	
	Vegetação rasteira	0,43005	0,20	
	Edificações	3,2292	0,85	
Bacia A	Solo exposto	0,0005	0,25	0,81
	Vegetação densa	0,0042	0,15	
	Vegetação rasteira	0,0143	0,20	
	Edificações	0,1682	0,85	
Bacia B	Solo exposto	0,01908	0,15	0,75
	Vegetação densa	0,0094	0,10	
	Vegetação rasteira	0,01750	0,20	
	Edificações	0,2836	0,85	
Bacia C	Solo exposto	0,01575	0,25	0,68
	Vegetação densa	0,0267	0,10	
	Vegetação rasteira	0,00001	0,15	
	Edificações	0,1736	0,85	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020





Utilizando-se a equação da chuva para Jarú e os tempos de concentração já expostos no item anterior, obteve-se as intensidades máximas para os diferentes tempos de retorno em cada ponto e, aplicando-se as equações do método racional e método I-Pai-Wu, as seguintes vazões de projeto em cada ponto de interesse para cada tempo de retorno correspondente. Os Quadros 6 e 7, apresentam as vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2020, através dos métodos Racional e I-Pai-Wu respectivamente.

Quadro 6 – Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2010, segundo o Método Racional.

Ponto	CN	Área de contribuição	Intensidade (mm/h)					Vazões para os Tempos de Retorno (m³/s)				
			5 Anos	10 Anos	25	50 Anos	100 Anos	5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos
1	0,07	22,1	45,63232	52,56331	63,3669	72,99155	84,07806	19,609	22,588	27,230	31,366	36,130
2	0,12	25,44	42,52024	48,97854	59,04534	68,0136	78,34402	36,057	41,534	50,070	57,676	66,436
3	0,15	29,03	36,81427	42,4059	51,12179	58,88656	67,8307	44,530	51,293	61,836	71,228	82,047
4	0,21	29,44	35,52738	40,92355	49,33476	56,8281	65,45959	61,012	70,279	84,724	97,593	112,416
5	0,22	30,24	33,74698	38,87273	46,86243	53,98025	62,17918	62,364	71,837	86,602	99,755	114,907
6	0,24	30,51	32,80344	37,78587	45,55218	52,471	60,44069	66,722	76,856	92,653	106,726	122,936

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020

Quadro 7 – Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2010, segundo o método I-Pai-Wu.

Ponto	Vazão de Projeto Método I Pai Wu (m³/s) 2010				
	5 Anos	10 Anos	25 anos	50 Anos	100 Anos
1	11,60636	13,36922	16,11706	18,56505	21,38485
2	16,55202	19,06606	22,9848	26,47591	30,49728
3	22,53758	25,96076	31,2966	36,05017	41,52575
4	25,66025	29,55773	35,63287	41,04507	47,2793
5	27,98518	32,23579	38,86137	44,76393	51,56301
6	34,29772	39,50712	47,62721	54,86119	63,19393

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

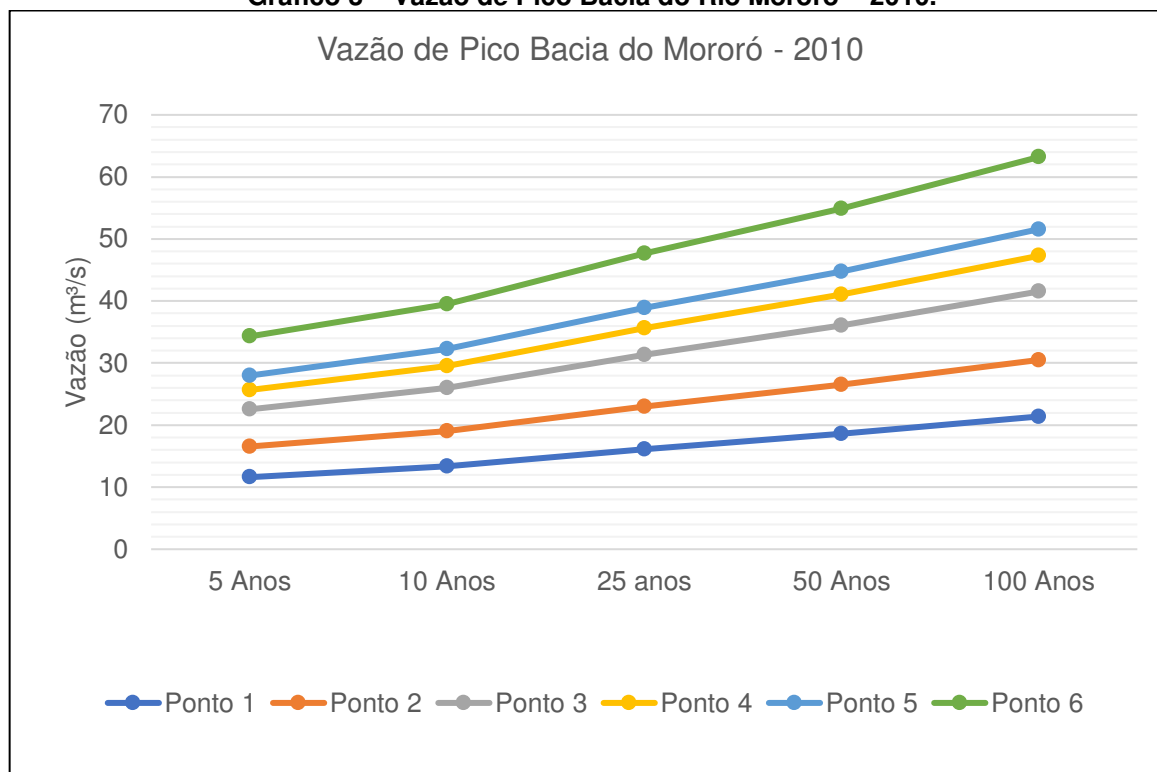
O Método I-Pai-Wu apresenta valores mais próximos da realidade da Bacia do Rio Mororó para os pontos de referência, onde é possível observar as notórias diferenças de valores nas vazões para as projeções feitas. Os valores apresentados pelo Método Racional superestimam o projeto, resultando em vazões mais elevadas, como identificado, por exemplo, no Ponto 5 para o tempo de retorno de 25 e 50 anos, onde o Método Racional aponta os valores de 86,60m³/s e 99,75m³/s, enquanto o Método I-Pai-Wu aponta os valores de 38,86m³/s e 44,76m³/s, resultando em uma variação significativa para a elaboração do projeto.





O Gráfico 3 ilustra os picos de vazões referentes a Bacia do Rio Mororó de 2010.

Gráfico 3 – Vazão de Pico Bacia do Rio Mororó – 2010.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Para a Bacia B, utilizando-se da equação da chuva para Jaru e os tempos de concentração já expostos no item anterior, obteve-se as intensidades máximas para os diferentes tempos de retorno em cada ponto e, aplicando-se as equações apenas do método racional, uma vez que para este caso, este método melhor condiz com a realidade da bacia.

Quadro 8 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia B em 2010.

Ponto	CN	Área de contribuição	Intensidade (mm/h)					Vazões para os Tempos de Retorno (m³/s)				
			5 Anos	10 Anos	25	50 Anos	100 Anos	5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos
1	0,6	0,181	156,92	180,75	217,90	251,00	289,12	4,734	5,453	6,573	7,572	8,722
2	0,62	0,25	136,74	157,51	189,88	218,72	251,94	5,887	6,782	8,175	9,417	10,848
3	0,65	0,297	127,23	146,55	176,67	203,50	234,41	6,822	7,859	9,474	10,913	12,570
4	0,67	0,324	118,95	137,02	165,18	190,27	219,17	7,173	8,262	9,961	11,473	13,216

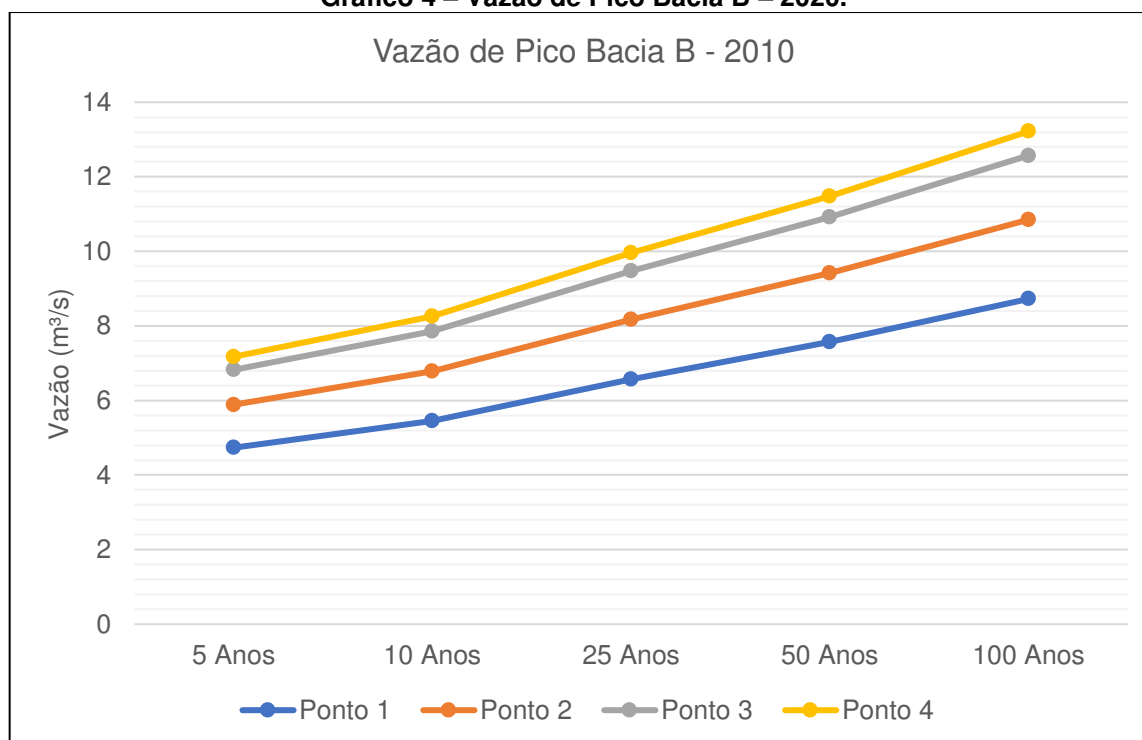
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O Gráfico 4 apresenta os picos de vazões referentes a Bacia B de 2010.





Gráfico 4 – Vazão de Pico Bacia B – 2020.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Para a Bacia do Canal da Baixada, utilizando-se da equação da chuva para Jaru e os tempos de concentração já expostos no item anterior, obteve-se as intensidades máximas para os diferentes tempos de retorno em cada ponto e, aplicando-se as equações apenas do método racional, uma vez que para este caso, este método melhor condiz com a realidade da bacia.

Quadro 9 – Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do canal da Baixada - 2010.

Ponto	CN	Área de contribuição	Intensidade (mm/h)					Vazões para os Tempos de Retorno (m³/s)				
			5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos	5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos
p1cb1	0,69	1,84	92,2279	106,2362	128,0715	147,5239	169,9310	32,526	37,466	45,167	52,027	59,929
p2cb1	0,71	1,854	93,3588	107,5388	129,6418	149,3328	172,0146	34,137	39,322	47,404	54,604	62,897
p3cb1	0,71	2,065	87,0727	100,2980	120,9127	139,2779	160,4325	35,462	40,848	49,243	56,723	65,338
p4cb1	0,7	2,073	84,0124	96,7729	116,6630	134,3827	154,7938	33,864	39,008	47,025	54,167	62,395
p5cb1	0,68	3,299	82,6942	95,2544	114,8325	132,2742	152,3650	51,530	59,357	71,557	82,426	94,945
p5cb12	0,69	3,302661	82,8874	95,4769	115,1008	132,5832	152,7209	52,469	60,438	72,860	83,926	96,674
p6cb1	0,68	4,21403	81,5426	93,9279	113,2333	130,4320	150,2431	64,907	74,765	90,132	103,822	119,591
p7cb1	0,7	4,250722	79,6949	91,7996	110,6676	127,4766	146,8388	65,870	75,875	91,470	105,363	121,367
p8cb1	0,72	4,36	75,7713	87,2801	105,2192	121,2007	139,6096	66,073	76,108	91,751	105,687	121,740
p9cb2	0,65	0,164	149,2882	171,9632	207,3077	238,7951	275,0652	4,421	5,092	6,139	7,071	8,145
p10cb3	0,709	0,41	118,4005	136,3841	164,4158	189,3885	218,1542	9,561	11,013	13,276	15,293	17,615
p11cb3	0,56	0,418	134,9589	155,4575	187,4094	215,8746	248,6632	8,775	10,108	12,186	14,037	16,169



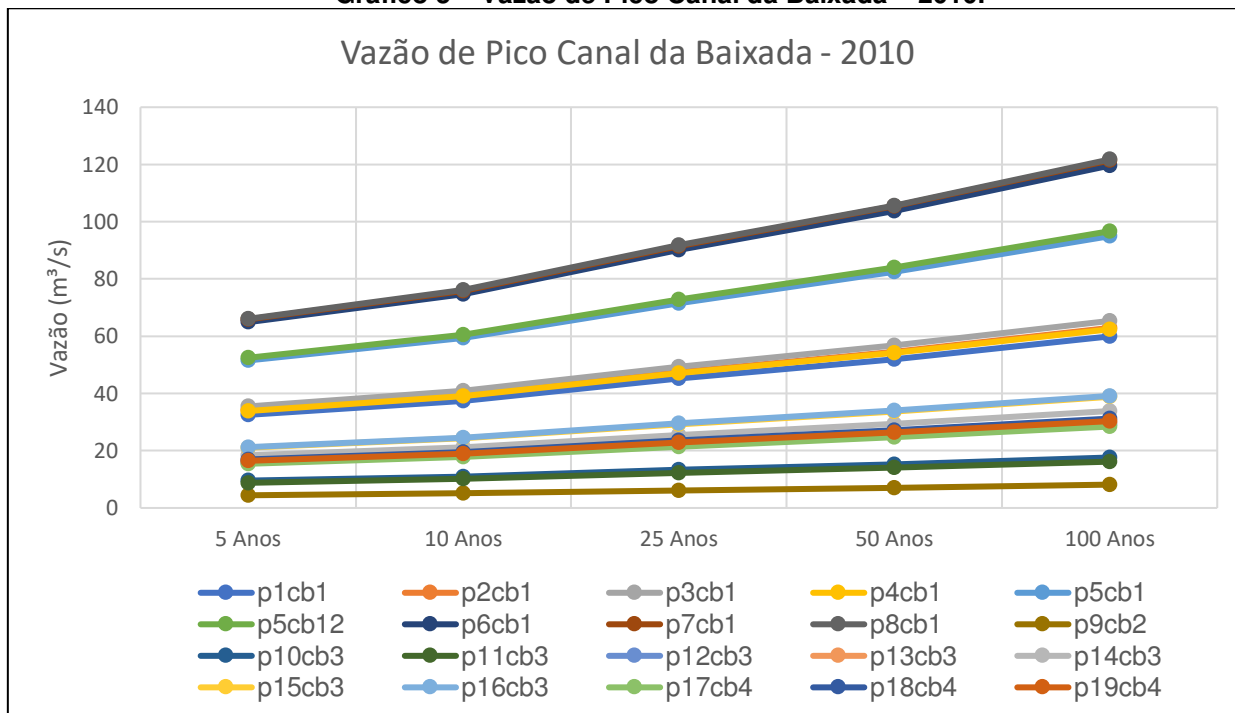


p12cb3	0,61	0,854756	109,1674	125,7486	151,5943	174,6196	201,1422	15,811	18,213	21,956	25,291	29,132
p13cb3	0,62	0,870314	108,1673	124,5966	150,2055	173,0199	199,2995	16,213	18,675	22,514	25,934	29,872
p14cb3	0,64	0,986936	104,7222	120,6282	145,4215	167,5093	192,9519	18,374	21,165	25,515	29,390	33,854
p15cb3	0,67	1,124	100,7322	116,0322	139,8809	161,1270	185,6002	21,072	24,273	29,262	33,706	38,826
p16cb3	0,69	1,226	90,3950	104,1249	125,5262	144,5920	166,5538	21,241	24,468	29,497	33,977	39,137
p17cb4	0,71	0,763311	102,5137	118,0843	142,3547	163,9766	188,8826	15,433	17,777	21,430	24,685	28,435
p18cb4	0,71	0,836437	102,6856	118,2822	142,5933	164,2515	189,1993	16,939	19,512	23,523	27,096	31,211
p19cb4	0,7	0,872406	97,0393	111,7784	134,7528	155,2201	178,7961	16,461	18,961	22,859	26,331	30,330

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020

O Gráfico 5 apresenta os picos de vazões referentes a Bacia do Canal da Baixada de 2010.

Gráfico 5 – Vazão de Pico Canal da Baixada – 2010.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

4.4.2. Cenário 2

O Cenário 2 caracteriza-se pelo uso e ocupação do solo atuais das bacias, aferidos com o processamento de imagens de satélite no software ArcGis. Os valores máximos de CN para cada bacia são mostrados no quadro 9.





Quadro 10 - Valores de CN para as diferentes bacias em 2020.

Bacias Urbanas	Classes de solo	km ²	Run Off	CN
Bacia Rio Mororó	Solo exposto	0,59	0,30	0,29
	Vegetação densa	5,65	0,10	
	Vegetação rasteira	17,98	0,15	
	Edificações	6,27	0,85	
Bacia do Canal da Baixada	Solo exposto	0,48	0,25	0,72
	Vegetação densa	0,21	0,15	
	Vegetação rasteira	0,40	0,25	
	Edificações	3,27	0,90	
Bacia A	Solo exposto	0,002	0,30	0,83
	Vegetação densa	0,004	0,20	
	Vegetação rasteira	0,014	0,30	
	Edificações	0,16	0,90	
Bacia B	Solo exposto	0,02	0,20	0,79
	Vegetação densa	0,009	0,20	
	Vegetação rasteira	0,015	0,25	
	Edificações	0,28	0,90	
Bacia C	Solo exposto	0,016	0,30	0,69
	Vegetação densa	0,027	0,15	
	Vegetação rasteira	0,027	0,20	
	Edificações	0,16	0,90	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Utilizando-se a equação da chuva para Jarú e os tempos de concentração já expostos no item anterior, obteve-se as intensidades máximas para os diferentes tempos de retorno em cada ponto e, aplicando-se as equações do método racional e método I-Pai-Wu, as seguintes vazões de projeto em cada ponto de interesse para cada tempo de retorno correspondente. Os Quadros 11 e 12, apresentam as vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2020, através dos métodos Racional e I-Pai-Wu respectivamente.

Quadro 11 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2020 através do Método Racional.

Ponto	CN	Área de contribuição	Intensidade (mm/h)					Vazões para os Tempos de Retorno (m ³ /s)				
			5 Anos	10 Anos	25 anos	50 Anos	100 Anos	5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos
1	0,09	22,1	45,63232	52,56331	63,3669	72,99155	84,07806	25,212	29,041	35,010	40,328	46,453
2	0,15	25,44	42,52024	48,97854	59,04534	68,0136	78,34402	45,071	51,917	62,588	72,094	83,045
3	0,17	29,03	36,81427	42,4059	51,12179	58,88656	67,8307	50,467	58,133	70,081	80,725	92,986
4	0,2	29,44	35,52738	40,92355	49,33476	56,8281	65,45959	58,107	66,933	80,690	92,946	107,063
5	0,24	30,24	33,74698	38,87273	46,86243	53,98025	62,17918	68,034	78,367	94,475	108,824	125,353
6	0,29	30,51	32,80344	37,78587	45,55218	52,471	60,44069	80,623	92,868	111,956	128,961	148,548

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Quadro 12 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2020 através do Método I-Pai-Wu.

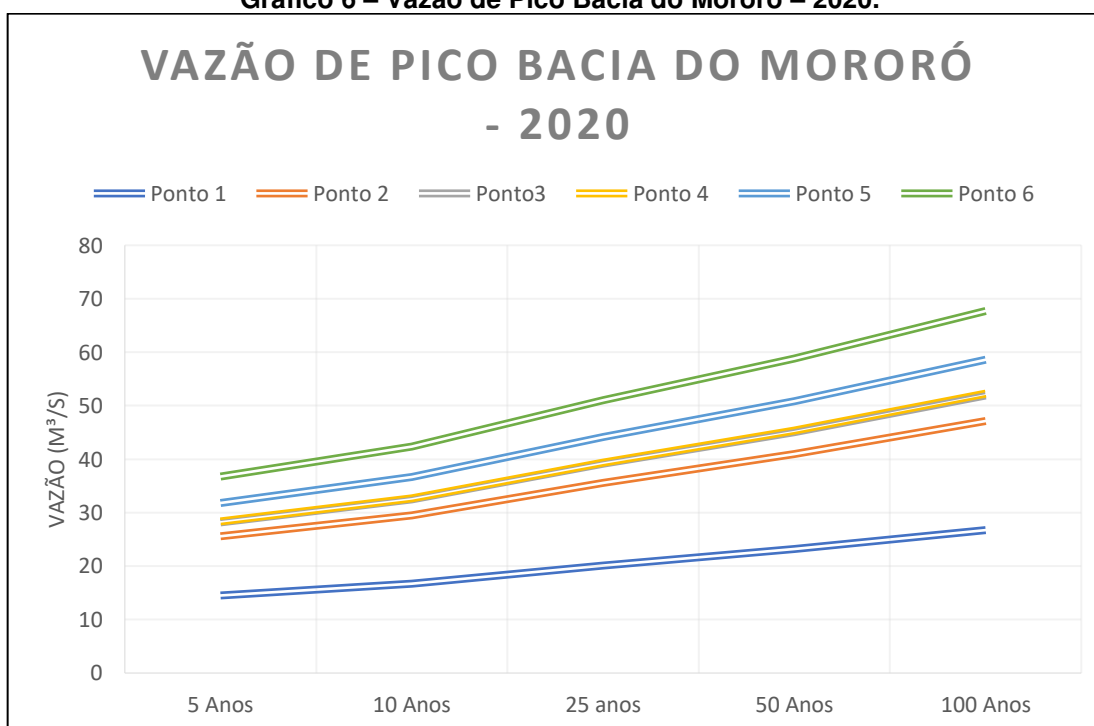
Ponto	Vazão de Projeto Método I Pai Wu (m ³ /s) Atual				
	5 Anos	10 Anos	25 anos	50 Anos	100 Anos
1	14,50795	16,71153	20,14633	23,20631	26,73106
2	25,58039	29,46574	35,52197	40,91732	47,13215
3	28,17198	32,45095	39,12075	45,06271	51,90718
4	28,36133	32,66907	39,3837	45,3656	52,25607
5	31,80135	36,63158	44,16064	50,8681	58,59433
6	36,74756	42,32906	51,02915	58,77985	67,70778

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O Método I-Pai-Wu apresenta valores mais próximos da realidade da Bacia do Rio Mororó para os pontos de referência, onde é possível observar as notórias diferenças de valores nas vazões para as projeções feitas. Os valores apresentados pelo Método Racional superestimam o projeto, resultando em vazões mais elevadas, como identificado, por exemplo, no Ponto 1 para o tempo de retorno de 25 e 50 anos, onde o Método Racional aponta os valores de 35,01m³/s e 40,32m³/s, enquanto o Método I-Pai-Wu aponta os valores de 20,14m³/s e 23,20m³/s, resultando em uma variação significativa para a elaboração do projeto.

O Gráfico 6 ilustra os picos de vazões referentes a Bacia do Mororó de 2020.

Gráfico 6 – Vazão de Pico Bacia do Mororó – 2020.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Para a Bacia B, utilizando-se a equação da chuva para Jarú e os tempos de concentração já expostos no item anterior, obteve-se as intensidades máximas para os diferentes tempos de retorno em cada ponto e, aplicando-se as equações apenas do método racional, uma vez que para este caso, este método melhor condiz com a realidade da bacia.

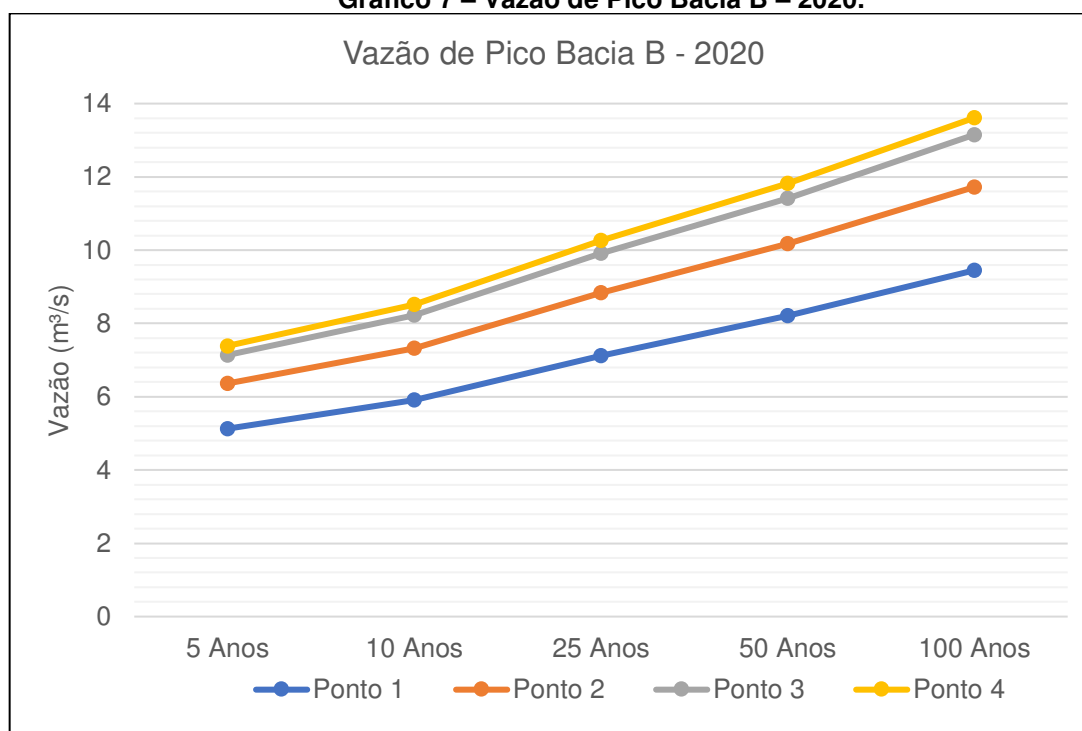
Quadro 13 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia B em 2020.

Ponto	CN	Área de contribuição	Intensidade (mm/h)					Vazões para os Tempos de Retorno (m³/s)				
			5 Anos	10 Anos	25 anos	50 Anos	100 Anos	5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos
1	0,65	0,181	156,92	180,75	217,90	251,00	289,12	5,128	5,907	7,121	8,203	9,449
2	0,67	0,25	136,74	157,51	189,88	218,72	251,94	6,362	7,329	8,835	10,177	11,722
3	0,68	0,297	127,23	146,55	176,67	203,50	234,41	7,137	8,221	9,911	11,417	13,151
4	0,69	0,324	118,95	137,02	165,18	190,27	219,17	7,387	8,509	10,258	11,816	13,611

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O Gráfico 7 apresenta os picos de vazões referentes a Bacia B de 2020.

Gráfico 7 – Vazão de Pico Bacia B – 2020.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Para a Bacia do Canal da Baixada, utilizando-se da equação da chuva para Jarú e os tempos de concentração já expostos no item anterior, obteve-se as





intensidades máximas para os diferentes tempos de retorno em cada ponto e, aplicando-se as equações apenas do método racional, uma vez que para este caso, este método melhor condiz com a realidade da bacia.

Quadro 14 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do canal da Baixada em 2020.

Ponto	CN	Área de contribuição	Intensidade (mm/h)					Vazões para os Tempos de Retorno (m ³ /s)				
			5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos	5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos
p1cb1	0,69	1,84	92,2279	106,2362	128,0715	147,5239	169,9310	32,526	37,466	45,167	52,027	59,929
p2cb1	0,71	1,854	93,3588	107,5388	129,6418	149,3328	172,0146	34,137	39,322	47,404	54,604	62,897
p3cb1	0,71	2,065	87,0727	100,2980	120,9127	139,2779	160,4325	35,462	40,848	49,243	56,723	65,338
p4cb1	0,7	2,073	84,0124	96,7729	116,6630	134,3827	154,7938	33,864	39,008	47,025	54,167	62,395
p5cb1	0,68	3,299	82,6942	95,2544	114,8325	132,2742	152,3650	51,530	59,357	71,557	82,426	94,945
p5cb12	0,69	3,302661	82,8874	95,4769	115,1008	132,5832	152,7209	52,469	60,438	72,860	83,926	96,674
p6cb1	0,68	4,21403	81,5426	93,9279	113,2333	130,4320	150,2431	64,907	74,765	90,132	103,822	119,591
p7cb1	0,7	4,250722	79,6949	91,7996	110,6676	127,4766	146,8388	65,870	75,875	91,470	105,363	121,367
p8cb1	0,72	4,36	75,7713	87,2801	105,2192	121,2007	139,6096	66,073	76,108	91,751	105,687	121,740
p9cb2	0,65	0,164	149,2882	171,9632	207,3077	238,7951	275,0652	4,421	5,092	6,139	7,071	8,145
p10cb3	0,709	0,41	118,4005	136,3841	164,4158	189,3885	218,1542	9,561	11,013	13,276	15,293	17,615
p11cb3	0,56	0,418	134,9589	155,4575	187,4094	215,8746	248,6632	8,775	10,108	12,186	14,037	16,169
p12cb3	0,61	0,854756	109,1674	125,7486	151,5943	174,6196	201,1422	15,811	18,213	21,956	25,291	29,132
p13cb3	0,62	0,870314	108,1673	124,5966	150,2055	173,0199	199,2995	16,213	18,675	22,514	25,934	29,872
p14cb3	0,64	0,986936	104,7222	120,6282	145,4215	167,5093	192,9519	18,374	21,165	25,515	29,390	33,854
p15cb3	0,67	1,124	100,7322	116,0322	139,8809	161,1270	185,6002	21,072	24,273	29,262	33,706	38,826
p16cb3	0,69	1,226	90,3950	104,1249	125,5262	144,5920	166,5538	21,241	24,468	29,497	33,977	39,137
p17cb4	0,71	0,763311	102,5137	118,0843	142,3547	163,9766	188,8826	15,433	17,777	21,430	24,685	28,435
p18cb4	0,71	0,836437	102,6856	118,2822	142,5933	164,2515	189,1993	16,939	19,512	23,523	27,096	31,211
p19cb4	0,7	0,872406	97,0393	111,7784	134,7528	155,2201	178,7961	16,461	18,961	22,859	26,331	30,330

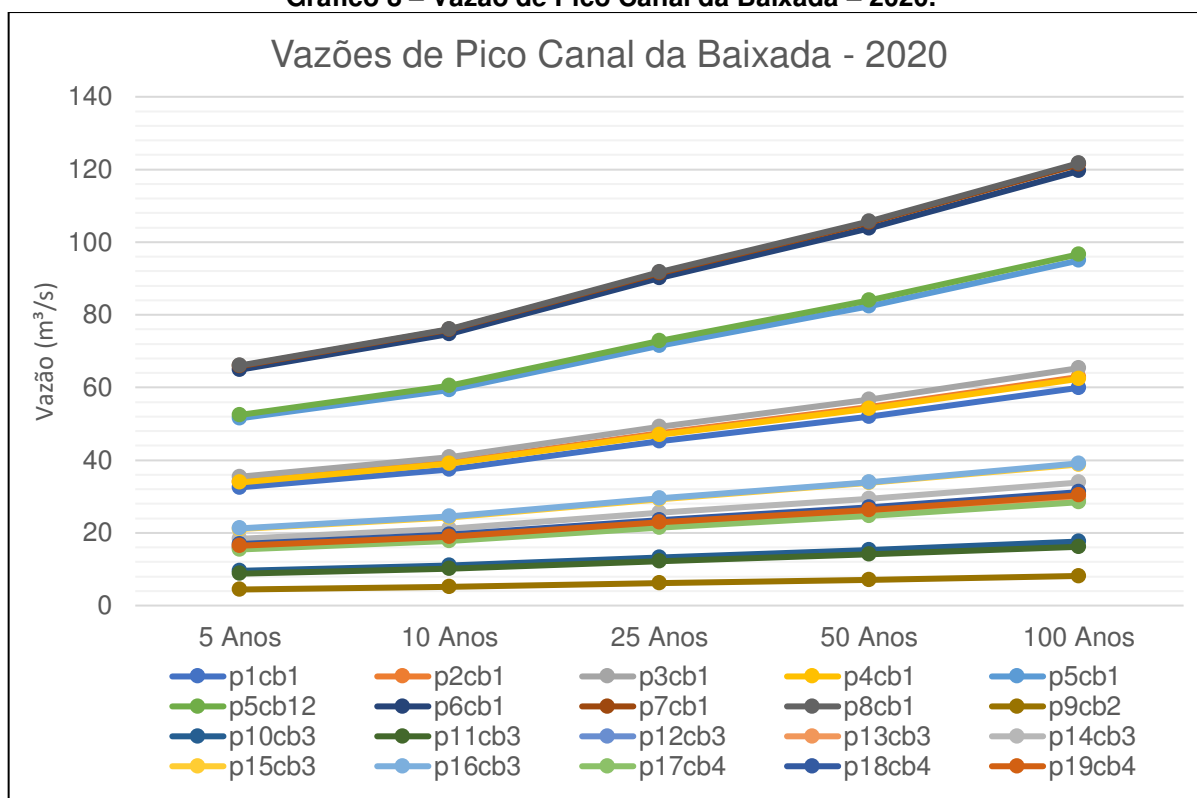
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O Gráfico 8 apresenta os picos de vazões referentes a Bacia do Canal da Baixada de 2020.





Gráfico 8 – Vazão de Pico Canal da Baixada – 2020.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

4.4.3. Cenário 3

O Cenário 3 caracteriza-se pelo uso e ocupação do solo futuros das bacias, para um horizonte de projeto de 20 anos, calculados por meio da metodologia apresentada no capítulo 2. Este cenário representa o futuro do município sem as medidas mitigadoras. Os valores máximos de CN para cada bacia são mostrados no quadro 13.

Quadro 15 - Valores de CN para as diferentes bacias em 2020.

Bacias Urbanas	Classes de solo	km ²	Run Off	CN
Bacia Rio Mororó	Solo exposto	0,30	0,30	0,32
	Vegetação densa	5,37	0,10	
	Vegetação rasteira	17,08	0,15	
	Edificações	7,75	0,85	
Bacia do Canal da Baixada	Solo exposto	0,0816	0,25	0,79
	Vegetação densa	0,1785	0,15	
	Vegetação rasteira	0,3396	0,25	
	Edificações	3,7603	0,90	





Bacia A	Solo exposto	0,0001	0,30	0,89
	Vegetação densa	0,0016	0,20	
	Vegetação rasteira	0,0021	0,30	
	Edificações	0,1762	0,90	
Bacia B	Solo exposto	0,0010	0,20	0,87
	Vegetação densa	0,0036	0,20	
	Vegetação rasteira	0,0023	0,25	
	Edificações	0,3172	0,90	
Bacia C	Solo exposto	0,0008	0,30	0,77
	Vegetação densa	0,0216	0,15	
	Vegetação rasteira	0,0216	0,20	
	Edificações	0,1860	0,90	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Utilizando-se a equação da chuva para Jarú e os tempos de concentração já expostos no item anterior, obteve-se as intensidades máximas para os diferentes tempos de retorno em cada ponto e, aplicando-se as equações do método racional e método I-Pai-Wu, as seguintes vazões de projeto em cada ponto de interesse para cada tempo de retorno correspondente. Os Quadros 15 e 16, apresentam as vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2040, através dos métodos Racional e I-Pai-Wu respectivamente.

Quadro 16 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2040 através do Método Racional.

Ponto	CN	Área de contribuição	Intensidade (mm/h)					Vazões para os Tempos de Retorno (m ³ /s)				
			5 Anos	10 Anos	25 anos	50 Anos	100 Anos	5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos
1	0,1	22,1	45,63 232	52,56 331	63,36 69	72,99 155	84,078 06	28,0 13	32,26 8	38,90 0	44,809	51,615
2	0,2	25,44	42,52 024	48,97 854	59,04 534	68,01 36	78,344 02	60,0 95	69,22 3	83,45 1	96,126	110,726
3	0,21	29,03	36,81 427	42,40 59	51,12 179	58,88 656	67,830 7	62,3 42	71,81 1	86,57 0	99,719	114,866
4	0,25	29,44	35,52 738	40,92 355	49,33 476	56,82 81	65,459 59	72,6 34	83,66 6	100,8 62	116,18 2	133,828
5	0,27	30,24	33,74 698	38,87 273	46,86 243	53,98 025	62,179 18	76,5 38	88,16 3	106,2 84	122,42 7	141,022
6	0,32	30,51	32,80 344	37,78 587	45,55 218	52,47 1	60,440 69	88,9 63	102,4 75	123,5 38	142,30 1	163,915

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Quadro 17 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do Rio Mororó em 2040 através do Método I-Pai-Wu.

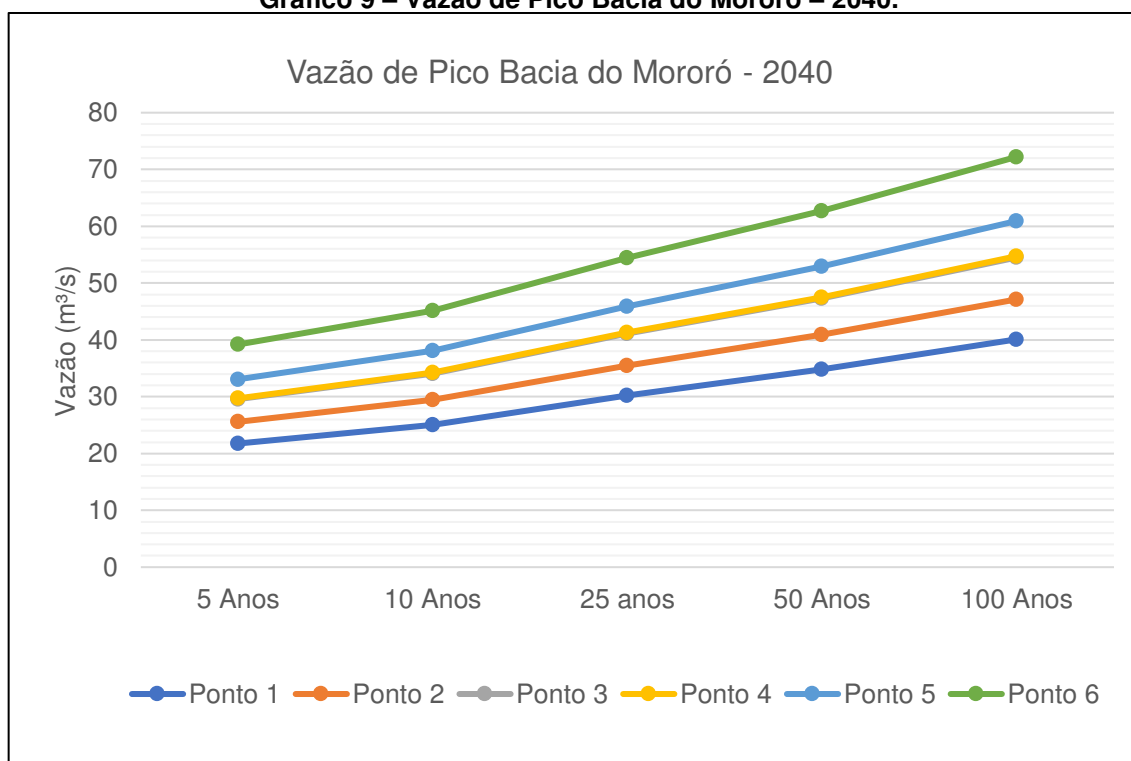
Ponto	Vazão de Projeto Método I Pai Wu (m ³ /s) futuro				
	5 Anos	10 Anos	25 anos	50 Anos	100 Anos
1	21,76192	25,06729	30,21949	34,80946	40,09659
2	25,58039	29,46574	35,52197	40,91732	47,13215
3	29,58058	34,0735	41,07679	47,31585	54,50254
4	29,71187	34,22474	41,25912	47,52587	54,74446
5	33,0734	38,09684	45,92707	52,90282	60,93811
6	39,19739	45,15099	54,43109	62,6985	72,22163

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O Método I-Pai-Wu apresenta valores mais próximos da realidade da Bacia do Rio Mororó para os pontos de referência, onde é possível observar as notórias diferenças de valores nas vazões para as projeções feitas. Os valores apresentados pelo Método Racional superestimam o projeto, resultando em vazões mais elevadas, como identificado, por exemplo, no Ponto 3 para o tempo de retorno de 25 e 50 anos, onde o Método Racional aponta os valores de 86,57m³/s e 99,71m³/s, enquanto o Método I-Pai-Wu aponta os valores de 41,07m³/s e 47,31m³/s, resultando em uma variação significativa para a elaboração do projeto.

O Gráfico 9 ilustra os picos de vazões referentes a Bacia do Mororó de 2040.

Gráfico 9 – Vazão de Pico Bacia do Mororó – 2040.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Para a Bacia B, utilizando-se a equação da chuva para Jaru e os tempos de concentração já expostos no item anterior, obteve-se as intensidades máximas para os diferentes tempos de retorno em cada ponto e, aplicando-se as equações apenas do método racional, uma vez que para este caso, este método melhor condiz com a realidade da bacia.

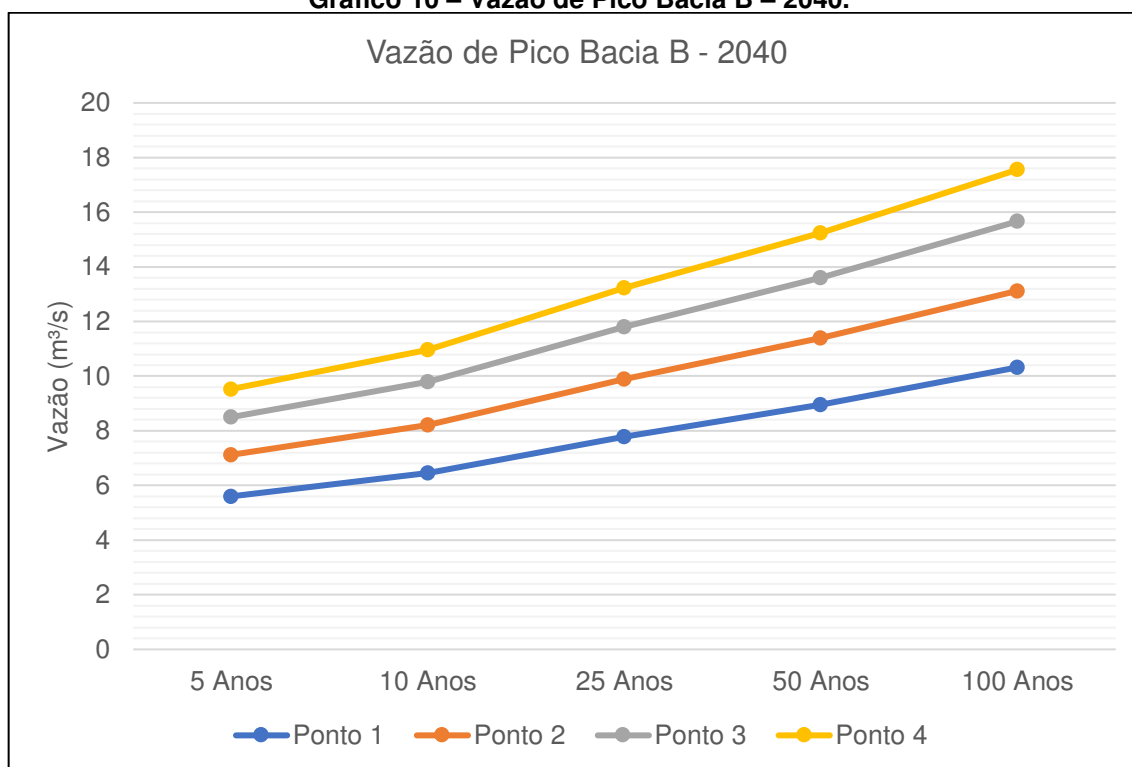
Quadro 18 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia B em 2040.

Ponto	CN	Área de contribuição	Intensidade (mm/h)					Vazões para os Tempos de Retorno (m ³ /s)				
			5 Anos	10 Anos	25 anos	50 Anos	100 Anos	5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos
1	0,71	0,181	156,92	180,75	217,90	251,00	289,12	5,602	6,452	7,779	8,960	10,321
2	0,75	0,25	136,74	157,51	189,88	218,72	251,94	7,122	8,204	9,890	11,392	13,122
3	0,81	0,297	127,23	146,55	176,67	203,50	234,41	8,502	9,793	11,806	13,599	15,665
4	0,89	0,324	118,95	137,02	165,18	190,27	219,17	9,528	10,975	13,231	15,241	17,556

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O Gráfico 10 apresenta os picos de vazões referentes a Bacia B de 2040.

Gráfico 10 – Vazão de Pico Bacia B – 2040.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Para a Bacia do Canal da Baixada, utilizando-se da equação da chuva para Jaru e os tempos de concentração já expostos no item anterior, obteve-se as





intensidades máximas para os diferentes tempos de retorno em cada ponto e, aplicando-se as equações apenas do método racional, uma vez que para este caso, este método melhor condiz com a realidade da bacia.

Quadro 19 - Vazões de projeto para os pontos de interesse da Bacia do canal da Baixada em 2040.

Ponto	CN	Área de contribuição	Intensidade (mm/h)					Vazões para os Tempos de Retorno (m ³ /s)				
			5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos	5 Anos	10 Anos	25 Anos	50 Anos	100 Anos
p1cb1	0,71	1,84	92,2279	106,2362	128,0715	147,5239	169,9310	33,468	38,552	46,476	53,535	61,666
p2cb1	0,73	1,854	93,3588	107,5388	129,6418	149,3328	172,0146	35,098	40,429	48,739	56,142	64,669
p3cb1	0,74	2,065	87,0727	100,2980	120,9127	139,2779	160,4325	36,960	42,574	51,324	59,120	68,099
p4cb1	0,72	2,073	84,0124	96,7729	116,6630	134,3827	154,7938	34,832	40,122	48,368	55,715	64,178
p5cb1	0,7	3,299	82,6942	95,2544	114,8325	132,2742	152,3650	53,046	61,103	73,662	84,850	97,738
p5cb12	0,72	3,302661	82,8874	95,4769	115,1008	132,5832	152,7209	54,750	63,066	76,028	87,575	100,877
p6cb1	0,7	4,21403	81,5426	93,9279	113,2333	130,4320	150,2431	66,816	76,964	92,783	106,875	123,108
p7cb1	0,72	4,250722	79,6949	91,7996	110,6676	127,4766	146,8388	67,752	78,043	94,083	108,374	124,834
p8cb1	0,79	4,36	75,7713	87,2801	105,2192	121,2007	139,6096	72,496	83,508	100,671	115,962	133,575
p9cb2	0,72	0,164	149,2882	171,9632	207,3077	238,7951	275,0652	4,897	5,640	6,800	7,832	9,022
p10cb3	0,72	0,41	118,4005	136,3841	164,4158	189,3885	218,1542	9,709	11,183	13,482	15,530	17,889
p11cb3	0,6	0,418	134,9589	155,4575	187,4094	215,8746	248,6632	9,402	10,830	13,056	15,039	17,324
p12cb3	0,65	0,854756	109,1674	125,7486	151,5943	174,6196	201,1422	16,848	19,407	23,396	26,949	31,042
p13cb3	0,64	0,870314	108,1673	124,5966	150,2055	173,0199	199,2995	16,736	19,278	23,240	26,770	30,836
p14cb3	0,67	0,986936	104,7222	120,6282	145,4215	167,5093	192,9519	19,235	22,157	26,711	30,768	35,441
p15cb3	0,7	1,124	100,7322	116,0322	139,8809	161,1270	185,6002	22,016	25,359	30,572	35,215	40,564
p16cb3	0,73	1,226	90,3950	104,1249	125,5262	144,5920	166,5538	22,473	25,886	31,207	35,946	41,406
p17cb4	0,74	0,763311	102,5137	118,0843	142,3547	163,9766	188,8826	16,085	18,528	22,336	25,728	29,636
p18cb4	0,74	0,836437	102,6856	118,2822	142,5933	164,2515	189,1993	17,655	20,337	24,517	28,240	32,530
p19cb4	0,74	0,872406	97,0393	111,7784	134,7528	155,2201	178,7961	17,402	20,045	24,165	27,835	32,063

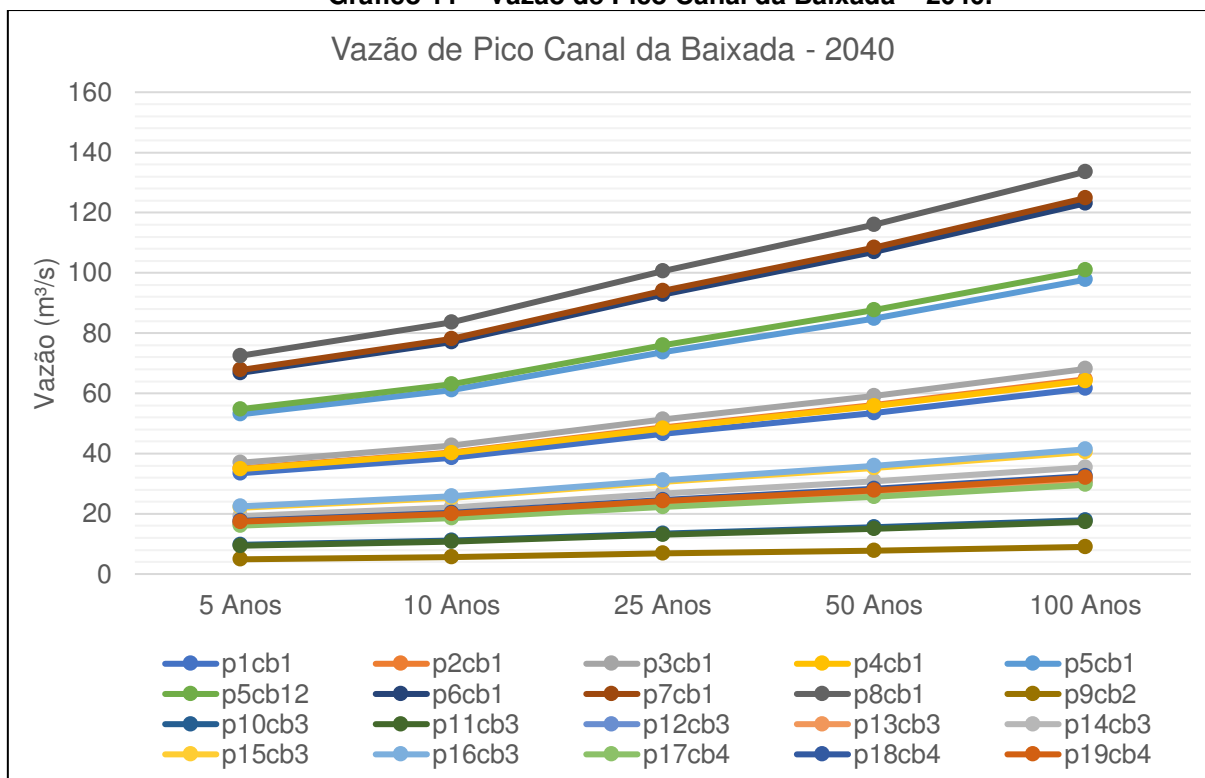
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O Gráfico 11 apresenta os picos de vazões referentes a Bacia do Canal da Baixada de 2040.





Gráfico 11 – Vazão de Pico Canal da Baixada – 2040.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

4.4.4. Cenário 4

O Cenário 4 é caracterizado pelo uso e ocupação futuros do solo, porém, nesse contexto, com a aplicação das medidas estruturais de combate as cheias e a consequente diminuição dos impactos causados pelas fortes precipitações. O cenário 4 visa mostrar o efeito dos dispositivos propostos nas vazões dos deflúvios de tormentas intensas para diferentes tempos de retorno, comparando-as com o Cenário3.

- Simulações Considerando Hipóteses para a Situação Futura das Seções de Escoamento dos Canais – Cenário Hidrológico 4

Foram realizadas diferentes simulações considerando retenção de vazão em um reservatório off-line com capacidade de 16,0 m³/s situado no Ponto P1, e um reservatório off-line com capacidade de 7,5 m³/s situado no ponto P2, e adicionalmente considerando mudanças nas configurações dos canais, a fim de que





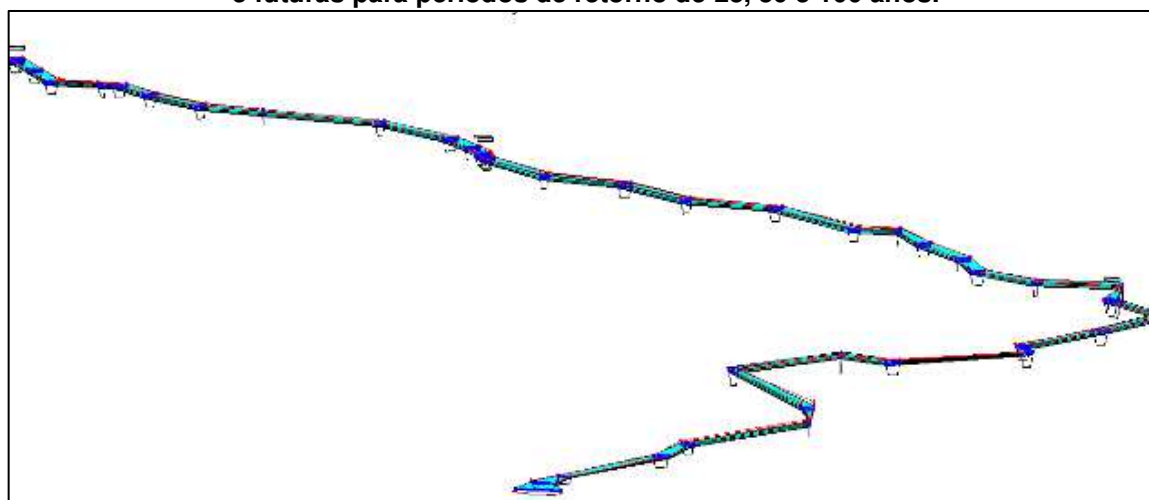
estes apresentem capacidade de escoar as vazões de projeto dos cenários atual e futuro, considerando os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

Para o escoamento das vazões de projeto no trecho de montante do Rio Mororó, entre a Rua Padre Chiquinho e a Rua Florianópolis verificou-se necessário a manutenção de declividade e largura constante do canal natural, sendo que as dimensões previstas foram uma seção de escoamento trapezoidal com largura superior de 10,00 metros, largura inferior de 5,60 metros e altura de 2,20 metros.

Para o escoamento das vazões de projeto no trecho médio e de jusante do Rio Mororó entre a Rua Florianópolis até a Foz verificou-se necessário a manutenção de declividade e largura constante do canal natural, sendo que as dimensões previstas foram uma seção de escoamento trapezoidal com largura superior de 10,00 metros, largura inferior de 5,30 metros e altura de 2,35 metros após a Rua Tapajós.

Considerando as vazões de retenção dos reservatórios descritos anteriormente, e com a definição desta nova configuração da seção de escoamento do Rio Mororó foram realizadas as simulações no modelo hidráulico. As Figuras a seguir ilustram o nível de água no Rio Mororó apontados nas simulações realizadas para o escoamento das vazões de projeto atuais e futuras para os diferentes períodos de retorno, e considerando as configurações futuras das seções de escoamento do canal (Cenário Hidrológico 4).

Figura 93 – Visão geral do Rio Mororó utilizado nas simulações, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

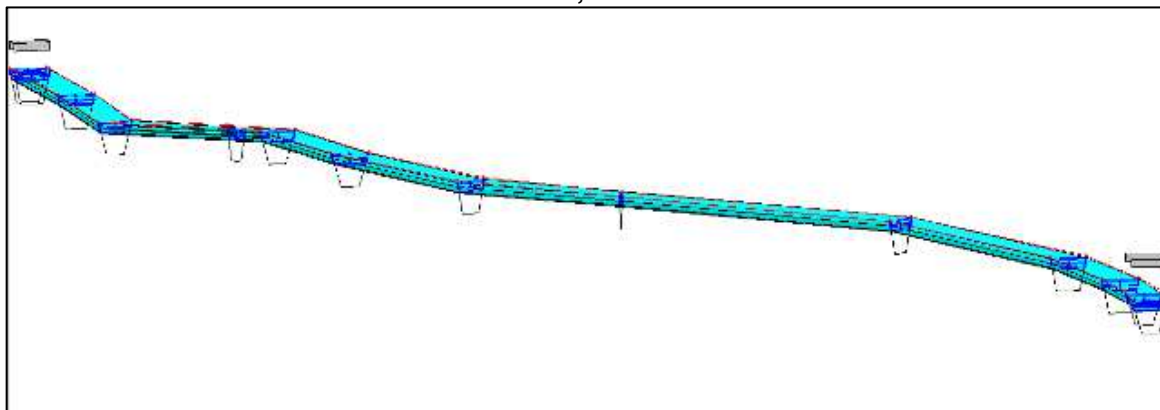


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



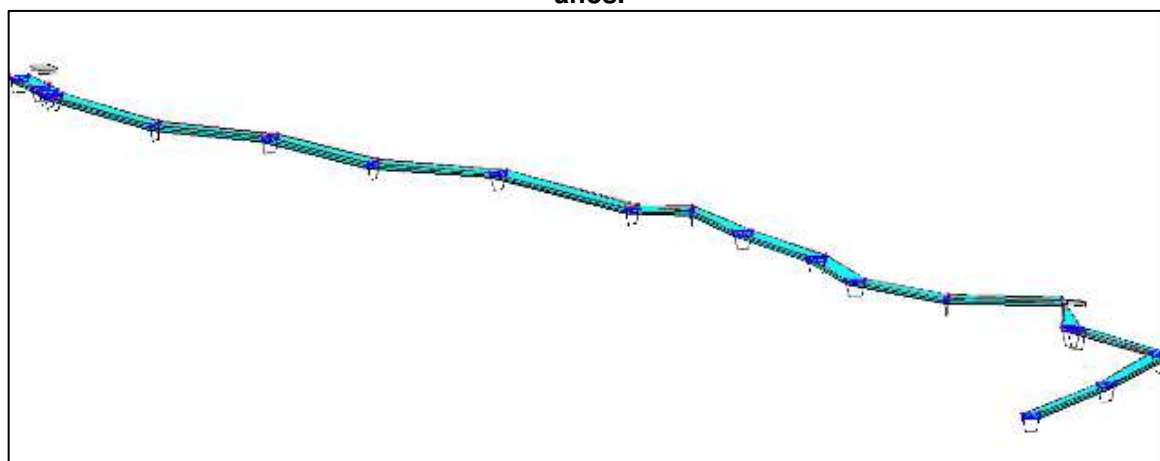


Figura 94 – Visão em detalhe do trecho de montante do Rio Mororó entre a Rua Padre Chiquinho e a Rua Florianópolis, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



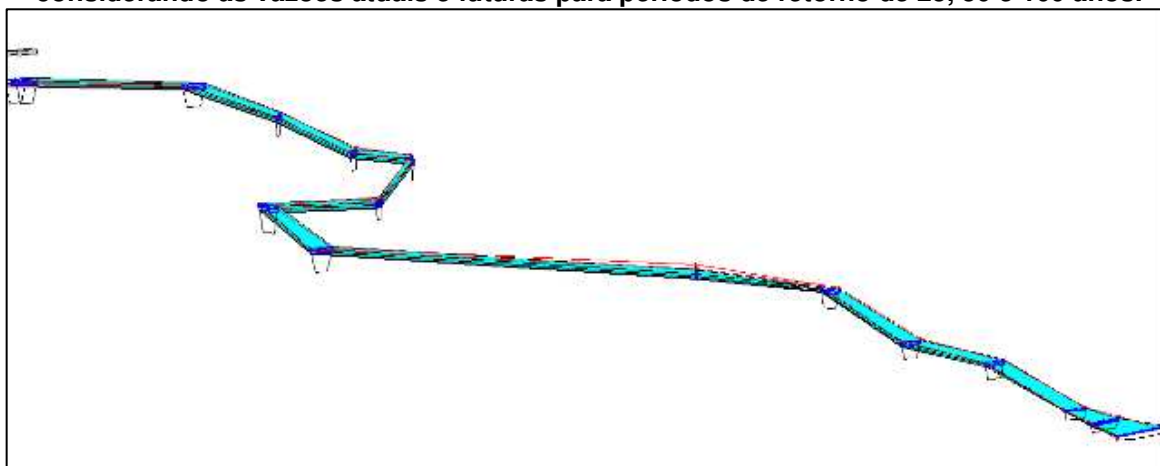
Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 95 - Visão em detalhe do trecho médio do Rio Mororó entre a Rua Florianópolis e a Rua Tapajós, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 96 - Visão em detalhe do trecho de jusante do Rio Mororó entre a Rua Tapajós e a Foz, considerando as vazões atuais e futuras para períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

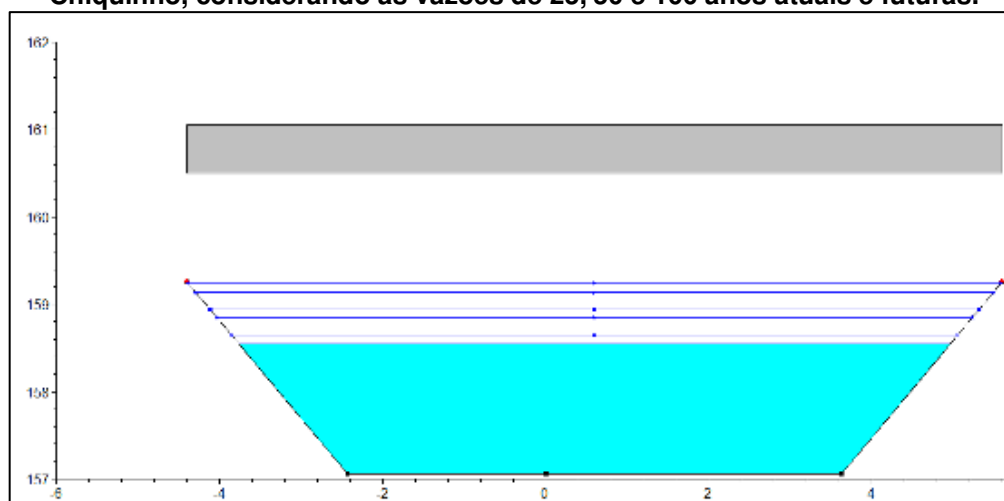




Após esta representação geral dos níveis de água por todo o Rio Mororó, são apresentados nas Figuras a seguir os níveis de água nas seções transversais de escoamento em alguns pontos específicos do Canal, de acordo com as simulações realizadas descritas anteriormente, quais sejam, escoamento das vazões de projeto atuais e futuras considerando os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos nas calhas do Canal conforme o formato atual das seções de escoamento.

Destaca-se que os pontos em vermelho nas Figuras a seguir representam as alturas das bordas dos canais na seção apresentada. A primeira linha azul apresentada nas figuras representa o nível de água na seção simulada para a vazão atual considerando período de retorno de 25 anos. A segunda representa o nível de água para a vazão futura com período de retorno de 25 anos. A terceira e quarta linhas representam o nível de água para a vazão atual e futura com período de retorno de 50 anos, respectivamente. As quinta e sexta linhas representam o nível de água para a vazão atual e para a vazão futura para o período de retorno de 100 anos, respectivamente.

Figura 97 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó na Rua Padre Chiquinho, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

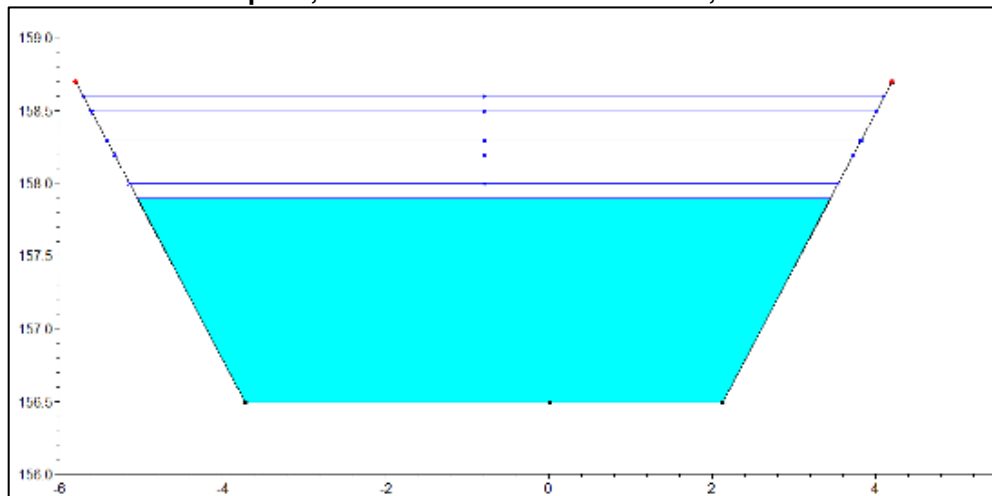


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



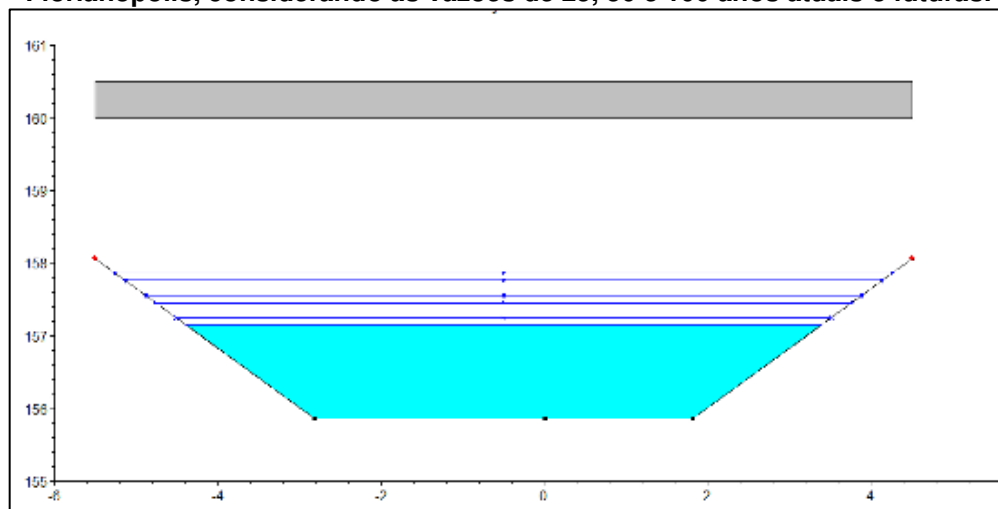


Figura 98 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó entre a Rua Padre Chiquinho e a Rua Florianópolis, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 99 - Detalhe do nível de água no trecho de montante do Rio Mororó na Rua Florianópolis, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

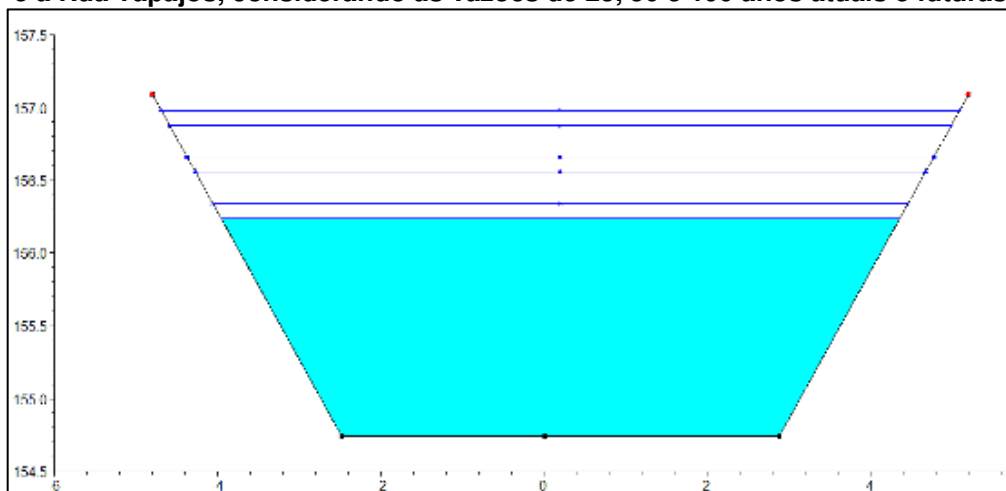


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



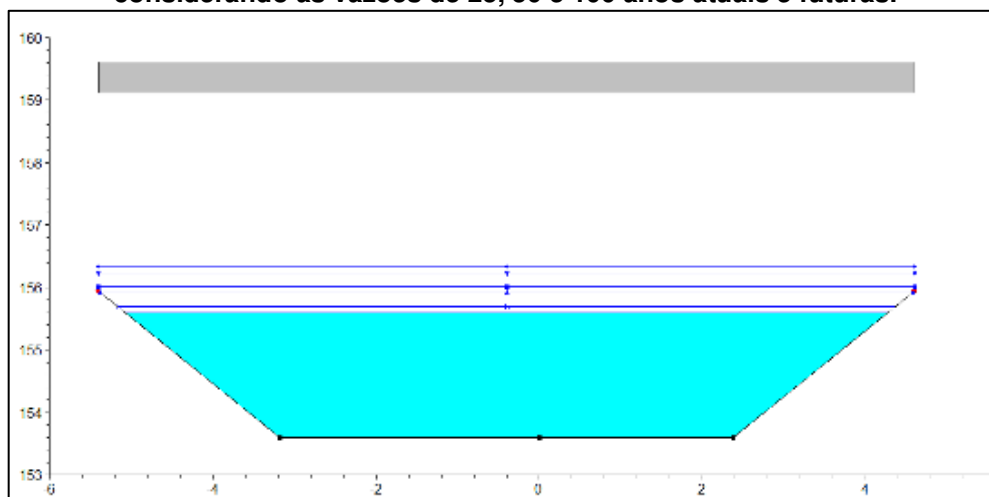


Figura 100 - Detalhe do nível de água no trecho médio do Rio Mororó entre a Rua Florianópolis e a Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 101 - Detalhe do nível de água no trecho médio do Rio Mororó na Rua Tapajós, considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.

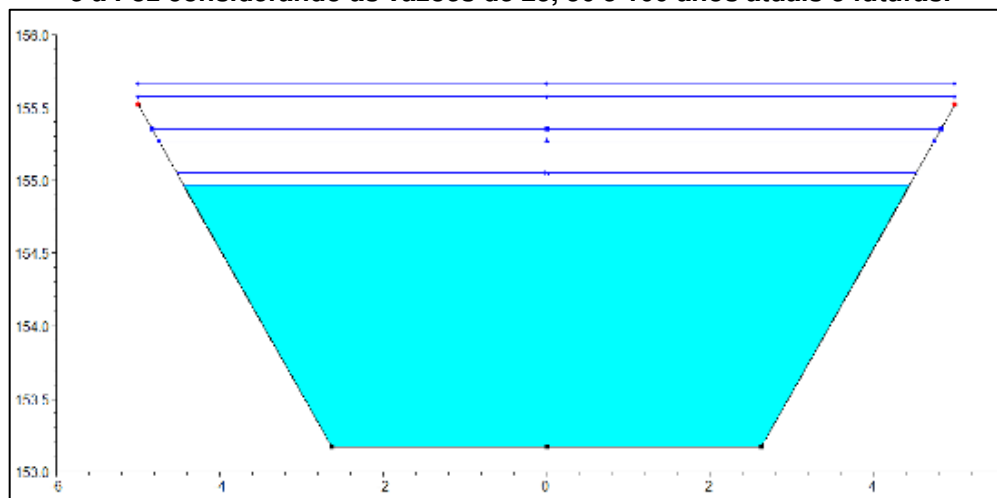


Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.



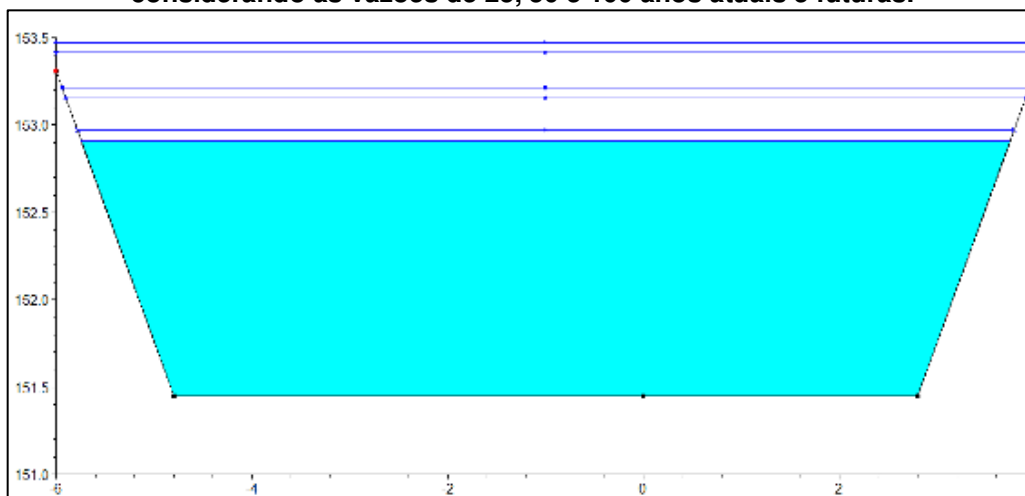


Figura 102 - Detalhe do nível de água no trecho de jusante do Rio Mororó entre a Rua Tapajós e a Foz considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Figura 103 - Detalhe do nível de água na Foz do Rio Mororó (ponto de desague no Rio Jaru), considerando as vazões de 25, 50 e 100 anos atuais e futuras.



Elaboração: Líder Engenharia & Gestão de Cidades, 2020.

Após análise das figuras apresentadas conforme modelagens das simulações, conclui-se que todas as seções de escoamento do Rio Mororó possuem capacidade para escoar as vazões de projeto atuais e futuras para os períodos de retorno de 25 e 50 anos.

Já para as vazões de projeto atuais e futuras de 100 anos, a partir das seções localizadas entre a região da Rua Tapajós e a Foz do Rio Mororó ocorrerá extravasamento de parte da vazão de água que a calha de escoamento do Rio Mororó não suporta.





4.5. Mapeamento Das Áreas De Inundação Para Diferentes Riscos Hidrológicos

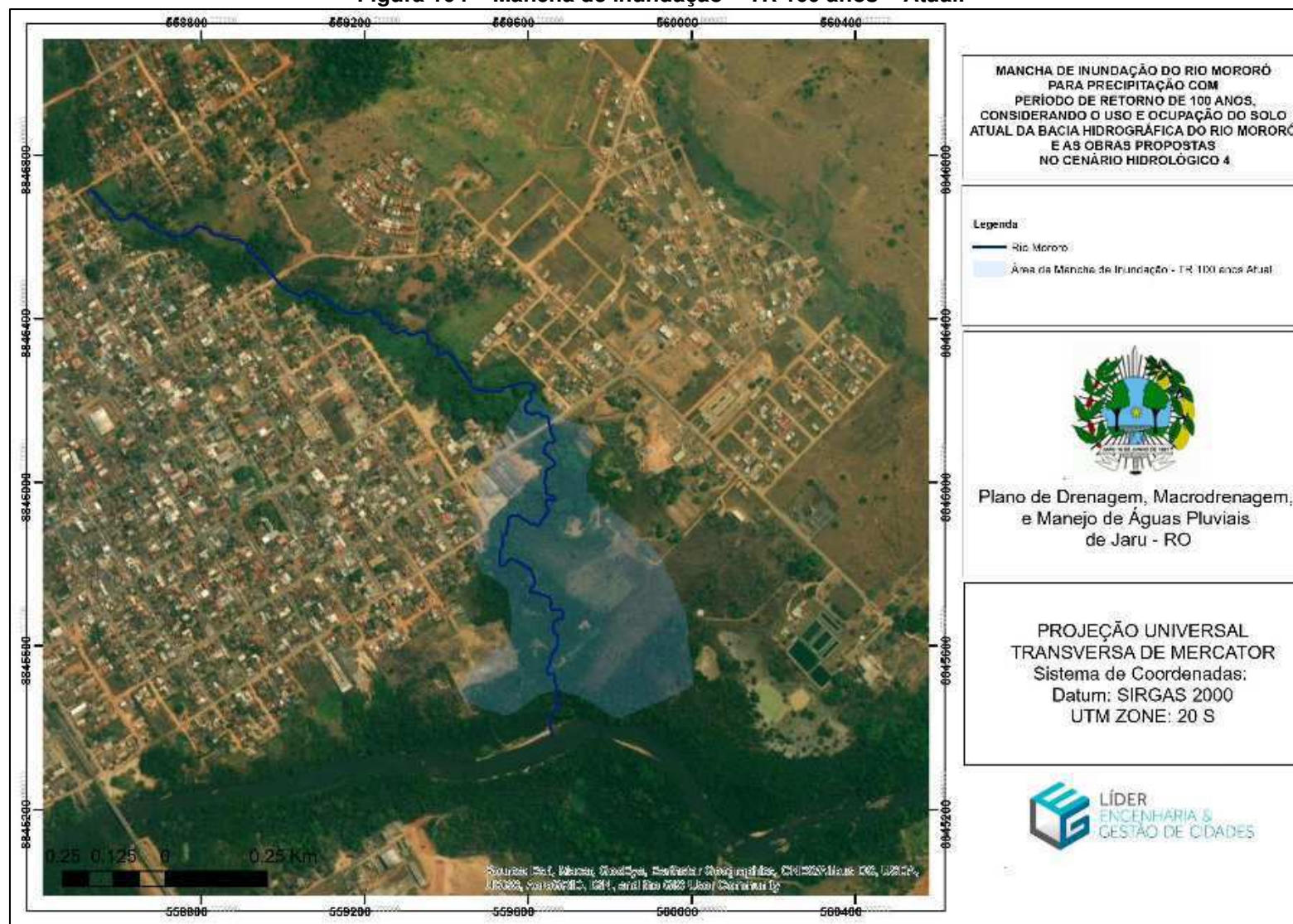
Para identificação das áreas que serão inundadas nas ocasiões em que ocorrerem estas precipitações intensas com período de retorno de 100 anos considerando as vazões geradas a partir do uso e ocupação do solo para os cenários atuais e futuros foi realizada a exportação dos dados de vazão e perfil das seções de escoamento do Software de Modelagem Hidrodinâmica HEC-RAS 4.1® apresentados nas Figuras anteriores para o Software de Geoprocessamento ArcGis®.

No Software de Geoprocessamento ArcGis® foram então geradas as manchas de inundação de acordo com as precipitações intensas com período de retorno de 100 anos considerando as vazões geradas a partir do uso e ocupação do solo para os cenários atuais e futuros. As Figuras a seguir ilustram os Mapas de Inundação gerados.





Figura 104 – Mancha de inundação – TR 100 anos – Atual.

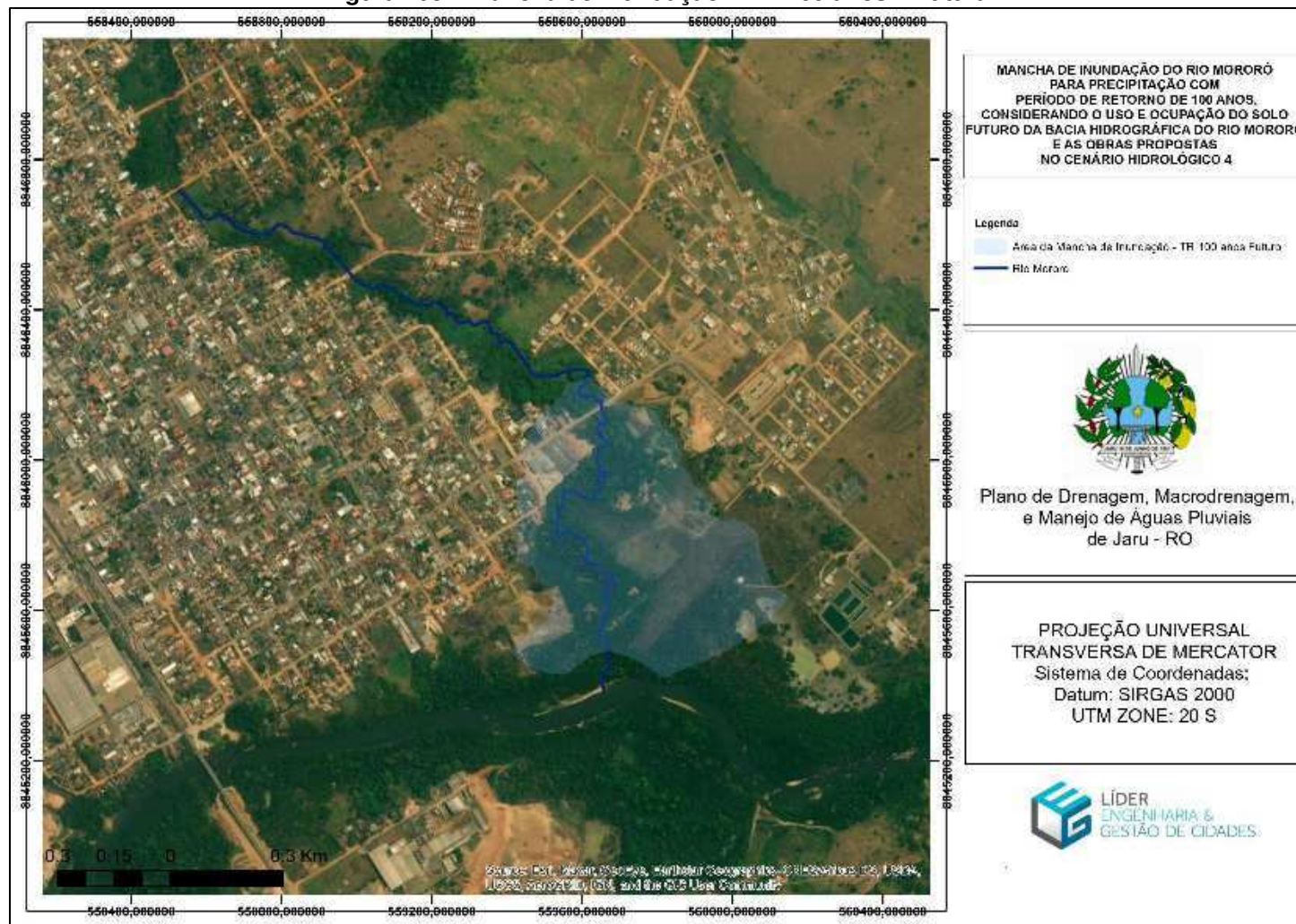


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 105 – Mancha de inundação – TR 100 anos – Futura.

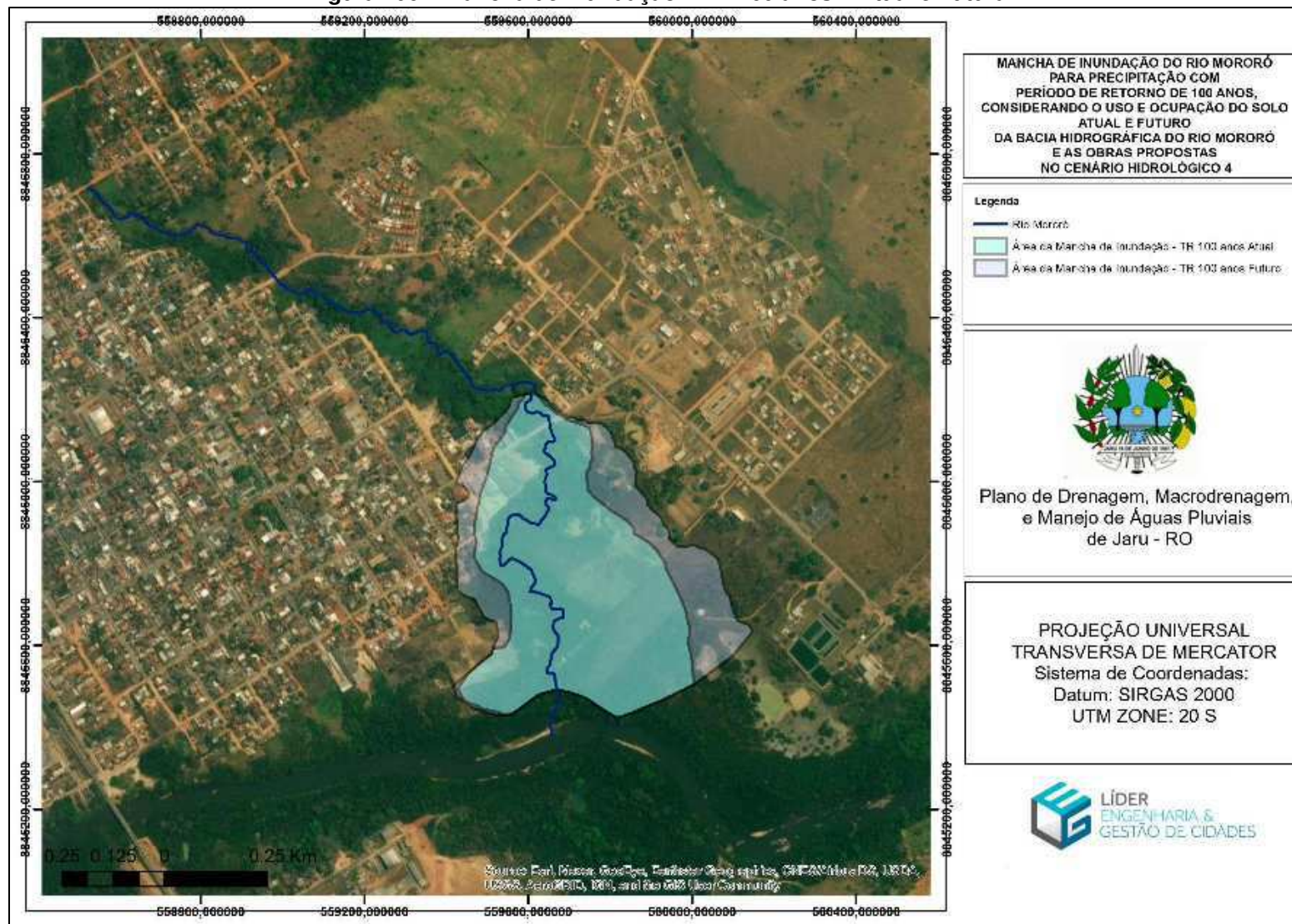


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 106 – Mancha de Inundação – TR 100 anos – Atual e Futura.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Em virtude dos itens apontados nestas análises e simulações realizadas, percebe-se que com a execução das intervenções previstas no Cenário Hidrológico 4 não ocorrerão inundações na Bacia do Rio Mororó para chuvas com períodos de retorno de até 50 anos para os cenários atuais e futuros de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica.

Para chuvas com períodos de retorno de 100 anos ocorrerá inundações nas áreas apontadas nos Mapas ilustrados nas Figuras anteriores. Deve-se atentar ao fato que a maior parte da área a ser inundada já faz parte das áreas de preservação permanente do Rio Mororó e do Rio Jarú, sendo a área de própria inundação natural destes Rios.

Estas medidas estruturais previstas associadas com a implantação do Parque Linear do Rio Jarú e do Parque Linear do Rio Mororó podem garantir um nível de segurança contra inundações na Bacia do Rio Mororó satisfatória.

5. PROGRAMA DE CONTROLE DE CHEIAS – PARTE 2

As medidas de correção e/ou prevenção que tem como objetivo minimizar os problemas das inundações e podem ser classificadas, de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais correspondem às obras que podem ser implantadas visando a correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes de enchentes.

As medidas não estruturais são aquelas em que se procura reduzir os danos ou as consequências das inundações, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem.

As medidas estruturais compreendem as obras de engenharia, que podem ser caracterizadas como medidas intensivas e extensivas.

As medidas intensivas, de acordo com seu objetivo, podem ser de quatro tipos:

- de aceleração do escoamento: canalização e obras correlatas;
- de retardamento do fluxo: reservatórios (bacias de detenção/ retenção), restauração de calhas naturais;





- de desvio do escoamento: tuneis de derivação e canais de desvio;
- e que englobem a introdução de ações individuais visando tornar as edificações a prova de enchentes.

Por sua vez, as medidas extensivas correspondem aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, a recomposição de cobertura vegetal e ao controle de erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem.

Em contraposição as medidas estruturais, que podem criar uma sensação de falsa segurança e até induzir a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, as ações não estruturais podem ser eficazes a custos mais baixos e com horizontes mais longos de atuação.

As ações não estruturais procuram disciplinar a ocupação territorial, o comportamento de consumo das pessoas e as atividades econômicas.

Considerando aquelas mais adotadas, as medidas não estruturais podem ser agrupadas em:

- Ações de regulamentação do uso e ocupação do solo;
- Educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e resíduos;
- Seguro-enchente;
- Sistemas de alerta e previsão de inundações, entre outras.

Por meio da delimitação das áreas sujeitas a inundações em função do risco, é possível estabelecer um zoneamento e a respectiva regulamentação para a construção, ou ainda para eventuais obras de proteção individuais (como a instalação de comportas, portas-estanques e outras) a serem incluídas nas construções existentes.

Da mesma forma podem-se desapropriar algumas áreas, destinando-as a praças, parques, estacionamentos e outros. Por outro lado, os seguros-enchente podem ser calculados a partir da determinação dos riscos associados às cheias.

A forma moderna atual de buscar a minimização das cheias e das erosões é aquela que leva em consideração um conjunto de medidas, tanto para as cheias como para as erosões, pois as mesmas na maioria das vezes estão interrelacionadas. Desta forma a busca das medidas para a minimização das cheias e erosões, além de levar





em consideração as medidas da engenharia hidráulica tradicional necessita levar em consideração também a sistematização das medidas não convencionais.

5.1. Medidas Estruturais

5.1.1. Bacias de Retenção e Detenção

Conhecidas as características físicas e de uso do solo, descritas na etapa de diagnóstico, definiu-se a estratégia adotada para o controle da macrodrenagem do Município de Jarú, a qual pretende retardar a vazão resultante do escoamento superficial de determinadas microbacias urbanas, por meio da utilização de reservatórios ou bacias de detenção, após comprovada necessidade mediante a exigência de estudos de impactos na rede de microdrenagem. Para isso, será inserido junta a proposta de minuta de lei, uma cláusula que traz a obrigatoriedade de apresentação de estudos que demonstrem a necessidade ou não de implantação de bacia de retenção ou detenção para os futuros loteamentos.

A utilização de reservatórios ou bacias de Detenção e Retenção é uma estratégia que evita picos de vazões de diferentes sub-bacias que se sobreponham gerando picos resultantes superiores à capacidade de drenagem da calha dos talvegues e conseqüentemente acarretando inundações indesejadas.

Um grande diferencial da estratégia para controle de sistemas de Macrodrenagem está justamente na locação dos reservatórios de detenção, onde se busca, na medida do possível, a utilização de barragens já existentes e áreas de planícies de inundação naturais em sub-bacias não urbanizadas, ou seja, áreas predominantemente rurais ou menos urbanizadas. Estas características de projeto facilitam a viabilidade de sua implantação tanto do ponto de vista técnico-financeiro como do ponto de vista ambiental, pois aproveita áreas que já são periodicamente inundadas, evitando desapropriações em áreas urbanas e construções de estruturas hidráulicas complexas.

As bacias de detenção são reservatórios de armazenamento de curtos períodos, que reduzem as vazões de pico dos hidrogramas de cheias, aumentando seu tempo de base, tendo o potencial de produzir os seguintes benefícios:



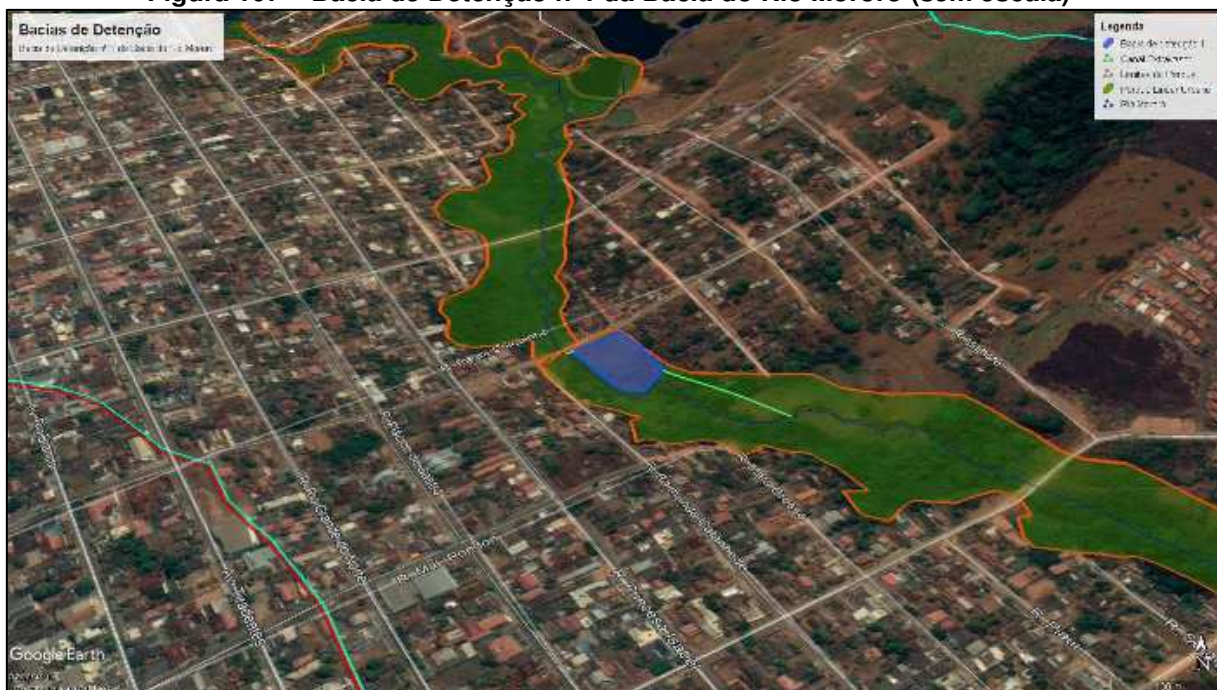


- Reduzir problemas de inundações localizadas;
- Reduzir custos de sistemas de galerias de drenagem, melhorar a qualidade da água;
- Minorar os problemas de erosão nos pequenos tributários; aumentar o tempo de resposta do escoamento superficial;
- Melhorar as condições de reuso da água e recarga do aquífero;
- Reduzir as vazões máximas de inundações à jusante;

5.1.1.1. Bacias de Detenção do Rio Mororó

A primeira bacia de detenção do Rio Mororó, ficará dentro do Parque Linear Urbano, logo abaixo da Rua Padre Chiquinho, tendo como principal objetivo diminuir o pico de vazão e aumentar o tempo de concentração para jusante da bacia, já na área crítica de cheias. Essa bacia tem potencial para ser convertida em bacia de retenção com finalidades paisagísticas, com volume permanente e um volume de espera para ocasião dos períodos chuvosos.

Figura 107 – Bacia de Detenção nº1 da Bacia do Rio Mororó (sem escala)



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Já no que se refere a outra bacia de retenção, que ficará localizada a montante do perímetro urbano, adjacente à BR 364, terá como objetivo a redução das inundações no Jardim Nova Estado, bem como a diminuição do pico de vazão a jusante da bacia, aumentando o tempo de concentração e contribuindo para a redução de alagamentos na área urbana. Será um dispositivo off-line com descarga controlada no rio que passa em baixo da avenida Juscelino Kubitscheck. Essa bacia também estará localizada na zona mais propensa a expansão da malha urbana, sendo que sua implementação pode estar atrelada ao desenvolvimento imobiliário da área.

Figura 108 – Bacia de Retenção do Rio Mororó (sem escala)



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.1.1.2. Dimensionamento das bacias

Este Plano traz os estudos de vazão segundo o Método Racional, Método Racional Modificado e Método I Pai Wu, com as intensidades e vazões de pico calculadas para diferentes pontos das bacias e com tempos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, para os cenários de 2010, 2020 e 2040. Esses dados subsidiam o dimensionamento das bacias 1 e 2 do Rio Mororó que devem retirar, respectivamente, 16 e 7,5 m³/s. Para seu dimensionamento devem ser utilizadas as metodologias descritas a seguir.





Método Racional

Dentre os métodos existentes, o método Racional é o mais simples e fácil de ser aplicado. Sua fórmula leva em consideração o conceito de pré desenvolvimento e pós desenvolvimento. A fórmula para cálculo do volume é expressa por:

$$V = 0,5.(Q_{pós} - Q_{pré}). T_b$$

Onde:

V é o volume de acumulação (m³);

Q_{pós} é a vazão de pico no pósdesenvolvimento (m³/s);

Q_{pré} é a vazão de pico no pré-desenvolvimento (m³/s); t_b é dado como 3 vezes o tempo de concentração.

Método de Urbonas e Glidden

O Método de Urbonas e Glidden foi criado para determinar volumes de detenção na cidade de Denver (Colorado, EUA). Porém, suas relações podem ser utilizadas em outras regiões se for feita a correção do total precipitado. As relações encontradas por Urbonas e Glidden para TR = 10 anos são apresentadas pelas equações :

$$\text{Vazão efluente máxima } Q = 1,68.A$$

$$\text{Volume de detenção } V = 304,8.A.(0,95.I - 1,90)$$

Onde:

V é o volume de detenção (m³);

A é a área de drenagem (km²);

Q é a vazão (m³/s) e I é a área impermeabilizada da bacia (%).

Método do Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura de Porto Alegre

O Método do Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura de Porto Alegre é um método simples realizado pela Prefeitura de Porto Alegre para estimar volumes de bacias de detenção. Por este método, a estimativa pode ser feita em função da área total da bacia contribuinte ou em função da área impermeável da bacia contribuinte, baseadas nas equações:

$$V = 0,02.A$$

$$V = 0,04.A_i$$





Através do Decreto Municipal 15.371 de 17 de novembro de 2006 foram estabelecidos critérios para o cálculo do volume de amortecimento e vazão máxima de saída para lotes com áreas inferiores a 100 ha. O volume é calculado pela equação:

$$V = 0,0425.Ai$$

Onde:

V é o volume a ser armazenado (m³);

A é a área da bacia contribuinte (m²)

Ai é a área impermeável da bacia contribuinte (m²).

Após os cálculos dos três volumes, o menor volume encontrado pode ser adotado.

Método de Baker

É um método que se baseia na premissa de que o instante de vazão máxima efluente do hidrograma amortecido ocorre no cruzamento com o hidrograma de entrada, conforme descreve a fórmula:

$$V = V_{pós} \cdot (1 - Q_{pré} / Q_{pós})$$

Onde:

V é o volume de detenção (m³);

V_{pós} é o volume do escoamento no pós-desenvolvimento (m³);

Q_{pós} é a vazão de pico no pós-desenvolvimento (m³/s) e

Q_{pré} é a vazão de pico no pré-desenvolvimento (m³/s).

Método de Wycoff e Singh

É um método simplificado para o pré-dimensionamento de pequenas bacias de detenção. A expressão 12 foi desenvolvida pela análise de regressão, com dados obtidos de estudos de modelagem hidrológica. A equação para a determinação do volume de detenção é:

$$V = 0,97.V_{pós} \cdot (1 - Q_{pré} / Q_{pós})^{0,753}$$

Onde:

V é o volume de detenção (m³);

V_{pós} é o volume do escoamento no pós-desenvolvimento (m³);

Q_{pós} é a vazão de pico no pós-desenvolvimento (m³/s) e;

Q_{pré} é a vazão de pico no pré-desenvolvimento (m³/s).





Método de ABT e GRIGG

Método utilizado para uma verificação inicial e preliminar para dimensionamento de reservatório de detenção. Este método utiliza o método Racional com hidrograma triangular para a entrada e saída, por meio da equação 13:

$$V = V_{pós} \cdot (1 - Q_{pré} / Q_{pós})^2$$

Onde: V é o volume de detenção (m³);

V_{pós} é o volume do escoamento no pós-desenvolvimento (m³);

Q_{pós} é a vazão de pico no pós-desenvolvimento (m³/s) e;

Q_{pré} é a vazão de pico no pré-desenvolvimento (m³/s).

Pré-dimensionamento da estrutura de saída do reservatório

Para a estrutura de saída do reservatório, deve ser usado o vertedor retangular de soleira delgada. A equação escolhida depende de um coeficiente de vazão Cd, que incorpora os efeitos da viscosidade, tensão superficial, rugosidade da placa e do padrão de escoamento a montante.

$$Q = 1,55 \cdot C_d \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot H^{1,5}$$

Onde:

Q é a vazão máxima (m³/s);

Cd é o coeficiente de vazão;

g é a aceleração da gravidade (m/s²);

L é o comprimento da soleira (m) e;

H é a carga hidráulica sobre a soleira (m).

O cálculo do coeficiente de vazão pode ser feito pela equação de Bazin, como mostra a expressão:

$$C_d = (0,6075 + 0,0045 / h) [1 + 0,55 (h / h+P)]^2$$

sujeito a: 0,008 < h < 0,50 m, 0,20 < P < 2,0 m.

Onde:

h é a carga hidráulica sobre a soleira (m) e;

P é a altura do vertedor até a soleira (m).

5.1.2. Utilização de Áreas Verdes Para Controle Hidrológico

As áreas verdes de controle hidrológico são apresentadas por representarem importância significativa no controle da drenagem urbana, visando o equacionamento





de problemas de inundações existentes no município bem como evitar a formação de novas áreas de risco.

Além disso, desempenham de maneira integrada as funções ecológicas na bacia, em especial a preservação de fauna e flora, através da formação de corredores ecológicos, a proteção da qualidade dos recursos hídricos, a formação de áreas verdes urbanas para prática de esportes, cultura e lazer, a melhoria da paisagem e ambiência urbana, contribuindo para o desenvolvimento sustentável municipal.

Incluem-se no rol das medidas estruturais de controle na fonte as ações que, além de complementar e melhorar o desempenho das demais medidas estruturais e não estruturais, promovam consideráveis melhorias ao meio ambiente urbano (SÃO PAULO, 2012). As premissas para a utilização dessas técnicas são a preservação e a restauração, sempre que exequível, das áreas ribeirinhas e da vegetação das bacias hidrográficas.

As principais medidas adotadas são a recuperação de mata ciliar nos corpos hídricos, tanto na área urbana como rural, e a criação de parques lineares com o objetivo de retardar o escoamento e melhorar a qualidade das águas. Esta última medida, além de impedir a ocupação irregular das áreas de inundação natural, também servem como áreas de lazer e contemplação da natureza. Também se enquadram nesta metodologia a criação de parques isolados integrados a sistemas de amortecimento e infiltração de águas pluviais, a implantação de alagados (*wetlands*) em áreas de várzea e a aplicação de pavimentos permeáveis em áreas públicas e privadas.

5.1.3. Recuperação de Matas Ciliares e áreas de APP

A maior bacia estudada no território de Jarú é a Bacia do Rio Mororó. A mesma também possui maior potencial para crescimento e expansão da malha urbana, contudo esse crescimento deve ser planejado e organizado para evitar o incremento dos problemas de drenagem a jusante. A primeira medida para a mitigação da contribuição de cabeceira da bacia deve ser a recuperação das matas ciliares de acordo com a legislação pertinente para APP's, Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, Novo Código Florestal Brasileiro.



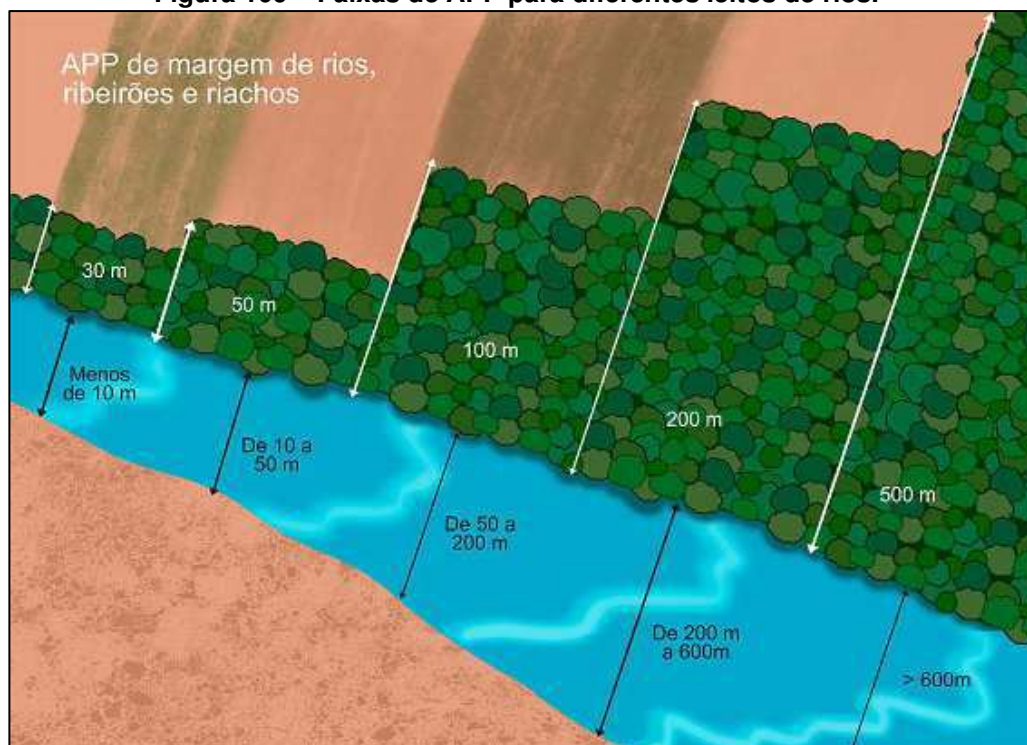


A recuperação deve se atentar para o estabelecido na referida lei quanto o tamanho das faixas de proteção, a figura 4 explicita a relação entre a largura do leito do rio e o tamanho da APP.





Figura 109 – Faixas de APP para diferentes leitos de rios.



Fonte: Ciflorestas, 2020.

A recuperação deve ser feita com espécies nativas do bioma em que a bacia está inserida e prever também a urbanização futura, além da possibilidade de criação de novos parques lineares para evitar a ocupação irregular nas planícies aluviais.

As Áreas de Proteção Permanente (APP's) dos demais cursos hídricos que cortam a malha urbana também devem ser recuperadas, concomitantemente à implantação dos parques lineares abordados abaixo, sempre respeitando a largura estabelecida em lei e a escolha de espécies nativas da região.

A Lei nº 953 de 4 de outubro de 2006, Plano Diretor Participativo do Município de Jaru, em seu Artigo 16, inciso I, justifica legalmente o acima exposto:

“I - recuperar a qualidade da água dos rios municipais, despoluindo-os e recuperando suas matas ciliares, prevista na legislação federal, pertinente à zona rural e no perímetro urbano, devendo ser observadas as faixas laterais: para o Rio Mororó a faixa de 30 (trinta) metros em ambas as margens, e para o Rio Jaru a faixa de preservação de 50 (cinquenta) metros para sua margem esquerda, compreendendo o trecho da vazante do igarapé no setor 03, até a foz do Rio Mororó, e aplicando para toda a sua margem direita o previsto na legislação federal;” (Jarú, 2006).





5.1.4. Parques Lineares

Para o município de Jarú, propõe-se a criação de dois parques lineares: o Parque Linear Urbano do Rio Mororó e o Parque Linear do Rio Jarú, ambos acompanhando as Áreas de Preservação Permanente (APP's), e de inundação natural, dos referidos corpos hídricos.

Os Parques Lineares são obras estruturadoras de programas ambientais em áreas urbanas. Buscam conciliar tanto os aspectos urbanos e ambientais como as exigências da legislação e a realidade existente. Constituem-se de áreas lineares destinadas tanto à conservação como à preservação dos recursos naturais, tendo como principal característica a capacidade de interligar fragmentos de vegetação e outros elementos encontrados em uma paisagem, assim como os corredores ecológicos. Contudo, neste tipo de parque, têm-se a agregação de funções de uso público, como atividades de lazer, cultura e rotas de locomoção não motorizada, como ciclovias e caminhos de pedestres (ABCP, 2013).

Segundo o Laboratório de Habitação e Assentamentos Humanos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FUPAM, 2006), um Parque Linear se caracteriza fundamentalmente como uma intervenção urbanística associada à Rede Hídrica, em fundo de vale, mais especificamente na planície aluvial, e tem como objetivos:

- Proteger ou recuperar os ecossistemas lindeiros aos cursos e corpos d'água;
- Conectar áreas verdes e espaços livres de um modo geral;
- Controlar enchentes;
- Prover áreas verdes para o lazer.

Quanto ao manejo de águas pluviais, o parque linear tem como um de seus princípios fundamentais proteger a área de várzea dos rios, permitindo assim, o funcionamento natural das zonas de inundação e a vazão mais lenta da água durante as cheias. Além do mais, ajudam a evitar a ocupação humana irregular em áreas de proteção ambiental.

As principais vantagens da criação de parques lineares urbanos são:





- Disponibilização de áreas recreativas para as populações urbanas;
- Os parques são verdadeiros palcos naturais em meio urbano, propícios a manifestações culturais de conservação da natureza, educação ambiental e investigação científica;
- Melhoria do microclima urbano, da circulação do ar, do balanço da umidade e da captura de poeiras e gases. Possuem a potencialidade de constituir zonas tampão que melhorem o ambiente urbano em áreas industriais ou densamente urbanas;
- Pode ser implementado em etapas;
- Locais para repouso que contribuem para a diminuição de tensões psíquicas e estresse, muito frequentes em meios urbanos;

Mesmo possuindo muitas vantagens, a criação de parques lineares urbanos deve se atentar para algumas precauções, tais como: a necessidade de desapropriação e realocação de ocupações irregulares – o que pode encarecer sua implementação; a instalação de infraestrutura básica e serviços de manutenção – como iluminação e sinalização, manutenção das áreas verdes e gestão de resíduos – para o uso público; o envolvimento da comunidade na criação do parque para aumentar o sentimento de corresponsabilidade – consequentemente diminuindo o risco de depredação e; garantir a acessibilidade do parque à toda população.

Os parques lineares podem, de acordo com suas características e peculiaridades, conter, entre outros:

- Iluminação pública;
- Ciclovia;
- Equipamentos de lazer;
- Áreas para alimentação;
- Trilha de caminhada;
- Arborização paisagística ou de recuperação;
- Reservatórios para controle de cheias, com ou sem espelho d'água;
- Quadras poliesportivas;
- Academias ao ar livre;
- Equipamentos para drenagem de águas pluviais;





- Bancos e outras estruturas de repouso;
- Hortas comunitárias;
- Parquinho para crianças;
- Palcos, coretos e afins;
- Centros de Educação Ambiental;
- Pistas de skate;
- Sanitários;
- Teatros;
- Bibliotecas;
- Centros de convenções e exposições.

Segundo FUPAM (2006), em função de sua composição urbanística e ambiental, o zoneamento de um Parque Linear pode ser classificado em diferentes tipologias, que privilegiem com maior intensidade um ou mais de um dos objetivos citados acima. As tipologias devem ser relacionadas tanto com a composição das áreas do parque, quanto com relação à sua inserção urbana, que deve ser relacionada com a necessidade de maior implantação de equipamentos e espaços de lazer e sociabilidade ou maior priorização da preservação ambiental com menos usos. Essa composição é dividida em três tipos de espaços diferenciados que se combinam de diferentes formas:

- Área Core, coincidente com a Área de Preservação Permanente – APP, definida pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012;
- Zona de Amortecimento, tida como a área de transição entre a Área Core e a Zona Equipada;
- Zona Equipada, para o provimento de equipamentos de lazer e destinada ao uso público mais intenso.

A zona de APP do corpo hídrico deve ser respeitada e destinada principalmente à preservação ambiental, sendo toda intervenção planejada para essa área passível de licenciamento ambiental. A zona de amortecimento é aquela que integra a área de preservação com a área equipada, de maior intensidade de uso, e deve sempre





acompanhar a APP, sendo permitida a criação de trilhas, continuação de caminhos verdes e implantação de equipamentos de drenagem quando necessário. A última área, a equipada, deve ser instalada onde o espaço territorial às margens do corpo hídrico seja mais amplo, evitando custos e conflitos com desapropriações e indenizações. É nessa área onde serão implementados os equipamentos de lazer e desenvolvidas as práticas de sociabilidade pertinentes às necessidades das comunidades de entorno.

A viabilização econômica dos parques lineares deve integrar os interesses públicos, sociais e ambientais aos interesses de investimento privados. A implantação dos parques tende a valorizar os empreendimentos imobiliários próximos e a construção dos últimos pode ser condicionada à estruturação dos primeiros como forma de compensação social e/ou ambiental. Vale ressaltar que a implantação dos parques deve começar primeiramente com o zoneamento e a restrição de uso das áreas, evitando sua ocupação irregular. Deve-se também identificar as áreas críticas e a presença de moradias em áreas de APP para realização do Termo de Ajuste de Conduta – TAC, para recuperação e preservação da área. Nem toda a área do parque permitirá o uso público, sendo que a maioria dela terá como objetivo a preservação das matas ciliares e a proteção dos corpos hídricos.

Os próximos subtópicos detalham as características dos dois parques propostos para o município de Jarú. Ressalta-se que a criação, os objetivos, o zoneamento e os principais equipamentos de uso público devem ser elaborados por meio de construção participativa junto aos diferentes segmentos da sociedade, de forma a assegurar o sentimento de pertencimento e corresponsabilidade pelos locais, bem como atender aos anseios da população.

5.1.4.1. Parque Linear Urbano do Rio Mororó

O Parque Linear Urbano do Rio Mororó, nessa proposição, será implementado em 2 fases, de jusante para montante na bacia, ou seja, da parte mais suscetível a inundações para os trechos mais altos, dentro da malha urbana do município. Seu zoneamento inicia-se no ponto de desagüe no rio Jarú e segue rio acima, passando pela Rua Tapajós até a Rua Florianópolis, terminando na rua Padre Chiquinho, como mostra a figura 5. Justifica-se a criação do parque primeiro nessas áreas pois são as





mais críticas em relação a possibilidade de inundações, dada sua cota topográfica mais baixa. As áreas mais próximas à foz, já na planície aluvial do Rio Jaru, contêm um maior potencial para a implantação de equipamentos de recreação e sociabilidade. Vale ressaltar que as obras realizadas nessa área devem sempre ter como parâmetros de projeto manter as mesmas condições hidráulicas do cenário anterior à sua implantação. Para isso devem-se projetar dispositivos de infiltração e/ou reservação que compensem a mudança de uso do solo. Os equipamentos também devem ser de material e construção resistível às cheias, já que nas épocas de chuva podem enfrentar inundações devido à sua localização de alagamento natural.

Figura 110 – Parque Linear Urbano do Rio Mororó – Fase 1



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A segunda fase de implantação do parque, começa na Rua Padre Chiquinho e segue o curso do Rio Mororó passando pela Rua Afonso José e seguindo até a o final da Av. Dom Pedro I. Nessa altura do traçado, o corpo hídrico passa pelos fundos de alguns lotes residenciais com frente para a Rua Princesa Isabel, fazendo-se necessária a avaliação custo-benefício da desapropriação das áreas ou a firmação de acordos mediante incentivos fiscais para a permissão de uso para o parque. Seguindo o curso do corpo d'água para montante, a mesma situação se repete no cruzamento com a Rua Adalberto da Costa Gadelha, em menores proporções. O zoneamento do





parque termina no começo da área urbana de Jarú, acima da Rua Getúlio Vargas, onde a Rodovia BR 364 tangencia as margens do Rio Mororó. É importante frisar que o parque também abrange os dois outros córregos na área urbana que desaguam no Mororó. Essa área também tem grande potencial para instalação de equipamentos de lazer e convivência social.

Figura 111 – Parque Linear Urbano do Rio Mororó – Fase 2



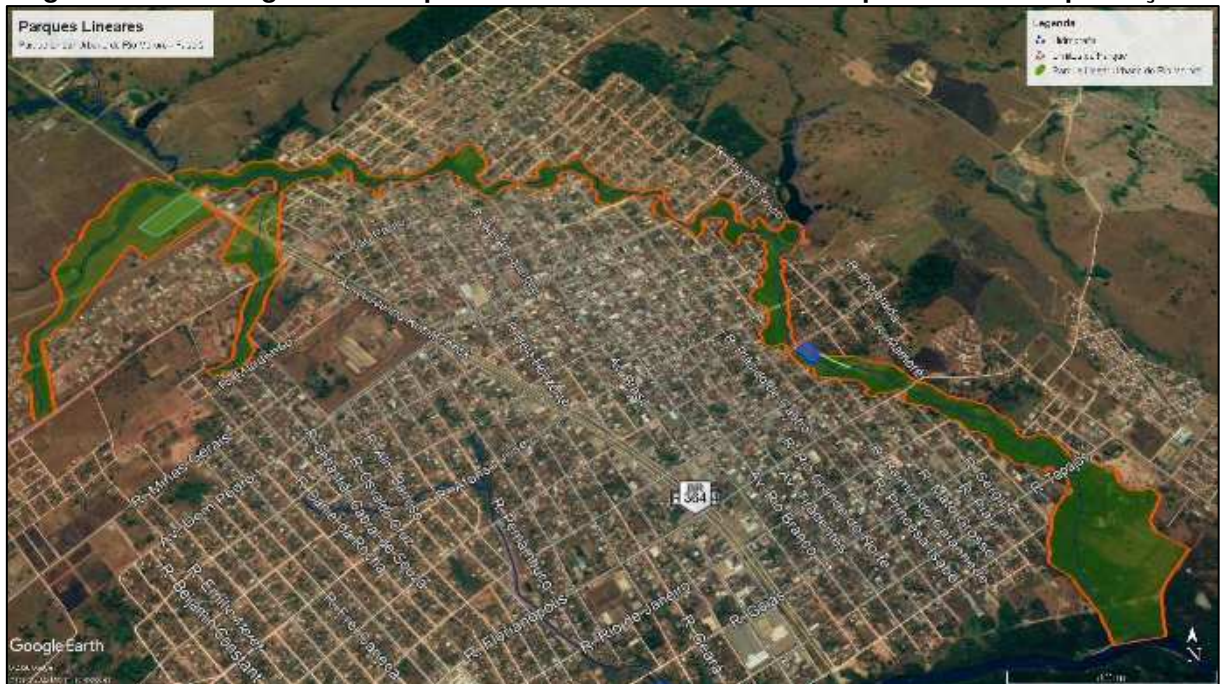
Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Devido a seu traçado e ao fato de estar inserido na mancha urbana de Jarú, o Parque Linear Urbano do Rio Mororó pode contribuir também para a mobilidade do município, concomitantemente à implantação de uma ciclovia e pista de caminhada acompanhando seu traçado. Essa proposta conectaria os bairros Jardim dos Estados, Setor 6, Setor 1, Setor A1, Luzia Abranches e Setor 2, cruzando toda a parte norte da cidade como ilustrado abaixo.





Figura 112 – Visão geral do Parque Linear Urbano do Rio Mororó após sua total implantação.



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.1.4.2. Parque Linear do Rio Jaru

O Parque Linear do Rio Jaru, nessa proposição, será implementado em 3 fases: primeiramente na área mais crítica, localizada onde o rio tangencia a malha urbana, começando na foz do Rio Mororó (conectando os dois parques) e terminando a aproximadamente 700 metros – subindo o curso do rio – depois da Av. Juscelino Kubitscheck; a segunda fase se inicia no ponto de término da fase anterior e segue o curso do Rio Jaru para montante do rio por aproximadamente 4,5Km até o fim da Rua Tapajós na localização $10^{\circ}27'24.98''S$ e $62^{\circ}29'24.21''O$; finalmente, a terceira fase, visa contemplar o trecho a jusante da área urbana e começa no ponto $10^{\circ}26'23.27''S$ e $62^{\circ}26'23.22''$, seguindo por 2Km subindo o curso do rio até a foz do Rio Mororó.





Figura 113 – Parque Linear do Rio Jaru – Fase 1



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 114 – Parque Linear do Rio Jaru – Fase 2



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 115 – Parque Linear do Rio Jarú – Fase 3



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O Parque Linear do Rio Jarú tem maior potencial para atividades de contato com a natureza, educação ambiental e investigação científica devido ao fato de suas margens terem maior área coberta por vegetação natural. Mesmo sua APP sendo maior devido a largura de seu leito, ainda assim resta uma significativa área para implantação de zonas equipadas ao longo do parque, evitando assim a ocupação humana irregular nas planícies aluviais, reduzindo as perdas e riscos ocasionados pelas inundações naturais do curso hídrico.

Recomenda-se a instalação de equipamentos de lazer, esportes e sociabilidade ao longo da zona equipada do Rio Jarú, sempre respeitando o processo participativo de criação e implementação de ideias.

Os parques lineares serão implementados em fases, contudo sua criação e zoneamento devem ser realizados de uma só vez com as áreas totais dos referidos parques, evitando assim a ocupação das áreas em questão. As APP's devem ser, no mínimo, cercadas no momento da criação dos parques e, ao longo das fases de implementação dos mesmos, recuperadas. A figura abaixo ilustra o perímetro urbano do município de Jarú com a implantação de todas as fases dos dois parques lineares.





Figura 116 – Visão geral da implantação dos parques lineares



Fonte: Google Earth Pro, elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.1.4.1. Modelo de Parque Linear

A seguir será apresentado um modelo que pode ser utilizado para implantação dos Parques Lineares propostos no decorrer deste trabalho, e assim ter a função de uma ferramenta norteadora.





Figura 117 – Proposta de modelo para implantação de um Parque Linear no Rio Mororó.

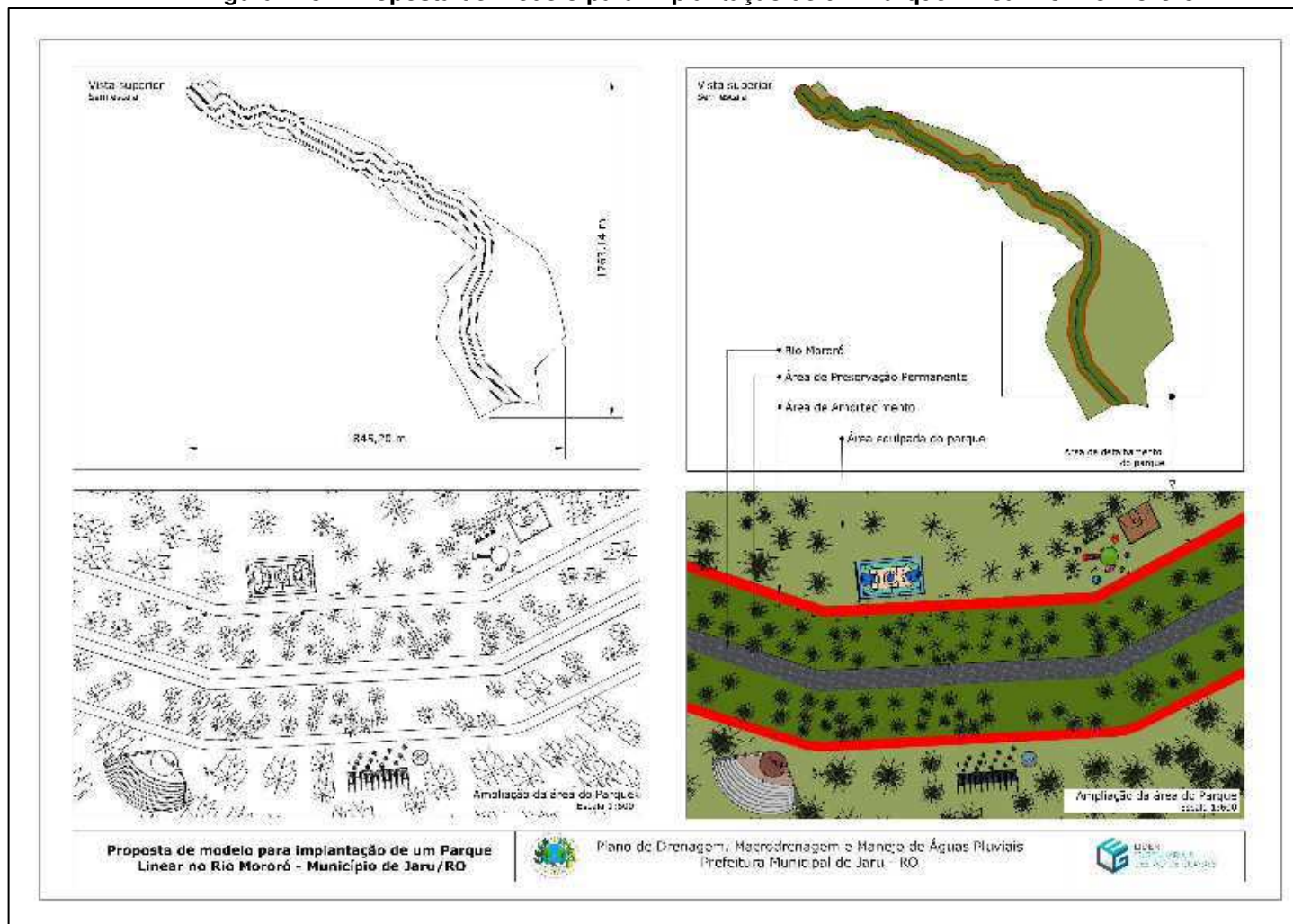


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 118 – Proposta de modelo para implantação de um Parque Linear no Rio Mororó.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 119 - Proposta de modelo para implantação de um Parque Linear no Rio Mororó.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





5.1.5. Infiltração local

Devido à mudança do antigo paradigma higienista da drenagem para o paradigma atual, não convencional, nos últimos anos, essa metodologia tem sido aplicada mais frequentemente. A disposição no local é um tipo de reservação das águas precipitadas que visa principalmente o controle em lotes residenciais e vias de circulação. Constitui-se por obras ou dispositivos que facilitem a infiltração e percolação das águas coletadas diretamente no local onde se encontram (CANHOLI, 2014).

O principal objetivo dessa metodologia é a redução dos picos de vazão veiculados para a rede de drenagem. São vantagens adicionais desse tipo de detenção na fonte a possibilidade de aproveitamento dessas águas para usos diversos menos restritivos, a recarga de aquíferos e a diminuição da poluição difusa carregada pelos escoamentos superficiais.

Os dispositivos de infiltração utilizados, segundo Nakamura (1988), podem ser divididos em dois grupos principais: métodos dispersivos e métodos em poços. Os métodos dispersivos englobam os dispositivos pelos quais a água superficial se infiltra no solo. Já os métodos em poços são aqueles em que ocorre a recarga do nível subterrâneo pelas águas da superfície.

Os métodos dispersivos estão sujeitos a inevitável colmatação ao longo do tempo de sua vida útil e são recomendados para casos em que há maior disponibilidade de área para implantação. Os principais dispositivos dispersivos são descritos a seguir:

- Superfícies de infiltração: considerado o método mais simples para disposição no local, consiste em deixar que as águas superficiais percorram uma área coberta por vegetação. Em terrenos com subsolo argiloso ou pouco permeável pode-se instalar subdrenos para evitar acúmulo de água parada.
 - Trincheiras de percolação: as trincheiras de percolação são construídas por meio do preenchimento de uma pequena vala com meio granular para infiltração e/ou detenção do escoamento superficial. Geralmente é instalada juntamente com manta geotêxtil de porosidade maior a do solo para promover o pré-





tratamento da água infiltrada. Para fins de projeto, geralmente são dimensionadas com largura e profundidade de 1 a 2m e comprimento variável. O material granular tem diâmetro aproximado de 40 a 60mm de forma que a porosidade resulte em pelo menos 30%;

- Valetas de infiltração abertas: constituem-se de valetas revestidas com vegetação, geralmente grama, adjacentes a ruas e estradas, ou próximas a áreas de estacionamento para facilitar a infiltração. Podem ou não ser complementadas por trincheiras de percolação ou alagados construídos, formando pequenos bolsões de retenção denominadas valetas úmidas. A vegetação promove a melhoria da qualidade da água e também ajuda a diminuir sua velocidade de escoamento. Para fins de projeto, são dimensionadas com largura de até 2m, margens com inclinação 3:1 e declividade longitudinal de 1%;
- Lagoas de infiltração: constituem-se de pequenas bacias de detenção especialmente projetadas que facilitam a infiltração pelo aumento do tempo de detenção. Possuem nível de água permanente e um volume de espera.
 - Bacias de percolação: usadas desde a década de 70 para a disposição de águas de drenagem, as bacias de percolação são constituídas pela escavação de uma valeta preenchida com brita ou cascalho e posteriormente reaterrada. O material granular promove a reservação temporária do escoamento, enquanto a percolação se processa lentamente para o subsolo. Para fins de projeto, são dimensionadas com uma profundidade de até 0,6m e grãos de dimensão de 0,5 a 1mm com uma razão mínima entre comprimento e largura de 2:1;
- Pavimentos porosos: também conhecidos como pavimentos permeáveis, constituem-se normalmente de pavimentos de asfalto ou concreto convencionais dos quais foram retiradas as partículas mais finas e construídos sobre camadas permeáveis, geralmente bases de





material granular. Uma variação de pavimento poroso pode ser obtida com a implantação de elementos celulares de concreto sobre uma base granular. Para evitar a passagem de partículas mais finas, usualmente coloca-se mantas geotêxteis entre a base e o pavimento.

- Poços de Infiltração: medida de detenção na fonte mais indicada quando a disponibilidade de área para implantação é baixa, geralmente quando a urbanização, já consolidada, não permite a utilização das medidas dispersivas para aumento de infiltração. Para serem eficientes, os poços devem ser instalados em locais onde a altura do lençol freático se encontre suficientemente baixa em relação a superfície do terreno e o subsolo possua camadas arenosas.





Figura 120 – Diferentes dispositivos de retenção na fonte.



Fonte: Tassi, 2016.

Como Jaru ainda possui muitas ruas sem pavimentação, recomenda-se que na ocasião da implementação desta, sejam observadas a construção de valas de infiltração abertas acompanhando as vias e a utilização de pavimentos permeáveis onde sua aplicabilidade for possível. As vantagens da implantação de pavimentos porosos são elencadas a seguir:

- Melhoria na segurança e conforto pois há redução na formação de poças de água e conseqüente melhoria da aderência;
- No caso de pavimentos de infiltração, observam-se ganhos ambientais, com a possibilidade de recarga de reservas subterrâneas;
- No caso de pavimentos porosos, ocorre a melhoria da qualidade das águas por ação de filtração no corpo do pavimento;
- Destacam-se benefícios financeiros, associados à redução das dimensões do sistema de drenagem de jusante.

Os pavimentos porosos devem ser aplicados em vias com pouco tráfego, galpões, pátios, condomínios e conjuntos habitacionais, praças, calçadas e estacionamentos. O solo do local deve ter capacidade de infiltração entre 7 e 200 mm/h e o lençol freático estar pelo menos a 1m abaixo da superfície. Não se recomenda a utilização dessa técnica onde houver risco de contaminação do lençol,





tais como pontos comerciais, viveiros, instalações de reciclagem, postos de abastecimento, armazenagem industrial, instalações de carga, canteiros de obras, geradores de materiais perigosos (recipientes expostos à chuva), áreas de manutenção e lavagem de veículos.

As trincheiras de infiltração também podem reduzir significativamente o escoamento superficial direcionado para os equipamentos de drenagem. Recomenda-se que sua implementação comece pelos prédios públicos e em edificações com grandes telhados e áreas impermeabilizadas, mitigando o efeito negativo dessas construções para o sistema como um todo. Indica-se que estas medidas podem ser incentivadas ou estabelecidas coercitivamente em legislações municipais. Todas essas técnicas podem ser associadas a poços de infiltração quando a área disponível for pequena, aumentando assim sua eficiência.

Os novos loteamentos, principalmente os previstos para a bacia do Rio Mororó, devem implementar as técnicas de urbanização de baixo impacto e utilizar preferencialmente sistemas de drenagem urbana sustentável.

5.1.6. Restauração de Calhas Naturais

O estudo batimétrico dos canais de Jarú mostrou diferenças de cotas altimétricas entre seções que indicam pontos de assoreamento em alguns deles. É extremamente importante que seja feita a dragagem e desassoreamento dos referidos condutos para que sua vazão nominal seja mantida.

Concomitantemente a essa ação, deve-se evitar o reassoreamento dos dispositivos de drenagem por meio de medidas estruturais e não estruturais tais como a instalação de dispositivos de retenção de sólidos nas bocas de lobo e a fiscalização de despejos irregulares de esgoto nos canais naturais.

5.1.7. Alargamento, desassoreamento e manutenção da declividade dos canais

Alguns canais de drenagem do município de Jarú possuem os taludes descobertos o que acarreta num maior carreamento de partículas do solo e numa menor estabilidade dos mesmos. Esses canais já se encontram assoreados e com





sua largura reduzida, sendo necessário o alargamento e a cobertura desses taludes com vegetação ou a implementação de gabiões.

Figura 121 – Canal em Jaru com os taludes descobertos e leito assoreado.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.1.8. Troca de dispositivos subdimensionados

Existem alguns locais com alagamentos pontuais em Jaru devido ao subdimensionamento de estruturas de micro e macrodrenagem. Além de causar o estrangulamento da vazão do escoamento superficial nesses pontos, essa condição causa empocamento a montante das tubulações, contribuindo para a proliferação de vetores de doenças e pragas urbanas.

Figura 122 – Tubulações subdimensionadas em Jaru.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 123 – Empoçamento em tubulação com visível proliferação de mosquitos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2. Medidas Não Estruturais

As medidas estruturais, geralmente, não são projetadas para fornecer uma proteção completa. Isto requer uma proteção contra a maior enchente possível. As medidas não-estruturais, juntas com as estruturais ou sozinhas, podem minimizar significativamente os danos com um menor custo.

As medidas não estruturais não utilizam instrumentos que alteram o regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto. São formadas basicamente por soluções indiretas, como por exemplo, aquelas destinadas ao controle do uso e ocupação do solo (nas várzeas e nas bacias) ou à diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco das consequências das inundações. Envolve aspectos de natureza cultural e participação do público, indispensável para a implantação, com o investimento de recursos leve, baseado principalmente na conscientização e educação das pessoas.

As medidas não-estruturais visam a melhor convivência da população com as enchentes e são de caráter preventivo.





5.2.1. Regulamento do Uso da Terra

O zoneamento municipal é a definição de um conjunto de regras para a ocupação das áreas de maior risco de inundação, visando à minimização futura das perdas materiais e humanas em face das grandes cheias. Conclui-se daí, que o zoneamento urbano permitirá um desenvolvimento racional das áreas de inundação.

A regulamentação do uso das zonas de inundação apoia-se em mapas com demarcação de áreas de diferentes riscos e nos critérios de ocupação das mesmas, tanto quanto ao uso quanto aos aspectos construtivos. Para que esta regulamentação seja utilizada, beneficiando as comunidades, a mesma deve ser integrada à legislação municipal sobre loteamentos, construções e habitações, a fim de garantir a sua observância.

Sendo assim, o regulamento do uso da terra tem a finalidade de servir de base para a regulamentação da várzea de inundação, através dos planos diretores urbanos, permitindo às prefeituras a viabilização do seu controle efetivo.

O risco de ocorrência de inundação varia com a respectiva cota da várzea. As áreas mais baixas obviamente estão sujeitas a maior frequência de ocorrência de enchentes. Assim sendo, a delimitação das áreas do zoneamento depende das cotas altimétricas das áreas urbanas.

A regulamentação da ocupação de áreas urbanas é um processo iterativo, que passa por uma proposta técnica que é discutida pela comunidade antes de ser incorporada ao Plano Diretor da cidade. Portanto, não existem critérios rígidos aplicáveis a todas as cidades, mas sim recomendações básicas que podem ser seguidas em cada caso.

No caso de Jarú o caminho mais correto nesse sentido é o de restringir construções nas áreas aluviais que ainda não foram urbanizadas, principalmente às margens do Rio Mororó, a montante da malha urbana, e nas margens do Rio Jarú. Para o primeiro caso já se recomendou, acima neste mesmo plano, a recuperação das áreas de APP do referido corpo hídrico e, para o segundo, a criação do Parque Linear do Rio Jarú pretende evitar a ocupação das planícies sujeitas à inundação.





5.2.2. Normatização para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais

Outra medida não estrutural extremamente eficiente é a restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, bem como a exigência de telhados verdes e/ou reservatórios de acordo com o porte da obra. As técnicas de retenção na fonte já foram abordadas no item 2.5 e devem ser incorporadas à legislação municipal, principalmente no que se refere ao código de obras e posturas municipal.

Exemplos de outros municípios brasileiros, obrigam a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 400m² (quatrocentos metros quadrados), com os seguintes objetivos:

I - Reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;

II - Controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, conseqüentemente, a extensão dos prejuízos;

III - Contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada.

No caso de estacionamentos e similares, 30% (trinta por cento) da área total ocupada deve ser revestida com piso drenante ou reservado como área naturalmente permeável.

A água contida nos reservatórios deverá:

- Infiltrar-se no solo, preferencialmente;
- Ser despejada na rede pública de drenagem, após uma hora de chuva;
- Ser utilizada em finalidades não potáveis, caso as edificações tenham reservatório específico para essa finalidade.

O volume dos reservatórios, quando viável, deverá ser dimensionado de modo a manter as condições de infiltração e vazão do escoamento superficial o mais





próximo possível dos naturais antes da implantação dos empreendimentos. Para Jarú, baseado nas experiências de Asce (1992), apud Porto (1995), convencionou-se a captação e infiltração dos primeiros 10mm de precipitação para novas construções em lotes acima de 400m², reduzindo assim significativamente os picos de vazão a jusante nas bacias propensas à expansão da malha urbana.

Assim, o critério para a construção de caixas de retenção, os quais deverão ser integrados nos projetos de drenagem de águas pluviais a serem desenvolvidos para cada empreendimento urbanístico, seria a capacidade de 10 litros por metro quadrado impermeabilizado. No caso do sistema viário, quando da pavimentação das vias do município de Jarú, sugere-se a implantação de uma caixa de retenção com 10 m³ para cada 1.000 m² de pavimento impermeável.

No caso de uma edificação em lote que impermeabilize 500 m², seria obrigatória, por parte do proprietário do lote, a implantação de uma caixa de retenção com volume de 5,0 m³.

Já no caso onde ocorra uma impermeabilização no lote acima de 65% da área total, a área impermeabilizada adicional a este índice deverá ser compensada com o aumento do volume da caixa de retenção na ordem de 87 litros por metro quadrado de impermeabilização adicional. Tal valor se refere a 85% do volume de água de uma precipitação de 102,44 mm, com duas horas de duração, utilizada para a simulação hidrológica da bacia, quando somente a implantação de bacias de detenção seria suficiente para anular os impactos da urbanização com impermeabilização máxima no lote de 65%.

Dessa forma, em um lote de 500 m² onde o proprietário impermeabilize 450 m², ou seja, 90%, seria necessária a implantação de caixa de retenção com volume calculado abaixo:

$$V_{\text{caixa de retenção}} (m^3) = (0,65 \times A_{\text{lote}} \times 0,010) + (0,25 \times A_{\text{lote}} \times 0,087)$$

$$V_{\text{caixa de retenção}} (m^3) = (0,65 \times 500 \times 0,010) + (0,25 \times 500 \times 0,087)$$

$$V_{\text{caixa de retenção}} (m^3) = (3,25) + (10,875)$$

$$V_{\text{caixa de retenção}} = 14,13 m^3$$





5.2.3. Educação Ambiental

A educação ambiental deve ser implementada em todos os níveis educacionais, de forma interdisciplinar e holística, assegurando uma visão crítica dos indivíduos sobre seu papel na sociedade e na proteção do meio ambiente. No que se refere especificamente à drenagem urbana, são necessárias ações tanto contínuas como pontuais de educação ambiental de forma a conscientizar e sensibilizar a população sobre o impacto de suas ações e escolhas no cenário municipal.

A abordagem deve adequar-se ao público e as ações devem extrapolar os ambientes formais de ensino, chegando a toda comunidade. Os principais temas de educação ambiental a serem abordados para o assunto drenagem urbana são:

- O ciclo da água;
- O conceito de bacia hidrográfica;
- escoamento superficial;
- Impactos da urbanização no escoamento superficial;
- Importância dos canais naturais de drenagem;
- Função e importância das matas ciliares para a proteção dos cursos d'água;
- O papel do correto gerenciamento de resíduos sólidos para a drenagem urbana;
- A necessidade de se manter áreas permeáveis nos lotes comerciais e residenciais;
- Medidas de contenção e mitigação de escoamentos superficiais na fonte;
- Captação e utilização de águas pluviais.

Para o presente trabalho foi elaborada uma cartilha que aborda sucintamente os principais temas acima citados. Esta cartilha poderá servir de exemplo e ponto de partida para a elaboração de novos materiais bem como para realizar ações de sensibilização e conscientização ambiental.





5.2.4. Seguro-enchente

Os critérios tradicionais de segurabilidade são em geral os seguintes: Possibilidade de algo ser quantificado, aleatoriedade, diversibilidade, condições e preços adequados ao risco. Com o decorrer do tempo, apesar de uma nova proporção assumida pelo risco, são as catástrofes provocadas por fenômenos naturais, como por exemplo, tempestades, enchentes e terremotos, que são responsáveis pelas maiores indenizações da indústria do seguro.

O seguro contra enchentes fornece proteção econômica para pessoas físicas ou jurídicas para eventuais perdas. Este seguro é uma medida preventiva viável para empreendimentos com alto valor agregado, no qual os proprietários possuem disponibilidade econômica de pagar o prêmio do seguro. Além disso, nem todas seguradoras estão dispostas a fazer o seguro contra enchentes caso não haja um sistema de resseguros para distribuição do risco.

No entanto, quando a população que ocupa a área de inundação é de baixa renda este tipo de medida torna-se inviável devido a incapacidade da população de pagar o prêmio, além do baixo valor da propriedade. Alguns bancos no Brasil, como a Caixa Econômica Federal, estão oferecendo seguros contra inundações e alagamentos para residências.

Em caso de inundação causada pelo transbordamento de um rio ou canal e a água danificar o imóvel, este estará seguro. A residência também estará protegida de alagamentos causados por agentes externos ao imóvel, por exemplo, chuva ou rupturas de canalizações não pertencentes ao imóvel seguro, nem ao edifício ou conjunto do qual o imóvel faça parte.

Não são cobertos por este seguro danos ao imóvel que sejam repetitivos, oriundos de vícios de construção, uso e desgaste do imóvel. Os sinistros decorrentes de inundação e/ou de alagamento, quando reincidentes e com características de repetitividade, receberão cobertura e indenização na primeira e na segunda ocorrência.

Na segunda ocorrência, reincidência de eventos, a Seguradora informará a necessidade de providências, que devem ser tomadas pelo proprietário para eliminar os fatores causadores de repetitividade. Caso ocorra outro sinistro, uma terceira ocorrência, no prazo de três anos a contar do primeiro evento, a indenização ficará





suspensa até a eliminação do fator causador da repetitividade. No entanto, a ocorrência de chuvas intensas seguidas não é um evento raro.

No verão, a probabilidade de acontecer esta singularidade é maior. Segundo esta rede bancária, nos sinistros de danos físicos ao imóvel, não estão cobertos os danos provenientes de:

- Uso e desgaste – danos verificados exclusivamente em razão da utilização normal do imóvel ou do decurso do tempo, como os que afetam revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas, pintura, esquadrias, vidros, ferragens e pisos;
- Má conservação ou falta de manutenção, ou seja, falta de cuidados usuais visando o funcionamento normal do imóvel, como limpeza de calhas, tubulações de esgoto, entre outros;
- Atos dolosos do próprio segurado ou de quem o representar;
- Água de chuva ou neve, quando penetrando diretamente no interior do imóvel, pelas portas, janelas, vitrinas, claraboias, respiradouros ou ventiladores abertos ou defeituosos;
- Água de torneira ou registro, ainda que deixados abertos inadvertidamente;
- Infiltração de água ou outra substância líquida através de pisos, paredes e tetos, salvo quando conseqüente de riscos cobertos;
- Danos já existentes antes da contratação do seguro;
- Água oriunda de ruptura de encanamentos, pertencentes ao próprio imóvel segurado ou ao edifício ou conjunto do qual o imóvel faça parte (fatores internos);
- Trincas e fissuras no imóvel, sem ameaça de desmoronamento;
- Obras de melhorias no imóvel não comunicadas à seguradora antes da ocorrência de sinistro;
- Recuperação de qualquer dano não decorrente de sinistro;
- Móveis, utensílios e eletrodomésticos;
- Danos oriundos de vícios de construção (erro de cálculo, de projeto ou na execução da obra);
- Danos elétricos, salvo quando conseqüentes de riscos cobertos;





- Furacões, ciclones, erupções vulcânicas e outras convulsões da natureza;
- Riscos aparentes;
- Roubo ou furto;
- Obras de infraestrutura.

São observadas inúmeras inconsistências na listagem de não cobrimento do seguro apresentada pela rede bancária.

Em relação ao item no que se refere a água de chuva penetrando pelas portas, não há menção se estas deverão ser vedadas ou devem ser tomados outros procedimentos

Ainda no mesmo item, o termo “outras convulsões da natureza” não é um termo apropriado, além de não fornecer especificidade do evento. No último item, o termo “Obras de infraestrutura” deixa em aberto uma gama de possibilidades, necessitando de mais especificação em relação a este item.

Diante do exposto, conclui-se que o seguro enchente tem maior aplicabilidade para prédios públicos e comerciais de alto valor agregado, devendo a população e as residências de baixa renda serem assistidas pela defesa civil.





5.2.5. Sistemas de alerta e previsão de inundações

O monitoramento em tempo real propicia uma avaliação permanente da condição do sistema ou dos equipamentos do sistema de drenagem urbana. Este monitoramento constitui-se do estabelecimento de uma rede de transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento e informação.

As estações automáticas pluviométricas e fluviométricas podem transmitir dados em tempo real mediante satélite ou via GPRS (Serviço de Rádio de Pacote Geral) e possibilitam o desenvolvimento de rotinas de previsão hidrometeorológica e de gerenciamento de contingências em tempo real, com mecanismos de supervisão à distância.

As informações obtidas pelo sistema de monitoramento em tempo real possibilitam a antecipação dos impactos devido à previsibilidade do conjunto de dados, a atuação em situações emergenciais de risco para controle de inundações e acionar os meios humanos e materiais de proteção a eventos extremos.

A automatização propiciada pelo monitoramento em tempo real também permite identificar imediatamente qualquer defeito ou falha no funcionamento dos equipamentos do sistema de drenagem, permitindo ao operador adotar as soluções possíveis.

A previsão e alerta de inundação compõe-se de aquisição de dados em tempo real, da transmissão de informações para um centro de análise, da previsão em tempo atual com modelo matemático e acoplada a um plano de contingências e de defesa civil que envolve ações individuais ou coletivas para reduzir as perdas durante as inundações. Um sistema de alerta de previsão em tempo real envolve os seguintes aspectos:

- 1) Sistema de coleta e transmissão de informações do tempo e hidrológicas: Sistema de monitoramento por rede telemétrica, satélite ou radar e transmissão destas informações para o centro de previsão;
- 2) Centro de Previsão: recepção e processamento de informações, modelo de previsão, avaliação e alerta;
- 3) Defesa Civil: programas preventivos: educação, mapa de alerta, locais críticos; alerta aos sistemas públicos: escolas, hospitais, infraestrutura; alerta a





população de risco, remoção e proteção à população atingida durante a emergência ou nas enchentes.

Na ocorrência de eventos chuvosos críticos, há 3 níveis referentes ao sistema de alerta:

- Nível de acompanhamento: Nível onde existe um acompanhamento por parte da equipe técnica na evolução da enchente. A partir desse momento a Defesa Civil é alertada sobre a chegada de uma enchente. É iniciada então a previsão de níveis em tempo real;
- Nível de alerta: A partir deste nível é previsto que um nível futuro crítico será atingido dentro de um horizonte de tempo da previsão. Tanto a Defesa Civil como os administradores municipais passam a receber regularmente as previsões para a cidade e então a população recebe o alerta e as instruções da Defesa Civil;
- Nível de emergência: Neste nível ocorrem os prejuízos materiais e humanos. Essas informações são o nível real e previsto com antecedência, e o intervalo provável dos erros, obtidos dos modelos. A fase de mitigação consiste em medidas que devem ser executadas para diminuir o prejuízo da população quando a enchente ocorre, isolando ruas e áreas de risco, remoção da população, animais e proteção de locais onde haja interesse público.

Segundo o mapeamento das áreas passíveis de enchentes no município, a região mais crítica é a localizada na planície aluvial do Rio Jarú, portanto faz-se necessário o monitoramento dos trechos a montante do referido corpo hídrico de forma a prever possíveis inundações rápidas com base nos dados de altura da lâmina d'água e/ou vazão em tempo real. Recomenda-se a instalação de uma estação fluviométrica na extremidade sul do limite municipal de Jarú, no ponto 10°49'54.40"S e 62°48'32.61"O, próximo a ponte da Rodovia RO 010 sobre o Rio Jarú, de forma a monitorar no mínimo 3 parâmetros ambientais: nível do rio, chuva e pressão barométrica. A figura abaixo traz um exemplo de estação fluviométrica com transmissão automática de dados.

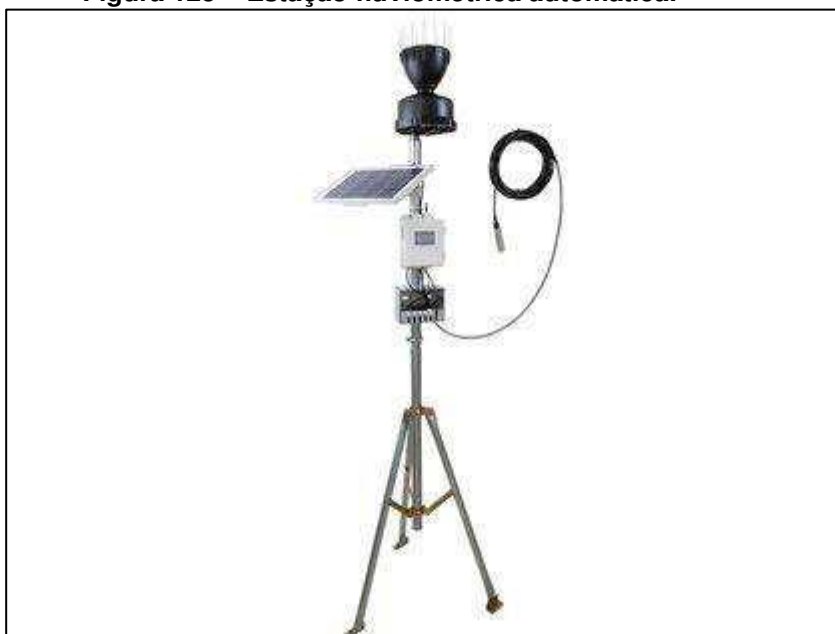


Figura 124 – Localização da estação fluviométrica automática.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 125 – Estação fluviométrica automática.



Fonte: SigmaSensors, 2020.

Nos períodos chuvosos o monitoramento da altura do leito do rio deve ser realizado constantemente e, quando atingir o limite de referência, os integrantes e





responsáveis pela defesa civil municipal devem emitir o sinal de alerta à população. Este sinal pode ser dado por meio de aplicativos de dispositivos móveis para comunicação, telefonemas, carros de som e/ou alarmes sonoros e luminosos e visa reduzir os danos econômicos, sociais e ambientais dos episódios de grandes cheias.

5.2.6. Programa de manutenção e limpeza das estruturas de microdrenagem

Para garantir a eficiência e a eficácia dos dispositivos de microdrenagem, faz-se necessário manter essas estruturas limpas e desobstruídas, tanto de vegetação – que costuma crescer nos canais abertos – como de resíduos sólidos e partículas do solo carregadas com o escoamento superficial. Para tal, é necessária uma rotina de acompanhamento das condições das estruturas e dispositivos e uma equipe constituída de bueristas, capinadores, pedreiros e demais profissionais para realizar essa manutenção.

Sempre que uma não conformidade na malha de microdrenagem for identificada deve-se realizar um estudo de seu impacto na rede total e classificar a manutenção como urgente ou não-urgente. Essa classificação indicará se a manutenção deve ser feita a curto, médio ou longo prazo, dependendo da época do ano de sua ocorrência. Nos períodos chuvosos recomenda-se que os reparos sejam feitos sempre a curto prazo. O contrário acontece para os períodos de estiagem, quando a manutenção pode ser feita com um maior prazo de tempo.

5.2.7. Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto

Com a finalidade de preservar os canais de micro e macrodrenagem da rede de Jarú, deve-se criar um programa de fiscalização para detectar o despejo irregular de esgotos domésticos nesses dispositivos. Além de comprometer a qualidade das águas drenadas, a presença de esgoto tende a assorear e diminuir a capacidade de escoamento dos canais. A degradação biológica natural dos





dejetos também pode ocasionar mau cheiro e proliferação de vetores de pragas urbanas.

6. PARTICIPAÇÃO PÚBLICA

O território em que o município se situa é mais do que um espaço geográfico. É resultado da história dos grupos que nele vivem, trabalham e produzem o presente, sonhando projetos de futuro. Grupos de distintas classes sociais, ocupações, origens étnicas, crenças religiosas, que geram valores, comportamentos e atitudes também diferenciados e que, no exercício de poder quanto ao acesso, uso e controle dos recursos ambientais, moldam a paisagem.

A partir do momento em que o indivíduo tem a liberdade para ouvir, entender, opinar e contribuir, cria-se um sentimento de pertencimento, de posse e responsabilidade pelo planejamento. Esses sentimentos resultam imediatamente em uma maior proteção, conhecimento e zelo pela municipalidade, reduzindo a quantidade de conflitos e maximizando as potencialidades locais e regionais.

Um Plano Municipal de Drenagem, Macrodrenagem e Manejo de Águas Pluviais tem na participação social um pilar estruturante fundamental. As obras e medidas mitigadoras propostas necessitam do apoio e envolvimento da comunidade para que possa efetivamente combater os danos causados pelas fortes tormentas e inundações. A participação social auxilia a efetivar o preceito expresso no artigo 225 da Constituição Federal, que garante a toda a população brasileira o direito ao “meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988), ou seja, incorporando a sociedade como corresponsável pela efetivação desses princípios (BRASIL, 2015).

Para o município de Jarú a participação social se deu de duas maneiras: primeiro por meio de audiências públicas e reuniões técnicas e também por meio da cartilha de educação ambiental sobre drenagem urbana, apresentada a seguir.





LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES



DRENAGEM URBANA: ENTENDER PARA PARTICIPAR



Cartilha de educação ambiental sobre drenagem urbana.
Parte integrante do Plano de Drenagem, Macrodrenagem e
Manejo de Águas Pluviais do município de Jaru – RO.





ÁGUA, UM RECURSO RENOVÁVEL

Todos precisam de água!

A água é um recurso natural indispensável à realização de quase todas as atividades humanas. Seja para uso doméstico, comercial, industrial ou mesmo para o lazer, a sociedade necessita de água em quantidade e qualidade suficientes para seu desenvolvimento.

Essa necessidade fica ainda mais evidente quando vemos o histórico das ocupações territoriais e assentamentos humanos: as cidades, vilas, povoados, em sua maioria, sempre começaram sua colonização às margens de rios ou outros corpos hídricos de interesse e foram crescendo a partir destes. As vantagens de se fundar cidades próximo à fontes de água eram muitas: abastecimento para uso doméstico e dessedentação de animais, fonte de alimentos, uso para irrigação, transporte, lazer, afastamento de dejetos, entre outros.

Ponte medieval na Eslovênia



Fonte: Pixabay

O Ciclo da Água

O ciclo da água, também chamado de ciclo hidrológico, ocorre por meio das mudanças dos estados físicos e da movimentação da água pelos seres vivos e pelo meio ambiente. Esse ciclo depende diretamente da energia solar, dos movimentos de rotação da Terra e, até mesmo, da gravidade.

O Sol é o responsável por proporcionar energia para que o ciclo aconteça. Sua luz provoca a evaporação da água presente na superfície terrestre. Em alguns locais, no entanto, a neve e o gelo sublimam, passando do estado sólido para o vapor, pulando as fases de fusão (sólido para o líquido) e de evaporação.

A água, agora em estado gasoso, sobe para camadas mais altas da atmosfera, onde a temperatura é mais baixa. Ao alcançar determinada altitude, essa substância passa do estado de vapor para o líquido (condensação) e forma as nuvens, que são, na realidade, uma grande quantidade de gotículas de água. Em locais frios, essas gotículas podem solidificar-se e dar origem à neve ou ao granizo.

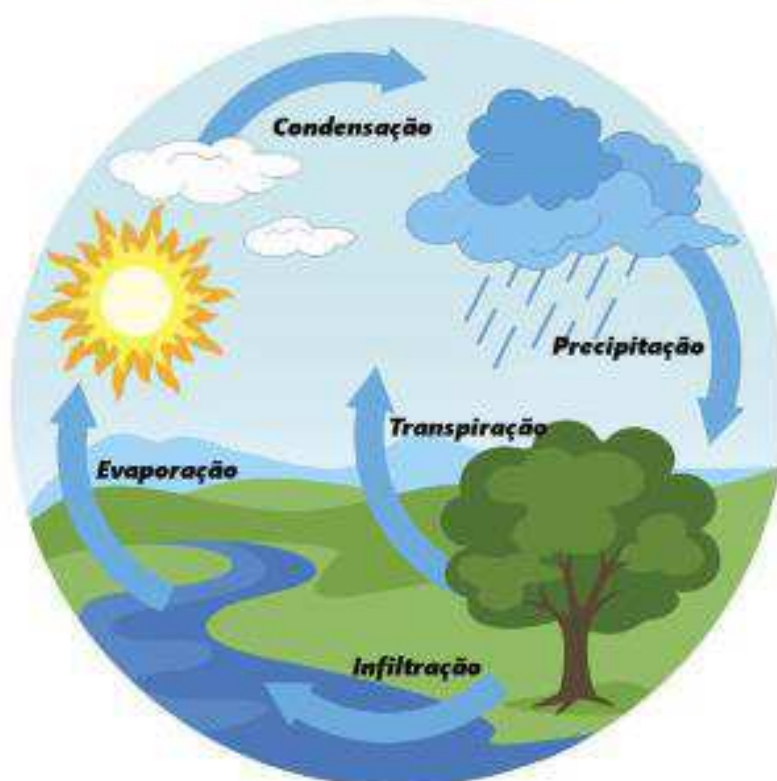
Ao iniciar a chuva, processo também chamado de precipitação, a água começa a retornar para a superfície terrestre e é influenciada diretamente pela gravidade. Nesse momento, ela pode atingir rios, lagos e oceanos, infiltrar-se no solo e nas rochas ou pode ser impedida de voltar à superfície terrestre pela vegetação.



ÁGUA, UM RECURSO RENOVÁVEL

Essa característica de ciclagem da água a torna um recurso renovável, ou seja, pode ser usado repetidamente e não se esgota porque é substituído naturalmente pelos processos biogeoquímicos do nosso planeta. Mesmo assim, temos que tomar cuidado para não comprometer a qualidade das águas, deixando-as inviáveis para consumo.

Ciclo da Água



Fonte: Brasil Escola, 2020



Bacia Hidrográfica

Conceito

A bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Ela pode ser definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes. Por meio de uma rede de drenagem, formada por cursos d'água, ela faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída

Escoamento Superficial

O desenvolvimento de centros urbanos influencia diretamente nas áreas de drenagem das bacias hidrográficas urbanas, tornando o índice de infiltração das águas no solo menores do que em locais não impermeabilizados.





Urbanização





Canais Naturais de Drenagem

Condições naturais envolvem superfície permeável e escoamento em leito natural sem canalização.



X



Centros Urbanizados sem planejamento causam problemas de drenagem como enchentes e alagamentos.





Matas Ciliares

Mata localizada nas margens dos rios, córregos, lagos, lagoas, represas, açudes, riachos e nascentes.

Função

1. Retêm os sedimentos que são transportados pela chuva e diminui o acúmulo de detritos no fundo dos rios.
2. Diminui a quantidade de substâncias tóxicas, como os agrotóxicos, que chegam aos rios e poluem as águas.
3. Protege o solo do impacto da água das chuvas, impedindo a queda de barreiras.
4. As raízes das árvores são as responsáveis por segurar o solo nas margens dos rios.





Resíduos Sólidos e Drenagem Urbana

Quando descartados indiscriminadamente, tanto na área urbana como rural, os resíduos acabam sendo carregados pelas águas da chuva até os canais de drenagem, naturais ou construídos. A presença de resíduos nesses locais afeta a capacidade de escoamento dos mesmos, podendo provocar enchentes, trazendo prejuízos para toda a sociedade.

Sendo assim, é muito importante que todos descartem seus resíduos de forma correta, para evitar danos ao meio ambiente e nossa cidade.



Áreas permeáveis e Drenagem Urbana: importância

Principais Áreas Permeáveis nos Centros Urbanos:

- Áreas Verdes Urbanas;
- Áreas de Preservação Permanente (APP's);
- Parques e Áreas Verdes.





Medidas de Controle na Fonte

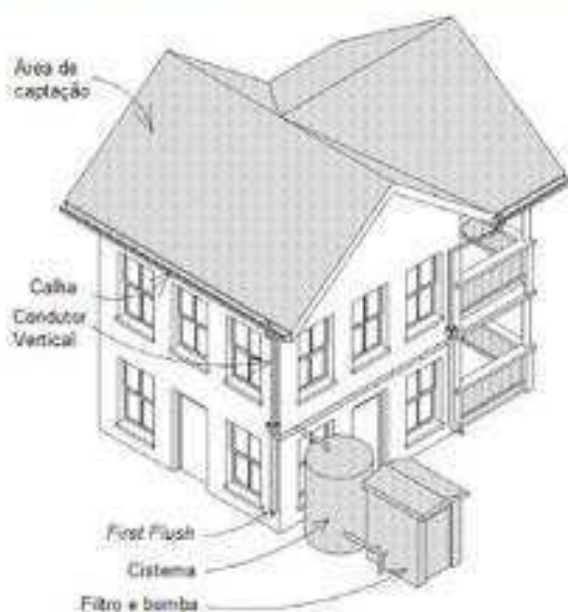


Os dispositivos de controle na fonte procuram reduzir e retardar escoamentos urbanos, com objetivo de equilibrar os efeitos da urbanização sobre o ciclo hidrológico, buscando aproximar as vazões a condições pré-existentes.





Captação e Utilização de Água da Chuva



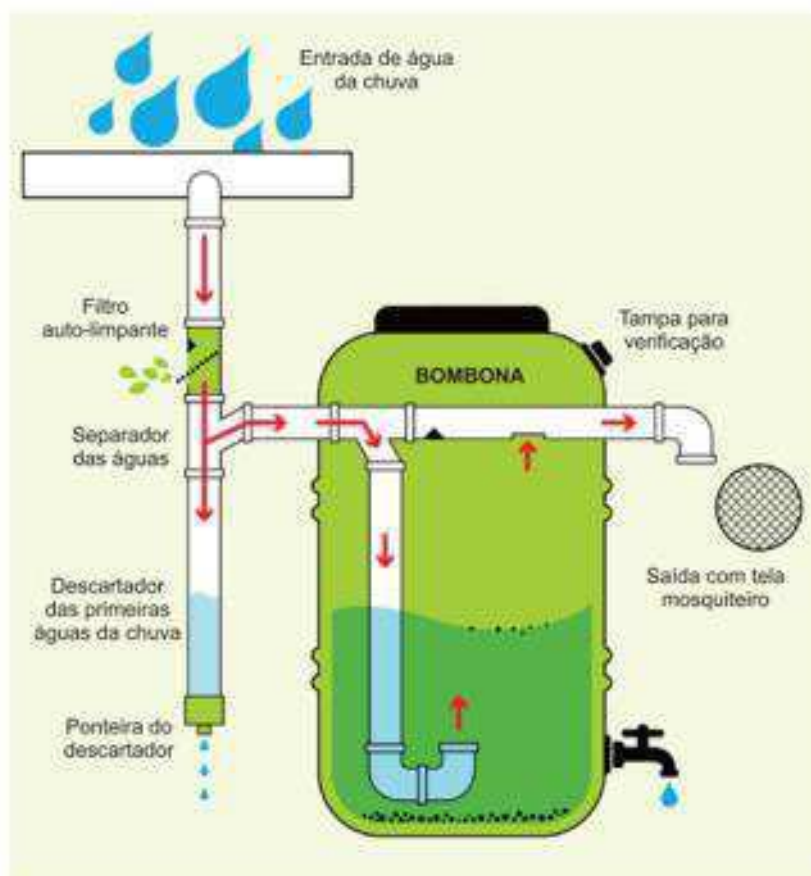
- Combate à falta de água em períodos de estiagem;
- Combate à escassez hídrica;
- Consumo sustentável;
- Preservação dos recursos hídricos.

A água da chuva pode ser usada para lavar pisos, carros, regar plantas, e até para descargas nos vasos sanitários!





Protótipo Sustentável para Captação de Águas da Chuva





6.1. Relatório da Audiência Pública

LOCAL: Audiência Pública realizada virtualmente através da plataforma online Microsoft Teams.

DATA: 16 de dezembro de 2020.

HORÁRIO: 19:30 Horas.

PAUTA: Apresentação das bacias hidrográficas estudadas e metodologias aplicadas; Identificação dos principais problemas e riscos; Propostas das medidas estruturais e não estruturais; Cenários hidrológicos; Considerações finais.

Em 16 de Dezembro, teve início às 19:30 horas, através da plataforma online Microsoft Teams, a 1ª Audiência Pública relacionada ao processo de elaboração do Plano de Drenagem, Macrodrenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de Jaru – RO.

A Audiência Pública foi aberta pela equipe técnica do município de Jaru, e em seguida conduzida pelo Prefeito Municipal, iniciando as formalidades e apresentações. Estavam presentes o Prefeito Municipal João Gonçalves, o Vice-Prefeito Jeferson Lima, o Promotor de Justiça Fábio Rodrigo, a Engenheira Sanitarista Lucia Helena, a Presidente da OAB do Município Dra. Ilizandra, o representante do Governo do Estado de Rondônia e Secretário Regional Anderson Dias, os Vereadores Rafael Lopes e Sol e os Vereadores Professores Carlos e Damiana, além de alguns munícipes, totalizando 26 participantes.

O Engenheiro Ambiental Guilherme apresentou primeiramente o estudo morfométrico das bacias identificadas como A, B e C, e das bacias do Rio Mororó e do Canal da Baixada e, posteriormente, o estudo hidrológico destas bacias, bem como a modelagem hidráulica através do software HEC-RAS. Com o resultado da modelagem foi elaborado a análise técnica dos pontos críticos e a proposição de medidas estruturais e não estruturais para mitigação dos danos.

Além da apresentação dos estudos feitos nas áreas críticas do município, também foram identificados os pontos de interesse em cada bacia, definidos dentro do plano, e a aplicação do Método Racional para as bacias A, B, C e do Canal da Baixada. Para a Bacia do Rio Mororó utilizou-se a aplicação do método I-Pai-Wu.





Explicou também que foram utilizados os softwares de geoprocessamento ArcGis e Google Earth Pro para as medições das bacias.

A apresentação conteve um mapa como exemplo da metodologia aplicada para o dimensionamento dos cálculos, ilustrando como foi determinada a largura média da Bacia do Rio Mororó, junto a um exemplo de uma simulação hidráulica.

O Engenheiro Guilherme trouxe o mapeamento das manchas de inundações atuais do município de Jarú e os impactos dessas cheias na sociedade e nas edificações.

As medidas mitigatórias propostas consistem em medidas estruturais e medidas não estruturais. As medidas estruturais podem ser citadas como obras ao longo das bacias, a utilização de áreas verdes para controle hidrológico, a recuperação das matas ciliares e Áreas de Preservação Permanente - APP, a criação de parques lineares, a infiltração local, para retenção do escoamento superficial que chega na malha urbana, o alargamento, desassoreamento e manutenção da declividade nos canais e a troca de dispositivos subdimensionados.

Após as medidas estruturais serem apresentadas, o Prefeito Municipal João Gonçalves informou aos presentes da audiência que em sua gestão foram feitas limpezas nos canais assoreados, através de um equipamento próprio, resolvendo muitos problemas de alagamentos pontuais. O Engenheiro Ambiental Guilherme ressalta que é inevitável o assoreamento desses canais devido as ruas não pavimentadas, devido a isto, a proposta de implantação dos parques lineares e a recuperação das APPs, para que assim estes locais sejam protegidos com vegetação.

As medidas não estruturais são aquelas não relacionadas as obras, e sim voltadas para a educação e legislação, com restrição de uso de solo e o regulamento do uso da terra, a realocação das populações ribeirinhas e assuntos correlatos. Como medidas não estruturais propostas apresentou-se o regulamento do uso do solo, a educação ambiental, que deve ser implementada em todos os níveis educacionais, para complementar o assunto foi elaborada uma cartilha de educação ambiental a respeito do funcionamento e importância da drenagem urbana. Outras medidas propostas foram a normatização para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais, o sistema de alerta e previsão de inundações, a apresentação da estação fluviométrica onde serão feitas essas análises para monitoramento, o programa de





manutenção e limpeza das estruturas de microdrenagem institucionalizado dentro da prefeitura com seu próprio departamento e programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto.

Logo após a apresentação das medidas não estruturais, foi demonstrado um mapa da mancha de inundação da Bacia do Mororó após a implementação das medidas mitigadoras como exemplo.

Após a apresentação das medidas mitigadoras, o Engenheiro Guilherme apresentou o Plano de Execução dos Programas, Projetos e Ações - PPA para o Sistema de Drenagem e Manejo das Águas da Chuva, através das planilhas elaboradas para o produto final.

Os objetivos apresentados com o PPA possuem estimativa de imediato (3 anos), curto (de 4 a 8 anos), médio (de 9 a 12 anos) e longo prazo (de 13 a 20 anos).

Após a apresentação, a palavra foi passada às autoridades e demais participantes da audiência pública para indagações, contribuições e considerações finais.

Por fim, o Prefeito Municipal João Gonçalves inicia os encerramentos da audiência pública, junto ao Engenheiro Guilherme, que abre para a população enviar sugestões e dados que considerarem importantes.

O Prefeito Municipal João Gonçalves fez suas considerações finais, em forma de agradecimento pela participação de todos, encerrando assim a audiência pública de divulgação do Plano de Drenagem, Macrodrenagem e Manejo de Águas Pluviais.

Os slides utilizados para a Audiência Pública estão ilustrados nas imagens a seguir.

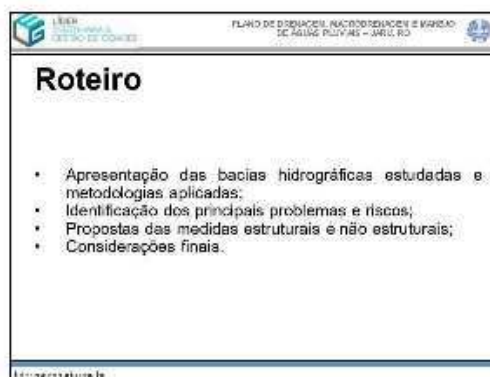
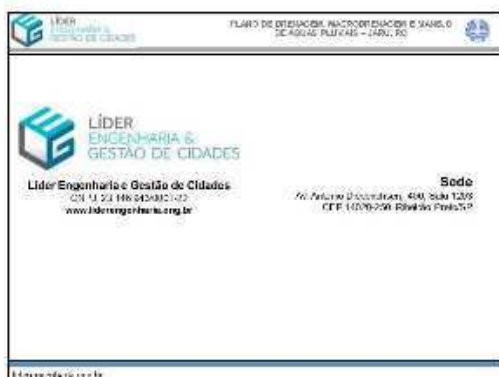
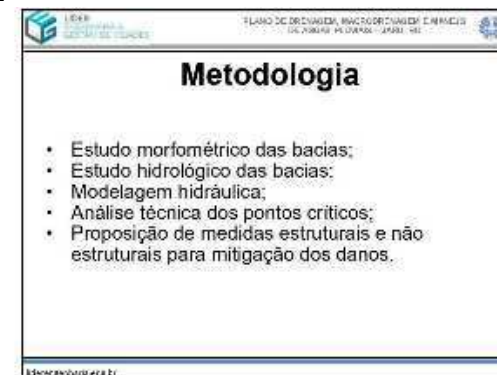




PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS
Município de Jaru - RO



Figura 126 – Apresentação 1ª Audiência Pública.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 127 - Apresentação 1ª Audiência Pública.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 128 - Apresentação 1ª Audiência Pública.

LEER
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Manchas de inundação atuais

Inundação do Rio Mororó no Setor 5. Afogamento em 28 residências e aproximadamente 112 pessoas.



l@leerengharia.org.br

LEER
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Medidas Mitigadoras

Medidas Estruturais;

Medidas Não Estruturais.

l@leerengharia.org.br

LEER
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Parques Lineares

- Implementados em fases;
- Impedem a ocupação irregular de áreas críticas;
- Propiciam áreas de infiltração para as águas da chuva;
- São áreas de lazer, recreação e convívio social para a população.

l@leerengharia.org.br

LEER
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Manchas de inundação atuais

Inundação do Rio Mororó no Jardim dos Lótios. Afogamento em 10 residências e aproximadamente 40 pessoas.



l@leerengharia.org.br

LEER
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Utilização de Áreas Verdes Para Controle Hidrológico

- Recuperação de Matas Ciliares e áreas de APP
- Parques Lineares;
- Infiltração local;

l@leerengharia.org.br

LEER
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Parque Linear Urbano do Rio Mororó – 1ª Fase

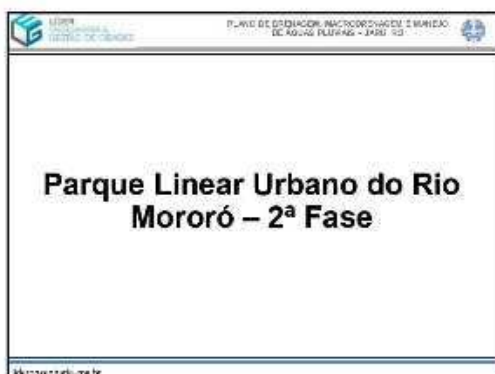
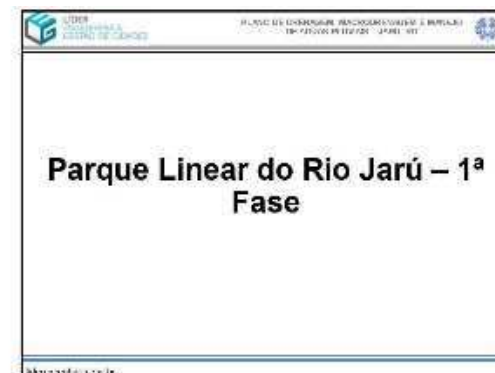
l@leerengharia.org.br

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 129 - Apresentação 1ª Audiência Pública.

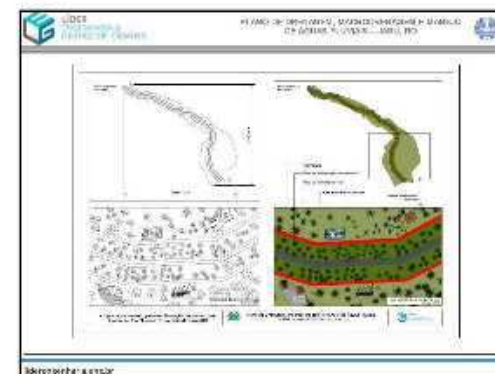
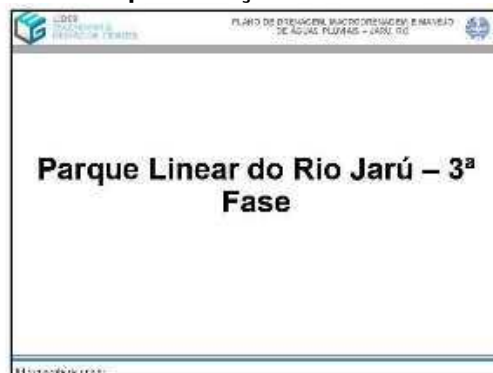
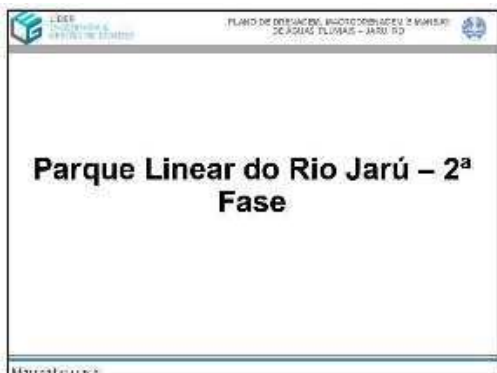


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 130 - Apresentação 1ª Audiência Pública.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 131 - Apresentação 1ª Audiência Pública.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 132 - Apresentação 1ª Audiência Pública.

LEDEP
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU - RO

Alargamento, desassoreamento e manutenção da declividade dos canais.

ledep@vivo.br

LEDEP
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU - RO

Medidas Não Estruturais

ledep@vivo.br

LEDEP
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU - RO

Educação Ambiental

- A educação ambiental deve ser implementada em todos os níveis educacionais, de forma interdisciplinar e holística, assegurando uma visão crítica dos indivíduos sobre seu papel no meio ambiente.
- Sensibilizar sobre o impacto das ações e escolhas de cada um no cenário municipal, inclusive nos problemas de drenagem urbana;

ledep@vivo.br

LEDEP
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU - RO

Troca de dispositivos subdimensionados

ledep@vivo.br

LEDEP
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU - RO

Regulamento do Uso da Terra

- Restringir construções nas áreas aluviais que ainda não foram urbanizadas;
- Realocar população das áreas ribeirinhas;

ledep@vivo.br

LEDEP
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU - RO

Educação Ambiental

A abordagem deve adequar-se ao público e as ações devem extrapolar os ambientes formais de ensino, chegando a toda comunidade. Os principais temas a serem abordados são:

- O ciclo da água;
- O conceito de bacia hidrográfica;
- Escoamento superficial;
- Impactos da urbanização no escoamento superficial;
- Importância dos canais naturais de drenagem;
- Função e importância das matas ciliares para a proteção dos cursos d'água;
- O papel do correto gerenciamento de resíduos sólidos para a drenagem urbana;
- A necessidade de se manter áreas impermeáveis nos lotes comerciais e residenciais;
- Medidas de contenção e mitigação de escoamentos superficiais na fonte;
- Captação e utilização de águas pluviais;

ledep@vivo.br

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 133 - Apresentação 1ª Audiência Pública.

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARÚ, RO

Normatização para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais

- Restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários;
- Exigência de telhados verdes e/ou reservatórios de acordo com o porte da obra.

líderengenharia.br

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARÚ, RO

Sistemas de alerta e previsão de inundações:

- Monitoramento dos trechos a montante do Rio Jarú de forma a prever possíveis inundações rápidas com base nos dados de altura da lâmina d'água e/ou vazão em tempo real.
- Recomenda-se a instalação de uma estação fluviométrica na extremidade sul do limite municipal de Jarú de forma a monitorar no mínimo 3 parâmetros ambientais: nível do rio, chuva e pressão barométrica.

líderengenharia.br

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARÚ, RO

líderengenharia.br

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARÚ, RO

I - Reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;

II - Controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, consequentemente, a extensão dos prejuízos;

III - Contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada.

líderengenharia.br

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARÚ, RO

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO
DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARÚ, RO

Nos períodos chuvosos o monitoramento da altura do leito do rio deve ser realizado constantemente e, quando atingir o limite de referência, os integrantes e responsáveis pela defesa civil municipal devem emitir o sinal de alerta à população.

Este sinal pode ser dado por meio de aplicativos de dispositivos móveis para comunicação, telefonemas, câms de som e/ou alarmes sonoros e luminosos e visa reduzir os danos econômicos, sociais e ambientais dos episódios de grandes cheias.

líderengenharia.br

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 134 - Apresentação 1ª Audiência Pública.

LEDER Engenharia e Gestão de Cidades
PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Programa de manutenção e limpeza das estruturas de microdrenagem



liderengenharia@br

LEDER Engenharia e Gestão de Cidades
PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto

- Evita o assoreamento dos canais;
- Aumenta o tempo entre as manutenções;
- Diminui a veiculação de doenças e vetores de pragas urbanas.

liderengenharia@br

LEDER Engenharia e Gestão de Cidades
PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Plano de Execução dos Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Drenagem e Manejo das Águas da Chuva

liderengenharia@br

LEDER Engenharia e Gestão de Cidades
PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Programa de manutenção e limpeza das estruturas de microdrenagem

- Sempre que uma não conformidade na malha de microdrenagem for identificada deve-se realizar um estudo de seu impacto na rede total e classificar a manutenção como urgente ou não-urgente.
- Essa classificação indicará se a manutenção deve ser feita a curto, médio ou longo prazo, dependendo da época do ano de sua ocorrência.
- Nos períodos chuvosos recomenda-se que os reparos sejam feitos sempre a curto prazo. O contrário acontece para os períodos de estiagem, quando a manutenção pode ser feita com um maior prazo de tempo.

liderengenharia@br

LEDER Engenharia e Gestão de Cidades
PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Mancha de Inundação da Bacia do Mororó após a implementação das medidas mitigadoras.



liderengenharia@br

LEDER Engenharia e Gestão de Cidades
PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE VISAM MELHORAR AS CONDIÇÕES DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

1.1	Elaborar o plano de obras para recuperação da malha urbana de Jaru, e sua implementação de acordo com a estrutura e estrutura de drenagem, levando em consideração as condições de infraestrutura urbana.
1.2	Realizar estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para a implementação de obras de infraestrutura urbana que visem melhorar as condições de drenagem e manejo das águas pluviais.
1.3	Elaborar estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para a implementação de obras de infraestrutura urbana que visem melhorar as condições de drenagem e manejo das águas pluviais.
1.4	Elaborar estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para a implementação de obras de infraestrutura urbana que visem melhorar as condições de drenagem e manejo das águas pluviais.
1.5	Realizar estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para a implementação de obras de infraestrutura urbana que visem melhorar as condições de drenagem e manejo das águas pluviais.

liderengenharia@br

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Figura 135 - Apresentação 1ª Audiência Pública.

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

1.1	Elaboração e implementação de planos de manutenção para os sistemas de drenagem, visando a conservação dos equipamentos e a melhoria da eficiência do sistema.
1.2	Adoção de medidas para controle de enchentes em áreas de risco, visando a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio público e privado.
1.3	Implementação de medidas estruturais de controle de enchentes em áreas de risco, visando a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio público e privado.
1.4	Implementação de medidas estruturais de controle de enchentes em áreas de risco, visando a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio público e privado.
1.5	Implementação de medidas estruturais de controle de enchentes em áreas de risco, visando a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio público e privado.
1.6	Implementação de medidas estruturais de controle de enchentes em áreas de risco, visando a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio público e privado.
1.7	Implementação de medidas estruturais de controle de enchentes em áreas de risco, visando a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio público e privado.

líderengenharia.com.br

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Objetivos:

- Implementar ações estruturais que minimizem os problemas no Sistema de Drenagem Urbana;
- Implementar ações não estruturais que minimizem os problemas no Sistema de Drenagem Urbana;
- Controle das águas pluviais na fonte (telas ou telhamentos);
- Criação de Taxa de Drenagem.

Análise de Investimentos Previstos para o Sistema de Drenagem Urbana

Tipo de Ação	Porcentagem
Ações Estruturais	87%
Ações Não Estruturais	13%

líderengenharia.com.br

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)

1.1	Elaboração e implementação de planos de manutenção para os sistemas de drenagem, visando a conservação dos equipamentos e a melhoria da eficiência do sistema.
1.2	Adoção de medidas para controle de enchentes em áreas de risco, visando a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio público e privado.

CRIAÇÃO DE TAXA DE DRENAGEM

1.1	Elaboração e implementação de planos de manutenção para os sistemas de drenagem, visando a conservação dos equipamentos e a melhoria da eficiência do sistema.
1.2	Adoção de medidas para controle de enchentes em áreas de risco, visando a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio público e privado.
1.3	Implementação de medidas estruturais de controle de enchentes em áreas de risco, visando a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio público e privado.

líderengenharia.com.br

PLANO DE DRENAGEM, MACRODRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS - JARU, RO

Obrigado pela atenção e até o próximo encontro.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

(16) 3325 - 5580

www.liderengenharia.com.br
contato@liderengenharia.com.br

líderengenharia.com.br

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





7. RECOMENDAÇÕES DE APRIMORAMENTO INSTITUCIONAL

7.1. Aspectos Institucionais

A estrutura institucional é a base do gerenciamento dos recursos hídricos urbanos e da sua política de controle. A definição institucional depende dos espaços de atribuição da organização do País, de sua interrelação tanto legal como de gestão quanto à água, ao uso do solo e ao meio ambiente. Para estabelecer o mecanismo de gerenciamento desses elementos, é necessário definir os espaços geográficos relacionados com o problema. a legislação pertinente, os objetivos a serem alcançados e compatibilizá-los com a realidade da municipalidade.

7.2. Legislações

A Constituição Federal define o domínio dos rios e a legislação de Recursos Hídricos em âmbito federal e estabelece os princípios básicos da gestão das bacias hidrográficas. As bacias podem ser de domínio estadual ou federal.

A lei federal 9.433, instituiu a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal (aqueles que atravessam mais de um estado ou fazem fronteira) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Conhecida por seu caráter descentralizador, por criar um sistema nacional que integra União e estados, e participativo, por inovar com a instalação de comitês de bacias hidrográficas que une poderes públicos nas três instâncias, usuários e sociedade civil na gestão de recursos hídricos, a PNRH é considerada uma lei moderna que criou condições para identificar conflitos pelo uso das águas, por meio dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, e arbitrar conflitos no âmbito administrativo.

Algumas legislações estaduais de recursos hídricos estabelecem critérios para a outorga do uso da água, mas não legislam sobre a outorga relativa ao despejo de efluentes de drenagem (prevista na lei de recursos hídricos).

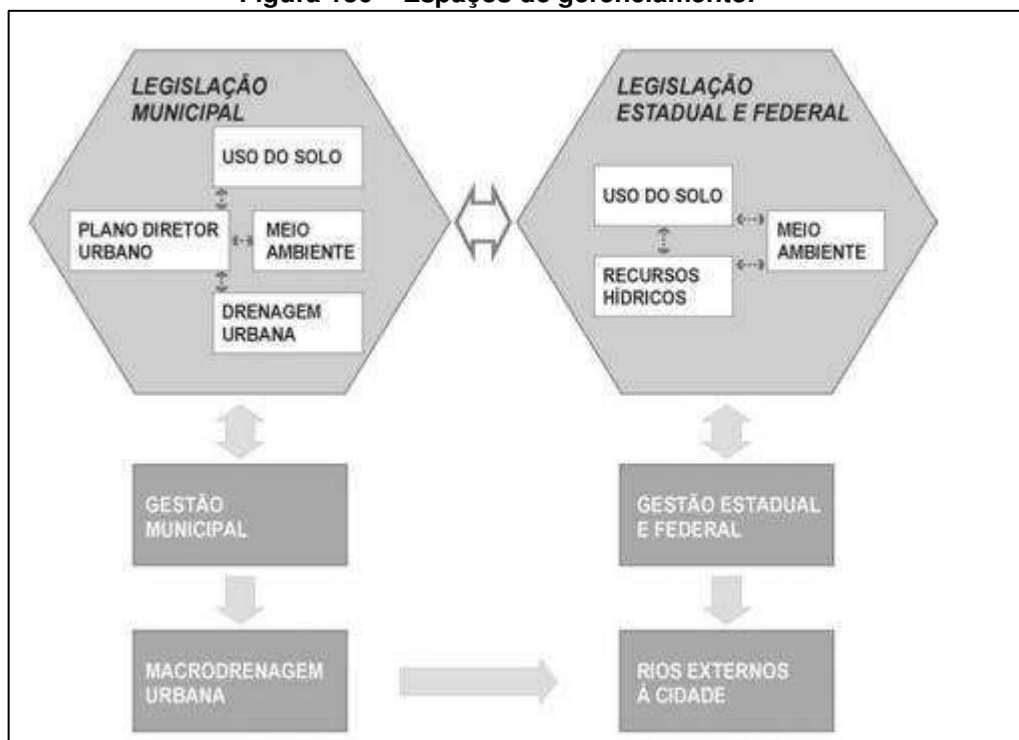




Nesse contexto, o escoamento pluvial (da mesma forma que o esgoto sanitário) resultante das cidades deve ser objeto de outorga ou de controle a ser previsto nos Planos de Bacia. Como esses procedimentos ainda não estão sendo cobrados pelos Estados, não existe, no momento, uma pressão direta para a redução dos impactos resultantes da urbanização.

A Figura a seguir, ilustra a hierarquia das legislações a serem atendidas.

Figura 136 – Espaços de gerenciamento.



Fonte: Tucci, 2003.

O artigo 30, da Constituição Federal, define que o Uso do Solo é municipal. Contudo, os Estados e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento do uso do solo visando à proteção ambiental, ao controle da poluição, à saúde pública e à segurança. Dessa forma, observa-se que, no caso da drenagem urbana, que envolve o meio ambiente e o controle da poluição, a matéria é de competência concorrente entre Município, Estado e Federação. A tendência é de os municípios introduzirem diretrizes de macrozoneamento urbano nos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano, incentivados pelos Estados.





Outra ferramenta para ordenamento territorial é o Estatuto da Cidade, que apresenta mecanismos legais destinados a função social da propriedade; a implementação de instrumentos urbanos para melhor regular o uso e ocupação do solo, o que possibilita aos Municípios integrar a gestão urbana e tributária para viabilizar novas fontes de financiamento; a garantia de espaços públicos inclusivos; e as condições de acesso à moradia e serviços adequados com a participação popular na formulação de ações.

O Licenciamento ambiental estabelece os limites para a construção e a operação de canais de drenagem e regulado pela Lei nº 6.938/81 e pela Resolução Conama nº 237/97. Da mesma forma, a resolução Conama 01/86 art 2º, VII, estabelece a necessidade de licença ambiental para “obras hidráulicas para drenagem”. O licenciamento ambiental é Federal na medida que a área de influência do projeto englobe mais de um Estado, enquanto que é estadual quando a área de influência se encontra dentro de um mesmo Estado.

Vale ressaltar que a elaboração de Planos Diretores de Macrodrenagem possui papel fundamental nos municípios. Na formulação do plano diretor de macrodrenagem, deve-se considerar que a drenagem é um fenômeno de abordagem regional, ou seja, a unidade de gerenciamento é a bacia hidrográfica, portanto, pode transcender os limites administrativos do município. A drenagem é também uma questão de alocação de espaços: a supressão de várzeas inundáveis, naturais ou não, implica sua relocação para jusante, e o mesmo se aplica à perda de áreas de infiltração pela impermeabilização.

A Lei nº 6.938/81, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, determina que as atividades empresariais públicas ou privadas serão exercidas em consonância com as diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente.

Drenagem urbana é atividade da administração pública, fazendo parte do rol de obrigações do município para garantir saúde e segurança aos munícipes, além de ser um serviço público legalmente definido como tal. Assim, além das questões da engenharia, como os projetos e as obras civis e hidráulicas, deve ser considerada a vertente ambiental na arquitetura dos planos de drenagem.

A sustentabilidade econômico-financeira é um dos princípios fundamentais da prestação dos serviços de saneamento básico, conforme a Lei nº 11.445/2007,





atualizada pela Lei 14.026/2020. Para que se possa melhorar a eficiência e efetividade da prestação dos serviços de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas -DMAPU, é necessário conhecer aspectos da gestão econômico-financeira dos prestadores de serviço. Neste capítulo, apresentamos os resultados relativos aos indicadores econômicos e financeiros, com foco nos aspectos da cobrança, investimentos, receitas e despesas e pessoal alocado nos serviços.

A Figura a seguir retrata o espaço de gestão das águas urbanas, com seus respectivos domínios e gestores responsáveis, como seus instrumentos diretores e suas características.

Figura 137 – Espaço de gestão das águas urbanas.

Espaço	Domínio	Gestores	Instrumento	Característica
Bacia Hidrográfica ¹	Estado ou Governo Federal	Comitês e Agências	Plano de Bacia	Gestão da quantidade e da qualidade da água no sistema de rios que formam a bacia hidrográfica, evitando a transferência de impactos
Município ²	Município ou Região Metropolitana	Município	Plano Diretor Urbano e Plano Integrado de Esgotamento, Drenagem Urbana e Resíduo Sólido	Minimização dos impactos de quantidade e qualidade dentro da cidade, nas pequenas bacias urbanas, sem transferir impactos para o sistema de rios

Fonte: Tucci, 2005

A Tabela a seguir, sintetiza as legislações em suas esferas Federais, Estaduais e Municipais, que englobam de forma direta ou indireta, os sistemas de drenagens urbanas.





Tabela 6 – Legislações.

Legislação		
Lei	Descrição	Esfera
Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020	Atualiza o marco legal do saneamento básico.	Federal
Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997	Política Nacional de Recursos Hídricos.	Federal
Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010	Política Nacional de Resíduos Sólidos.	Federal
Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.	Federal
Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro 2002	Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente.	Estadual
Lei Estadual nº 547, de 30 de dezembro de 1993	Dispõe sobre a criação do Sistema Estadual de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia - SEDAR e seus instrumentos.	Estadual
Lei Estadual nº 1.145, de 12 de dezembro de 2002	Institui a política, cria o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos do estado de Rondônia, e dá outras providências.	Estadual
Lei Complementar nº 826, de 09 de julho de 2015	Reestrutura a Agência de Regulação de Serviços Públicos do Estado de Rondônia - ASPER e dá outras providências.	Estadual
Projeto de Lei nº 2.789, de 11 de fevereiro de 2020	Dispõe Sobre a Política Municipal de Saneamento Básico e da outras providências.	Municipal
Lei Orgânica nº 1, de 01 de janeiro de 1990	Institui a Lei Orgânica do município de Jaru.	Municipal
Lei Municipal nº 254, de 27 de maio de 1994	Dispõe sobre as construções no município de Jaru, estado de Rondônia e código de obras, e dá outras providências.	Municipal
Lei Municipal nº 1.827, de 06 de dezembro de 2013	Dispõe sobre o código ambiental do município de Jaru, e dá outras providências.	Municipal

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

7.3. Gerenciamento de Contingências

Contingências são definidas como eventualidades, acasos ou acontecimentos que têm como fundamento a incerteza de algo que pode ou não acontecer.

O gerenciamento de contingências consiste em orientar as ações de prevenção, preparação e resposta a um determinado cenário de risco, caso o evento adverso venha a se concretizar, estabelecendo que tipo de ações precisam





ser desenvolvidas no nível local e definindo as responsabilidades e competências de cada integrante da administração pública municipal para o enfrentamento de desastres naturais que possam ocorrer nos municípios.

Ao se tratar de possíveis desastres que envolvam a população de uma determinada localidade, a Defesa Civil sempre estará vinculada, trabalhando juntamente a administração pública.

De acordo com o Manual de Drenagem Urbana de São Paulo - Volume I, o gerenciamento de contingências constitui um plano que deve compreender fundamentalmente os seguintes componentes: Sistema de alerta e monitoramento em tempo real das chuvas e dos níveis d'água, apoiado em informações meteorológicas também obtidas em tempo real; Centro de gerenciamento de emergências, onde são processadas as informações do sistema de alerta e encaminhadas às instâncias administrativas, técnicas e de defesa civil; Unidades operacionais incumbidas de mobilizar meios humanos e materiais necessários para a avaliação em campo das emergências e acionamento das instâncias competentes e aptas para a mobilização dos recursos que se fizerem necessários para o seu atendimento.

O monitoramento em tempo real propicia uma avaliação permanente da condição do sistema ou dos equipamentos do sistema de drenagem urbana. Este monitoramento constitui-se do estabelecimento de uma rede de transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento e informação.

As estações automáticas pluviométricas e fluviométricas podem transmitir dados em tempo real mediante satélite ou via GPRS (Serviço de Rádio de Pacote Geral) e possibilitam o desenvolvimento de rotinas de previsão hidrometeorológica e de gerenciamento de contingências em tempo real, com mecanismos de supervisão à distância.

O radar meteorológico é outra ferramenta importante para a previsão de inundações, onde são empregadas ondas eletromagnéticas de alta energia para se alcançar grandes distâncias.

As ondas eletromagnéticas ao passarem por uma nuvem, causam em cada gota uma ressonância na frequência da onda incidente, de modo que cada gota produz ondas eletromagnéticas, irradiando em todas as direções.





Parte desta energia gerada pelo volume total de gotas iluminado pelo feixe de onda do radar volta ao prato do radar e sabendo-se o momento em que o feixe de onda foi emitido pelo radar e quanto tempo depois o sinal retornou, determina-se a distância do alvo ao radar. A intensidade do sinal de retorno está ligada ao tamanho e distribuição das gotas no volume iluminado pelo radar.

7.3.1. Defesa Civil

A Defesa Civil é caracterizada como um conjunto de ações destinadas a evitar ou minimizar os desastres naturais e/ou humanos, de caráter preventivo, de socorro, assistencial ou reconstrutivo, de modo a preservar a integridade física e moral da população e restabelecer a normalidade social.

O papel da Defesa Civil é coordenar o trabalho de diversos órgãos do governo e da sociedade responsáveis pela resposta e prevenção de catástrofes. Corpos de bombeiros, batalhões da polícia militar, serviços de emergência: todos seguem as orientações da Defesa Civil para atender a população nessas tragédias.

Assim, ela tem o dever não apenas de ajudar no resgate às vítimas e na recuperação de áreas atingidas, como também de prevenir os desastres antes mesmo que eles aconteçam.

Desta forma, para a elaboração de qualquer documento visando a prevenção destes acidentes, a Defesa Civil deverá estar envolvida.

7.3.2. Plano de Contingência

O plano de contingências visa descrever as medidas a serem tomadas pelo Município através de suas unidades técnicas capacitadas definindo as atribuições de cada órgão para atender às emergências. Esse documento deve ser elaborado com a finalidade de organizar, administrar e integrar as ações necessárias para o controle de eventos extremos até que as condições normais sejam reestabelecidas.

É necessário que o Plano de Contingência seja elaborado previamente, para otimizar as atividades de resposta a emergências, que tem como finalidade orientar as ações de preparação e resposta ao cenário de risco, caso um evento adverso venha a ocorrer.





Deve prever um conjunto de medidas que, uma vez constatado pelo sistema de alerta o risco de ocorrência de inundações, acione meios humanos e materiais previamente organizados para atuar no atendimento a possíveis emergências urbanas.

Para a mitigação desses impactos, faz-se necessário o uso de ações ou de medidas de controle que irão atenuar as consequências da impermeabilização do espaço urbano no âmbito da drenagem, com a eliminação/redução do risco de enchentes ou ao menos disparar mecanismos de alerta e prevenção de enchentes e danos ao meio físico, ao patrimônio público e privado, à sociedade, ao meio ambiente.

Deve-se ser levado em consideração, o fato de que ao longo dos anos, as intensidades das chuvas tendem a aumentar, junto as expansões dos centros urbanos e maior impermeabilização dos solos, fatores estes que colaboram diretamente para as grandes inundações.

Portanto, as ações de Contingência presentes em um Plano de Contingência, devem ser sempre atualizadas de acordo com as mudanças do município, se adequando sempre ao mais próximo do cenário real atual.

7.3.1. Políticas de Controle dos Impactos

As políticas de controle dos impactos das águas pluviais são apresentadas inicialmente destacando os dois tipos principais de medidas disponíveis: medidas estruturais e não estruturais.

As principais medidas não estruturais, de caráter preventivo para eventos de emergência são: utilização de mecanismos legais, a prevenção por meio de alerta, seguros e capacitação da população e profissionais. Essas medidas tratam de prevenir ou conviver com as inundações.

As medidas estruturais de controle são obras de engenharia implementadas nos sistemas de drenagem urbana ou na unidade lote edificável, cujo objetivo principal é reduzir os riscos de ocorrência de cheias em áreas onde este fenômeno pode causar danos. De modo geral, apresentam grande área de influência e





envolvem a aplicação maciça de capital. Estas medidas exigem maior investimento e geralmente não são viáveis economicamente.

As medidas não estruturais, em contraponto, procuram reduzir impactos basicamente através da regulamentação da legislação vigente. Estas medidas, para fazer jus ao nome de não estruturais, têm abrangência na unidade do lote e em todo o espaço urbano regulamentando o uso e ocupação do solo em prol do bem comum.

De acordo com TUCCI (2005) o sistema de previsão e alerta tem o objetivo de se antecipar à ocorrência da inundação, alertando a população e tomando as medidas necessárias para reduzir os prejuízos que sejam resultantes da inundação. De acordo com Barbosa (2006) uma maior conscientização da comunidade e um sistema de alerta, monitorado de maneira precisa, são determinantes na adoção de medidas preventivas. O conhecimento desse sistema pela população é importante, visto que pode reduzir os prejuízos causados pelas inundações.

O sistema de previsão e alerta em tempo real envolve: um Sistema de coleta e transmissão de informações hidrológicas e do tempo (Monitoramento por rede telemétrica, satélite ou radar e transmissão dessas informações para o centro de previsão); um Centro de Previsão, responsável pela recepção e processamento de informações e por modelo de previsão, avaliação e alerta; e a Defesa Civil, responsável por alertar os sistemas públicos e a população que mora em locais de risco, além da remoção e proteção à população atingida durante a situação de emergência.

7.3.1.1. Medidas Estruturais

As medidas estruturais são medidas de controle de enchentes e inundações que são essencialmente construtivas, como represas, reservatórios de retenção, melhoramento de canal de rio, canais de desvio e barragens. Essas medidas “não são projetadas para dar uma proteção completa, pois isso exigiria uma proteção contra a maior enchente possível.” (ENOMOTO, 2000, p. 76)

Medidas estruturais são de grande importância para a solução de grande parte dos problemas das inundações, porém isoladas não representam soluções





eficazes e sustentáveis, sem contar com os altos custos de sua implantação e manutenção. A própria comunidade possui influência direta quando se busca soluções para a minimização das inundações, preferindo quase sempre medidas estruturais, talvez por serem obras vultosas que chamam a atenção e dão a sensação de proteção.

Medidas estruturais podem ser classificadas em extensivas e intensivas. Ambas se referem a obras de engenharia hidráulica implantadas para mitigar os impactos causados pelas enchentes (SOUZA, 2004).

Medidas estruturais extensivas são medidas físicas diretas, aplicadas no contexto da bacia, que objetivam modificar as relações entre precipitação e vazão para reduzir a produção de escoamento superficial, diminuindo a ocorrência de erosão e enchentes (SOUZA, 2004 apud TUCCI, 1993).

No âmbito político, geralmente se dá preferência às medidas estruturais, pois elas são facilmente perceptíveis pela população, embora nem sempre sejam efetivas quanto outras medidas (SOUZA, 2004).

Como exemplos de medidas estruturais extensivas, é possível citar obras de microdrenagem, pavimentos permeáveis, valas de infiltração, bacias de percolação, armazenamento em telhados, obras de controle da erosão do solo (SOUZA, 2004).





Figura 138 – Medidas estruturais.

Controle na fonte	Disposição local	1. Leitos de infiltração 2. Bacias de percolação 3. Pavimentos porosos
	Controle de entrada	1. Telhados 2. Estacionamentos
	Detenção na origem	1. Valas 2. Depressões secas 3. Lagos escavados 4. Reservatórios de concreto 5. Reservatório tubular
Controle a jusante	Detenção em linha	1. Rede de galerias 2. Reservatório tubular 3. Reservatório de concreto 4. Túnel em rocha 5. Reservatório aberto
	Detenção lateral	1. Reservatórios laterais

Fonte: Tucci, 2003.

7.3.1.2. Medidas Não Estruturais

São as medidas que buscam reduzir os danos ou as consequências das inundações, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem.

Por apresentarem características reguladoras, minimizam os impactos das inundações a um custo menor e cabe ao poder público a gestão.

Podem envolver medidas compostas por projetos ou planos, a serem executados durante períodos de maior precipitação, como os planos da Defesa Civil.

As ações não estruturais para a drenagem urbana abrangem os mecanismos de definição dos princípios básicos (fundamentos); do estabelecimento de como estes princípios devem ser respeitados (legislação, normas e manuais técnicos) e de orientação para a participação da sociedade civil organizada para que as ações





não estruturais possam ser implantadas e mantidas operantes na atualidade e no futuro.

7.4. Gerenciamento de Operação e Manutenção

As diretrizes para operação e manutenção da micro e macrodrenagem compreendem um conjunto de rotinas que deverão ser incorporadas em um Sistema de Informações de Drenagem Urbana.

Todos os sistemas de drenagem, independentemente de seu projeto e construção, exigem atenção à operação e manutenção (O & M), mas alguns exigem mais atenção do que outros. Isso dependerá, principalmente, da quantidade e dos tipos de resíduos sólidos no sistema de drenagem, combinados com fatores climáticos que afetam a duração da estação chuvosa e o acúmulo de sedimentos.

A manutenção pode ser definida como o conjunto de atividades destinadas a garantir as condições operacionais pré-estabelecidas para o sistema de drenagem de forma a reduzir o risco de falhas devido ao mau funcionamento de seus componentes.

A principal finalidade de um serviço de manutenção é manter o sistema de drenagem em condições de receber, conduzir, armazenar e tratar as águas pluviais a qualquer momento, reduzindo assim os riscos de falha e, conseqüentemente, os riscos de inundação e da poluição hídrica na sua área de influência.

Um dos grandes problemas do sistema de drenagem decorre da falta de manutenção e da má utilização de seus mecanismos. Podem ser observadas falhas no sistema de macrodrenagem em virtude da falta de manutenção, seja por assoreamento da calha dos principais corpos receptores seja pelo mau funcionamento das estruturas de armazenamento.

A manutenção deve-se começar pelo Sistema de Drenagem Inicial, onde a limpeza e desobstrução de bueiros e bocas de lobo devem ser executadas com periodicidade diferenciada nos períodos secos e chuvosos, lembrando sempre que antes do início do período chuvoso o sistema de drenagem inicial deve estar completamente livre de obstruções ou interferências.





Podem-se citar três tipos de manutenção existentes no que se refere ao sistema de drenagem:

1. Manutenção corretiva: caracteriza-se como uma intervenção realizada após a ocorrência de eventuais falhas do sistema ou até mesmo após seu funcionamento, como o caso dos reservatórios de detenção que necessitam de limpeza após a ocorrência dos eventos de chuva;
2. Manutenção preventiva: uma intervenção programada que tem como objetivo manter a disponibilidade do sistema de drenagem para quando for requisitado;
3. Manutenção preditiva: permite garantir uma qualidade desejada do funcionamento do sistema de drenagem, por meio de análises e supervisões sistemáticas do sistema visando diminuir as manutenções corretiva e preventiva, ou seja, a manutenção preditiva é uma técnica de gerenciamento da manutenção.

Outras medidas de Gestão Administrativa englobam educação para a população em geral sobre inundação urbana, formação de engenheiros e arquitetos que projetam dentro do ambiente urbano, desenvolvimento de um programa de capacitação de profissionais que atuam nos municípios envolvidos a atuarem na fiscalização e acompanhamento dos Planos das cidades.

7.4.1. Taxas de Cobrança por Serviço e Melhoria

A implantação e gestão dos sistemas de drenagem urbana implicam na mobilização de uma quantidade significativa de recursos financeiros. Para garantir a sustentabilidade financeira destes serviços, é possível estabelecer modalidades de captação de recursos. Dentre estas modalidades estão os impostos, as taxas (podendo ser fixas ou calculadas com base em parâmetros físicos) e os pagamentos correspondentes a um consumo (Baptista e Nascimento, 2002)





A lei federal 9.433, que instituiu a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, possibilita a cobrança de uma taxa para a disposição de águas de drenagem pluvial nos corpos d'água em seu artigo 12, inciso III:

Art. 12 – Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: Inciso III – Lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com fim de sua diluição, transporte ou disposição final. Inciso IV – outros usos que alterem o regime, a quantidade e a qualidade de água existente em um curso d'água.

Art. 20 – Serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos à outorga, nos termos do art. 12.

A lei federal 14.026, que atualiza o marco legal do Saneamento Básico também possibilita a implantação da cobrança das taxas de drenagem, em seu artigo 29:

Art. 29 - Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços, e, quando necessário, por outras formas adicionais, como subsídios ou subvenções, vedada a cobrança em duplicidade de custos administrativos ou gerenciais a serem pagos pelo usuário, nos seguintes serviços:

I - De abastecimento de água e esgotamento sanitário, na forma de taxas, tarifas e outros preços públicos, que poderão ser estabelecidos para cada um dos serviços ou para ambos, conjuntamente;

II - De limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, na forma de taxas, tarifas e outros preços públicos, conforme o regime de prestação do serviço ou das suas atividades; e

III - de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, na forma de tributos, inclusive taxas, ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou das suas atividades.

A aplicação de uma taxa de drenagem é uma forma de sinalizar ao usuário a existência de um valor para os serviços de drenagem urbana e que estes custos variam de acordo com a impermeabilização do solo (GOMES, BAPTISTA,





NASCIMENTO, 2008). O custo referente a operação e manutenção da rede de drenagem urbana pode ser cobrado através de:

- Como parte do orçamento geral do município, sem uma cobrança específica dos usuários;
 - Através de uma taxa fixa para cada propriedade, sem distinção de área impermeável;
 - Baseada na área impermeável de cada propriedade – é a mais justa sobre vários aspectos, à medida que quem mais utiliza o sistema deve pagar proporcionalmente ao volume que gera de escoamento.
- A principal dificuldade no processo de cobrança está na estimativa real da área impermeável de cada propriedade.

Vários países considerados desenvolvidos possuem uma taxa de drenagem urbana implantada como forma de gestão da drenagem, tais como os Estados Unidos (EUA), Canadá, Polônia, Dinamarca, Suíça e Suécia.

Uma série de obstáculos podem interferir na implementação de uma taxa de drenagem, dificultando a instauração deste mecanismo de financiamento.

No entanto, o principal obstáculo refere-se à precificação e à atribuição, para cada usuário do sistema, de um valor de escoamento direto produzido em sua propriedade (GOMES, BAPTISTA, NASCIMENTO, 2008).

Como vantagens da aplicação deste instrumento, Gomes, Baptista e Nascimento (2008) destacam a relevância da aplicação de uma taxa de drenagem baseada na parcela de solo impermeabilizado, pois esta apresenta uma base física, que torna a cobrança mais fácil, ou de melhor aceitação por parte da população, além de promover a equidade.

O crescimento populacional de cidades aumenta a impermeabilização, que aumenta o escoamento superficial, que onera a estrutura de drenagem, propiciando a ocorrência de enchentes urbanas. Neste contexto, cabe a inserção, portanto, de uma taxa de drenagem urbana, que possibilite a sustentabilidade financeira do sistema de drenagem, não considerando as externalidades geradas por este

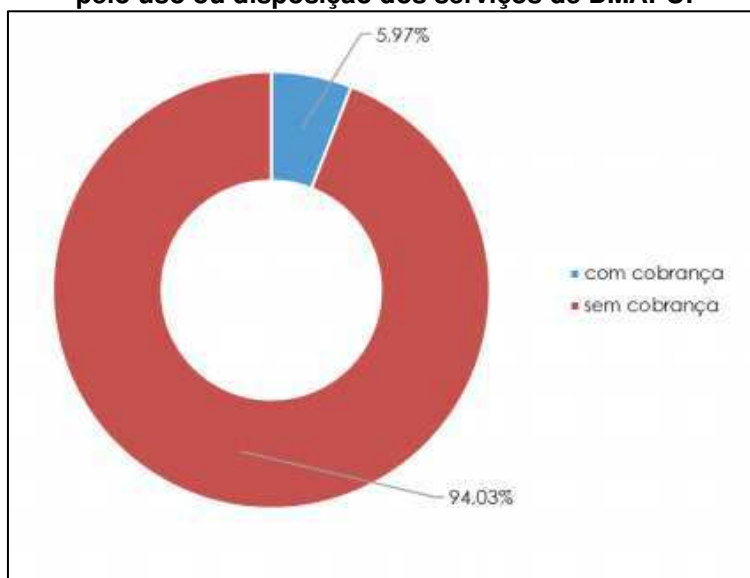




sistema, mas de forma que a manutenção do sistema de drenagem seja feita de forma satisfatória (GOMES, BAPTISTA, NASCIMENTO, 2008).

O Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) solicita aos prestadores informar a existência de alguma forma de cobrança ou de ônus indireto aos usuários pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU. Dos 3.603 municípios que participaram do levantamento de 2018, 3.388 (94,03%) não possuem nenhuma forma de cobrança, nem ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU, enquanto 215 (5,97%) têm algum tipo de cobrança ou ônus indireto por estes serviços. A distribuição percentual dos municípios em que existe ou não alguma cobrança ou ônus indireto é apresentada na Figura a seguir.

Figura 139 – Distribuição percentual de municípios com ou sem cobrança ou ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU.



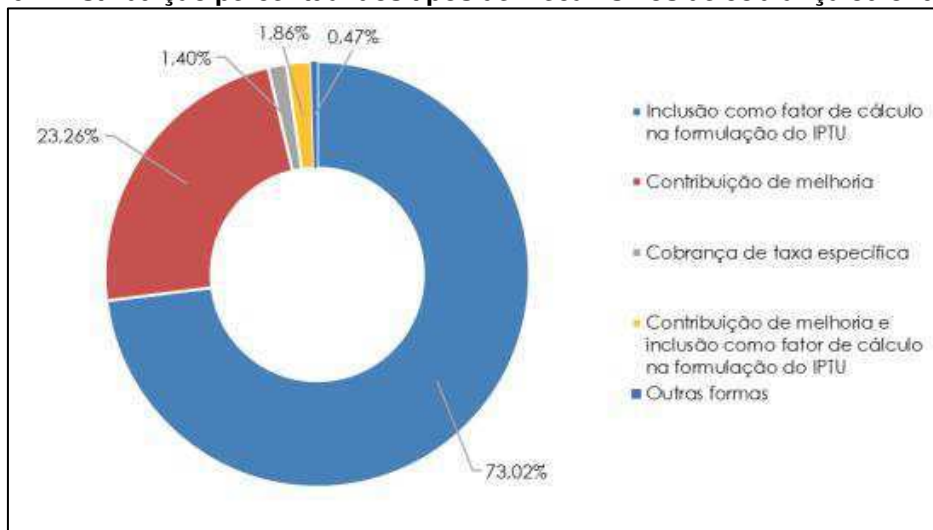
Fonte: SNIS, 2018.

Em relação aos mecanismos de cobrança, dos 215 (5,97%) municípios que possuem algum mecanismo, 157 (73,02%) a fazem por meio de inclusão como fator de cálculo na formulação do Imposto sobre Propriedade Territorial Urbana (IPTU), 50 (23,26%) por meio de contribuição de melhoria, 3 (1,40%) por meio de cobrança de taxa específica, 4 (1,86%) por uma combinação de cobrança de contribuição de melhoria e inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU e 1 (0,47%) por meio de outras formas.





Figura 140 – Distribuição percentual dos tipos de mecanismos de cobrança ou ônus indireto.



Fonte: SNIS, 2018.

Os dados fornecidos pelos prestadores de serviço ao SNIS 2018, mais uma vez corroboram o conhecimento pré-existente no setor saneamento básico de que a cobrança pelo uso efetivo ou potencial dos serviços de DMAPU é praticamente inexistente no país, mesmo com a previsão legal na Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020).

A inexistência de cobrança na imensa maioria dos prestadores de serviço de DMAPU decorre das dificuldades legais e técnico-operacionais para a sua implantação, conforme aponta Tucci (2012). O Artigo 36 da Lei Nacional de Saneamento Básico determina que se devam considerar os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou retenção de água de chuva, em cada lote urbano. Isto obriga a um esforço de individualização do volume de água das chuvas que cada lote lança no sistema público de drenagem.

Para atender aos requisitos técnico-operacionais e legais para o cálculo de uma taxa de DMAPU é necessário, dentre outros, que os prestadores de serviço tenham documentação técnica de suporte para mensurar a contribuição individual de cada lote urbano e que exista lei municipal específica amparando a cobrança.

Quanto às dificuldades legais, argumenta-se que não haveria adesão dos municípios a novas taxas ou tributos face à percepção de baixo retorno efetivo na prestação dos serviços municipais. Sendo assim, a instituição de uma taxa para





DMAPU é um ônus político com o qual o gestor local – o prefeito – prefere não arcar. Em relação às dificuldades técnicas, a inexistência de Cadastros Técnico e Territorial, atualizados, Plano Diretor Urbanístico, PPD e Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), dentre outros documentos, impossibilita a mensuração individual da contribuição específica de cada lote para o sistema de drenagem público.

O município de Santo André faz cobrança de Taxa de Drenagem de Águas Pluviais, prevista na lei municipal nº 7.606, de 23 de dezembro de 1997, que institui e regula esta taxa. Ela é cobrada na conta de saneamento ambiental do SEMASA, de todos os imóveis abrangidos pelo serviço público de drenagem de águas pluviais, e é devida, conforme Artigo 2 da lei municipal:

“Em razão da utilização efetiva ou da possibilidade de utilização, pelo usuário, dos serviços públicos de drenagem de águas pluviais, decorrentes da operação e manutenção dos sistemas de micro e macrodrenagem existentes no Município.” (SANTO ANDRÉ, 1997)

Os custos da operação e manutenção dos sistemas de macro e microdrenagem do município são divididos entre cada usuário (proprietário de imóvel), segundo a contribuição volumétrica das águas provenientes de cada unidade imobiliária lançada no sistema de drenagem pública. O valor da taxa mensal considera o custo médio mensal do serviço e o volume de águas pluviais produzido por cada imóvel. O cálculo da taxa leva em conta, também, o índice pluviométrico mensal do município, o coeficiente de impermeabilização e a área coberta do imóvel.

Em 2018, foi cobrada, em Santo André, uma taxa de R\$ 2,50/mês, de um conjunto de 217.318 unidades, isto é, 97,85% das unidades edificadas no município. O valor cobrado em 2018 é expressivamente inferior aos valores cobrados em 2015 e 2017, respectivamente, R\$ 12,00 e R\$ 19,44. De acordo com o prestador de serviços esta diferença decorre da revisão da informação prestada





pelo próprio município, nos anos anteriores, quando os valores informados correspondiam ao valor anual da taxa.

A seguir, seguem metodologias propostas para efetuar e implementar o cálculo para cobrança de Taxa de Cobrança para Drenagem Urbana, com base nas características individuais de cada município, para que desta forma, seja uma cobrança justa.

A taxa proposta por Tucci (2002) tem como base dois principais aspectos: o rateio dos custos indiretos (custos de operação e manutenção dos sistemas de drenagem) e o custos diretos (ônus de obras para execução de um plano de drenagem). O método de cálculo dos dois aspectos pode ser observado a seguir.

a) Rateio dos custos de operação e manutenção do sistema de drenagem

Calcula-se o custo unitário das áreas impermeáveis (Cui) através da fórmula a seguir. O autor alega que o princípio da taxa de operação e manutenção é o da proporcionalidade com o volume de escoamento superficial. Desta forma o volume gerado pelas áreas impermeáveis é considerado 6,33 vezes superior ao das áreas permeáveis, tendo em vista que as áreas impermeáveis possuem um coeficiente de escoamento de 0,95, enquanto o das áreas permeáveis é de 0,15.

A metodologia também considera que as áreas ocupadas são distribuídas como sendo 25% áreas públicas (15% impermeáveis e 10% permeáveis) e 75% de áreas privadas, podendo ser alterados esses parâmetros.

Tendo o valor fixado de Cui para a bacia ou área total, os encargos para cada lote são individualizados de acordo com o volume de escoamento gerado em cada superfície, conforme a equação Tx.

$$Cui = 100.Ct/[Ab.(15,8 + 0,842.Ai)]$$

$$Tx = A.Cui/100.(28,43 + 0,632.il)$$

Onde:

Cui = Custo unitário das áreas impermeáveis (R\$/m²);

Ct = Custo total para realizar a operação e manutenção do sistema (R\$ milhões);





- Ab = área da bacia (km²);
Ai = parcela da bacia impermeável (%);
Tx = taxa anual a ser cobrada pelo imóvel (R\$);
A = área do imóvel (m²);
il = percentual de área impermeabilizada do lote (%).

b) Rateio dos custos para implementação das obras do plano de drenagem

Neste caso, o rateio de custos é distribuído apenas para as áreas impermeabilizadas, que aumentaram a vazão acima das condições naturais. O custo para cada área de lote urbanizado é obtido pela expressão $T_{xp} = A.Ctp.(15 + 0,75i_1)/Ab.Ai$, enquanto para um lote sem área impermeável, a contribuição tarifária do proprietário se refere a parcela comum das ruas e pode ser calculada pela equação $T_{xp}' = 15.A.Ctp/Ab.Ai$.

$$T_{xp} = A.Ctp.(15 + 0,75i_1)/Ab.Ai$$

$$T_{xp}' = 15.A.Ctp/Ab.Ai$$

Onde:

T_{xp} = Custo para cada área de lote urbanizado;

T_{xp}' = Custo para cada área sem impermeabilização;

A = Área do terreno (m²);

C_{tp} = Custo total de implementação do Plano (R\$ milhões);

i₁ = Área impermeável do lote (%);

A_i = Área impermeável de toda a bacia (%);

A_b = Área da bacia (km²).

Cançado *et al.* (2005) alegam que taxa de drenagem possibilita uma distribuição socialmente mais justa dos custos, onerando mais os usuários que utilizam mais o sistema. Os autores apontam as principais alternativas para a definição de uma taxa de drenagem, dentre elas:





- Preço igual ao custo marginal social;
- Preço igual ao benefício marginal;
- Regra Ramsey ou regra de preços públicos;
- Preço igual ao custo médio;
- Preço igual ao custo marginal de longo prazo;
- Preço igual ao custo médio de longo prazo.

Dentre as alternativas levantadas, os autores analisam que uma cobrança pelos serviços que defina o preço igual ao custo marginal não é viável financeiramente na drenagem urbana. Na cobrança por meio do benefício marginal há problemas para avaliar os verdadeiros benefícios do usuário, pois este tende a omiti-los. A regra de Ramsey apresenta dificuldade, pois requer informações sobre as demandas individuais, o que praticamente não existe na drenagem.

De acordo com Matos (2016), a definição dos preços em análises de longo prazo não foi considerada pelos autores. Portanto, define-se uma taxa equivalente ao custo médio de produção, priorizando o financiamento do sistema. Desta forma, a cobrança ocorre via custo médio de implantação (micro e macrodrenagem) e manutenção (limpeza de bocas-de-lobo e redes de ligação, vistorias no canal e recuperação de patologias estruturais). A soma destes dois componentes do custo representa o custo total de prestação dos serviços. A taxa é calculada da seguinte forma:

$$Cme = CT/aivias + \sum a_{ij}$$

$$Tx = Cme.a_{ij}$$

Onde:

Cme = Custo médio do sistema por m² de área impermeável;

CT = Soma custos médios de implantação (micro e macrodrenagem) e manutenção dos serviços (limpeza de bocas-de-lobo e redes de ligação, vistorias no canal e recuperação de patologias estruturais);

aivias = Área impermeabilizada das vias;





a_{ij} = Área impermeabilizada do imóvel j ;

$a_{ivias} + \sum a_{ij}$ = Parcela do solo impermeabilizada na área coberta pelo sistema de drenagem;

T_x = Taxa de drenagem, com custo rateado segundo as demandas individuais.

Os autores alegam que a área impermeável foi utilizada como base de cobrança por ser a principal justificativa para a implantação dos sistemas de drenagem urbana (MATOS, 2016). Além disso, esse parâmetro é um conceito simples para que o usuário do sistema possa entender o método de cobrança e procure evitar a impermeabilização de seu lote. Para o cálculo dessa taxa, os autores também consideram as técnicas compensatórias utilizadas, que podem acarretar a um desconto na taxa, como caixas de retenção para redução de vazão de saída (MATOS, 2016).

A taxa de drenagem proposta por Tasca (2016) tem como base parcelas de áreas impermeáveis, intitulada de URAPE (Unidade Residencial de Águas Pluviais Equivalente). A autora utiliza um método análogo à ERU, que utiliza a média da área impermeável das propriedades residenciais como uma unidade padrão para determinar a taxa de águas pluviais. A URAPE pode ser definida conforme equação a seguir.

$$URAPE = \sum A_{il}/n$$

Onde:

$\sum A_{il}$ = Somatório de todas as áreas impermeáveis dos lotes residenciais;

n = Quantidades de lotes na área urbana.

A taxa anual da URAPE constitui um rateio dos custos dos serviços utilizados pelos usuários, de modo proporcional ao escoamento gerado. Assim, os custos de operação e manutenção dos sistemas são rateados pelo total de URAPEs, fornecendo uma taxa anual por URAPE.





Taxa anual por URAPE = Custo de operação e manutenção/Total de URAPES

Para saber o valor a ser pago por cada lote deve-se verificar quantas URAPES o lote possui quando comparado à unidade padrão, ou seja, dividir a área impermeável do lote (Ail) pela média de área impermeável dos lotes da cidade:

$$\text{Número de URAPES} = \text{Ail}/1 \text{ URAPE}$$

Tasca (2016) ressalta que a URAPE unifica as classes da cobrança, considerando apenas a classe residencial, diferindo-a da ERU. A autora ressalta que essa simplificação pode ser realizada para pequenos municípios e que é fator essencial, pois a qualificação profissional e capacidade técnica dos servidores, além da existência de cadastros técnicos atualizados de uso e ocupação do solo, são limitadas.

A autora também considerou que a taxa deva cobrir apenas os custos indiretos (manutenção e operação) da gestão da drenagem, priorizando o financiamento do sistema, alegando que os custos relacionados à implantação de obras de Plano de Drenagem (diretos) não caracterizam uma taxa de drenagem, mas contribuições de melhoria (MATOS, 2016).

Ainda, tendo em vista que as vias urbanas são utilizadas por toda a comunidade, e não somente pelos moradores locais, o custo de manutenção destas não foi inserido junto à taxa proposta, diferente de outras taxas existentes. A autora defende que cabe ao setor público arcar com o custo da impermeabilização das vias, bem como das áreas públicas.

7.4.2. Divisão Administrativa para Gerenciamento de Águas Pluviais

A gestão da drenagem urbana no Brasil, ainda não é tratada com a devida importância pelos gestores, dada a ausência de um planejamento específico para o setor. Iniciativas isoladas de algumas cidades são observadas no sentido de





promover uma regulamentação para a drenagem urbana associada aos dispositivos de ordenamento do uso e ocupação do solo.

De forma geral, o gerenciamento da drenagem urbana é realizado pelas secretarias de obras municipais e apresenta-se desvinculado das ações planejadas para os demais setores relacionados, como água, esgoto e resíduos sólidos.

No entanto, estas iniciativas ainda carecem de uma visão integrada aos processos urbanos e da consideração de conceitos que os aproximem à sustentabilidade (CRUZ, SOUZA e TUCCI, 2007).

Devido aos fatores apresentados, é proposto a criação de uma Divisão Administrativa com o foco no gerenciamento dos sistemas de drenagens municipais, com uma equipe capacitada própria para este setor.

Uma vez que a Drenagem Urbana se faz necessária para a qualidade de vida da população municipal, carecendo de seu próprio gerenciamento.

As Secretárias e órgãos municipais já se encontram sobrecarregadas com as demandas locais, onde acabam-se priorizando assuntos mais urgentes. Ao se tratar dos sistemas de Drenagem, ou intervenções a respeito deste assunto, costuma-se trabalhar com as urgências, como em períodos de chuvas intensas e alagamentos pelos municípios.

Com a divisão dos setores e abertura de novos cargos para profissionais capacitados, a tendência é equilibrar esta demanda de trabalho, e tornar-se possível a adoção das medidas preventivas, não sendo mais necessário os trabalhos feitos a partir dos momentos de urgências.





7.5. Capacitação de Recursos Humanos e a Comunicação Social

O objetivo de um programa de capacitação é preparar indivíduos, organizações e sistemas para desempenhar funções apropriadas de maneira eficiente, eficaz e sustentável. É um processo através do qual se desenvolvem habilidades para resolver problemas, definir e alcançar objetivos, entender e lidar com as necessidades de um determinado contexto de maneira sustentável. Envolve a atualização contínua e o desenvolvimento de profissionais para equipá-los com percepção da necessidade de acessar informações relevantes, com conhecimento e treinamento para uma atuação eficiente.

Envolve ainda o desenvolvimento de organizações para o estabelecimento das estruturas de gestão, dos processos e procedimentos, não apenas dentro delas, mas também para a construção de relações com outras organizações, tanto do setor público quanto do privado e com a sociedade civil. Por fim, envolve o desenvolvimento institucional e de um marco legal que possibilite que sejam feitas as modificações necessárias para garantir intervenções mais eficazes, além de fornecer elementos para que os profissionais se posicionem sempre que for necessário justificar sua atuação perante a sociedade.

A Capacitação de Recursos Humanos em drenagem urbana deve capacitar profissionais e organizações para conceber, dimensionar e gerir sistemas de drenagem de águas pluviais e enfrentar os enormes desafios impostos pelo crescimento acelerado da ocupação no espaço urbano, com foco especial nas bacias hidrográficas. Este crescimento, isolado de instrumentos reguladores, tende a provocar insustentabilidade dos sistemas convencionais de micro e macrodrenagem perante eventos extremos, como inundações e suas consequências.

Trata-se, portanto, de um programa de capacitação que traz conceitos inovadores já que os problemas que os profissionais e as organizações enfrentam vêm se multiplicando e tomando novas proporções.

As diretrizes quanto aos temas principais para a Capacitação de Recursos Humanos em drenagem urbana compreendem a Atualização em Gerenciamento, Manutenção, Operação e Tecnologia de Sistemas de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, bem como a Capacitação de Comunicadores Sociais e Educadores Ambientais em Manejo Sustentável de Águas Pluviais.





O grupo alvo da capacitação inclui profissionais de vários níveis de decisão, sobretudo das Secretarias Municipais e Subprefeituras. Esta orientação proporciona não só a integração como também o apoio de diretores e gerentes para a implantação na prática profissional dos novos conceitos aprendidos. Os profissionais que ocupam cargos de direção e gerência exercem grande influência na implantação de atividades. Para isso, a orientação é que haja compromisso, especialmente daqueles que ocupam cargos de direção e gerência, para a participação e a convocação de profissionais dos vários níveis e setores e que todos se comprometam com a capacitação

O envolvimento desses profissionais traz a oportunidade de discutir a relação entre aspectos técnico-científicos e sociopolíticos do manejo de águas pluviais. São discussões que abrem o espaço para compreender a responsabilidade e a contribuição da sociedade civil no enfrentamento dos desafios. Sua contribuição durante a capacitação é importante para a operacionalização de estratégias inovadoras, onde a componente do envolvimento de moradores, comerciantes e empresários é crucial para a sustentabilidade e durabilidade das intervenções, inclusive para poder conviver com a água, em contraposição à visão tradicional de afastar a água a qualquer custo.

A participação da população na tomada de decisão tem um papel importante na formulação de políticas nas esferas locais em diferentes cidades brasileiras. Um exemplo é o orçamento participativo, um inovador instrumento de tomada de decisão referente a investimentos em saneamento, habitação, sistema viário, revitalização de cursos d'água e gestão de águas pluviais, envolvendo intensa participação pública em escala local.

A tomada de decisão na esfera municipal frequentemente envolve avaliar diferentes alternativas de manejo de águas pluviais, buscando o controle de inundações e a redução da poluição difusa de origem pluvial.

Como exemplo de programas de capacitação podem ser citadas as sessões do tipo oficinas que usam técnicas participativas facilitam as discussões em conversas estruturadas. Na oficina os participantes trabalham em grupos, processando suas experiências e os conceitos expostos por especialistas.

As sessões dos programas de capacitação acontecem fora do local de trabalho, que se justifica pela necessidade de concentração e dedicação em horas continuadas, atendendo a linha de condução da aprendizagem participativa. Por outro lado, como





se pretende reunir representantes de várias organizações, um único local 'neutro' a todos permite uma participação mais igualitária.

Aprender fazendo também é uma das técnicas das mais eficazes para a capacitação, sobretudo em situações complexas. Nesses casos, exercícios de simulação contribuem para a reflexão e discussão sobre as situações reais atuais e as desejadas como grande apoio à assimilação dos novos conceitos aprendidos

7.5.1. Comunicação Social e Educação Ambiental

Programas que focalizam aspectos da água urbana que contribuem diretamente para a melhoria dos sistemas de drenagem de águas pluviais: o aumento da permeabilidade dos lotes e de áreas verdes; a redução da disposição de resíduos sólidos no sistema de drenagem e corpos hídricos; a redução das ligações clandestinas de esgotos em sistemas de águas pluviais e a difusão de conceitos de riscos de inundação, poluição difusa e medidas de controle.

O objetivo geral desta atividade é a implementação, pelos profissionais da Comunicação Social e Educação Ambiental, dos Programas de incentivo ao aumento da permeabilidade de lotes e aumento das áreas verdes, programas para a redução da disposição de resíduos sólidos no sistema de drenagem e corpos hídricos, programas para a redução das ligações clandestinas de esgotos em sistemas de águas pluviais, programas para difusão dos conceitos de riscos de inundação, poluição difusa e medidas de controle.

Estes programas foram identificados por tratarem de alguns aspectos prioritários para o bom desempenho dos sistemas de drenagem nas bacias hidrográficas do Município. A meta a ser alcançada é, portanto, atenuar os impactos das chuvas com inundações e poluição hídrica, através da redução dos problemas onde estes são gerados: os lotes em domicílios e em áreas de comércio e indústrias e seus arredores, nas próprias comunidades.

Os programas de Comunicação Social e Educação Ambiental constroem a ponte entre os usuários dos serviços de água urbana, os órgãos de governo e demais organizações atuantes no setor, estabelecendo um processo educativo importante para todos os grupos.

A educação ambiental estimula a população a adotar ações que garantam a sustentabilidade urbana, incorporando conceitos de qualidade ambiental, uso racional





de recursos, e principalmente a aplicação de métodos eficazes que contribuam para o manejo e controle do escoamento superficial, retornando às condições de pré-urbanização, mitigando assim a ocorrência de desastres naturais no meio urbano, conforme Baptista (2005). Tem como objetivo disseminar o conhecimento e sensibilizar a população em geral acerca da problemática das inundações no ambiente urbano, capacitando-as como agentes de mudanças. É essencial o conhecimento e a participação da sociedade para a redução das perdas causadas pelas cheias.

As campanhas educacionais poderão acontecer por meio de campanha de divulgação, através da mídia impressa e televisão, palestras e cursos de treinamento para projetistas, profissionais da área, líderes comunitários e população interessada.

8. MÉTODOS CONSTRUTIVOS

A Construção Civil é uma área com diversas possibilidades de execução, proporcionando o desenvolvimento de diferentes ambientes para distintas finalidades, com características específicas, sendo uma das variáveis, o material utilizado.

À essa pluralidade de métodos de construção damos o nome de Sistemas Construtivos. Podemos definir um sistema construtivo como o conjunto de técnicas e tecnologias utilizadas para a construção de um edifício. Dessa maneira, os métodos construtivos correspondem à estrutura de uma casa ou prédio e servem para dar sustentação ao mesmo.

As principais técnicas utilizadas atualmente são: alvenaria tradicional, alvenaria estrutural, wood frame, steel frame, paredes de concreto, concreto pré-moldado, container e concreto PVC.

8.1. Alvenaria de Vedação ou Convencional

A alvenaria de vedação ou convencional tem função somente de vedar e separar ambientes. Neste caso, é necessário o uso de estruturas como vigas e pilares de concreto armado ou estrutura metálica para a sustentação da edificação. Com ele, as possibilidades estéticas de um projeto são maiores, porém a mão de obra é menos





especializada, podendo causar patologias como paredes fora de prumo, nível e esquadro, gerando então, retrabalho, imprevisto e bastante resíduo.

Edificações de alvenaria de vedação ou convencional compõem-se por vigas, pilares e lajes de concreto armado. Estes elementos fazem parte da estrutura para a sustentação da edificação e a alvenaria tem função somente de vedar e separar ambientes. Para isso, normalmente são utilizados os blocos cerâmicos.

Este sistema é o mais utilizado no Brasil devido a não necessidade de mão de obra qualificada e especializada, porém isso acarreta em muitas patologias no decorrer da obra, gerando retrabalho e bastante resíduos.

É provável que o principal motivo para a sua popularidade seja o fato de não exigir uma mão de obra muito especializada. Assim, praticamente qualquer profissional da construção civil está familiarizado com as construções em alvenaria.

Basicamente, a construção de uma casa em alvenaria convencional é composta por tijolos cerâmicos que funcionam como divisórias para os ambientes. Já a parte estrutural da edificação fica por conta de vigas, pilares e lajes de concreto, que criam uma estrutura de sustentação.

A alvenaria convencional é um dos sistemas construtivos mais tradicionais em qualquer lugar do país. Contudo, existem pontos positivos e negativos que precisam ser considerados.

Dentre as principais vantagens deste método estão a facilidade para encontrar os materiais de construção, custo de implantação mais baixo em comparação com outros métodos, a disponibilidade de mão de obra, as estruturas suportam vãos grandes e médios e uma maior facilidade para futuras reformas e/ou alterações no projeto.

Já entre as desvantagens da construção em alvenaria, é possível citar o tempo da execução da obra, sendo mais longo, gera muitos entulhos resíduos, são desperdiçados de 15% a 30% de materiais durante a obra, e pode, a longo prazo, surgir trincas, fissuras ou problemas semelhantes.





Figura 141 – Exemplo de construção de alvenaria convencional.



Fonte: EntendaAntes.com.br, (2020)





Figura 142 - Método construtivo de alvenaria convencional.



Fonte: EntendaAntes.com.br, (2020)

8.2. Alvenaria Estrutural

Alvenaria estrutural é um sistema de construção em que as paredes da edificação fazem a função estrutural, não sendo necessário o emprego de vigas e pilares para a sustentação do edifício, substituindo o método tradicional de concretagem. Ela se caracteriza pelo emprego de blocos de concreto ou cerâmicos autoportantes. Deve-se frisar ao fornecedor a escolha do bloco estrutural no ato da compra pois geralmente o mesmo possui blocos estruturais e de vedação para a venda.

Na alvenaria estrutural, une-se a estrutura e a vedação da edificação, utilizando blocos cerâmicos ou de concreto, os dois específicos para este fim. O projeto de alvenaria estrutural deve ser muito bem detalhado e já compatibilizados com os projetos elétrico e hidro-sanitário. Deve também, definir os vãos da edificação de acordo com a modulação do bloco que será utilizado.





A alvenaria estrutural necessita de mão de obra mais especializada, pois se as paredes não ficarem niveladas e no prumo, podem ocorrer acidentes, já que as paredes sustentam a edificação.

Para edificações com mais de 4 pavimentos, deve-se utilizar barras de aço juntamente com os blocos de alvenaria estrutural.

Dentre as vantagens das construções em alvenaria estrutural, podemos destacar a maior agilidade na construção, redução da quantidade de pessoas trabalhando na obra, é mais econômico financeiramente, reduz gastos com reboco, maior durabilidade do material, reduzindo a necessidade de manutenção, menos desperdício de materiais, facilita o planejamento da obra e um menor grau de dificuldade para a construção.

Em contrapartida, os pontos negativos incluem a limitação nos vãos livres, não sendo possível remover as paredes sem colocar algum elemento estrutural para substituí-las e não oferece muita liberdade estética para os projetos arquitetônicos, já que a estrutura não pode ser alterada.

Figura 143 - Exemplo de construção em alvenaria estrutural.



Fonte: AlcanceJr.com.br, 2020.





8.3. Wood Frame

Wood frame é um sistema construtivo com montantes e travessas em madeira (o que indica a tradução do nome) revestidos por chapas igualmente feitas de madeira, sendo um dos sistemas construtivos mais populares em outros países, como Estados Unidos e Canadá

No Brasil, a técnica ainda é pouco utilizada, mas vem crescendo nos últimos anos. Chegou em 2009, havendo um edifício executado em 2016, no Paraná, com esse sistema.

A parte estrutural (montantes e travessas) do wood frame é composta por madeira maciça, enquanto que as chapas de revestimento são em OSB (Oriented Strand Board).

O OSB é formado por lascas de madeira reflorestada coladas em diferentes direções. Nesse método são utilizados perfis de madeira de reflorestamento, normalmente do tipo Pinus Estruturalmente, esta reorganização do material permite amenizar os efeitos da anisotropia original da madeira (comportamento mecânico varia segundo direção do esforço aplicado). O uso dessas lascas também traz apelo ambiental, por permitir reaproveitar pedaços de madeira que não seriam úteis em outras construções convencionais.

O método de construção do wood frame é muito parecido com o steel frame. A diferença é que no lugar dos perfis de aço galvanizado são utilizados perfis de madeira, normalmente de reflorestamento, como o pinus. Este sistema construtivo é constituído por perfis de madeira maciça, contraventados com chapas de OSB e estrutura de madeira autoclavada com função de proteger a edificação de cupins e umidade.

Apesar de todas as peças passarem por processo de autoclave (impermeabilização), esse tipo de construção no Brasil apresenta certo risco, uma vez que apresenta certa dificuldade com a umidade do ar, a qual é muito elevada em regiões tropicais. Da mesma forma que o concreto pré-moldado, as peças não são fabricadas de modo in loco, necessitando de um bom sistema logístico que transporte as madeiras até o local da obra.





Figura 144 - Exemplo de construção em Wood Frame.



Fonte: EscolaEngenharia.com.br, 2020.

Entre as construções com o método wood frame, se destacam as vantagens a seguir, como menor tempo de construção e maior precisão ao executar a obra, possuem alto isolamento térmico e acústico, apresentam pouco desperdício de materiais, a possibilidade de criar vãos espaçosos, além de gerarem uma pequena quantidade de resíduos.

Como todo sistema construtivo, também existem alguns desafios, sendo estas desvantagens a necessidade de mão de obra especializada, a limitação na quantidade de pavimentos e a necessidade de cuidados para proteger a madeira, além da mão de obra mais especializada.





8.4. Steel Frame

O sistema construtivo steel frame, também conhecido como light steel frame é parecido com o wood frame, sendo um sistema construtivo industrializado e altamente racionalizado, formado por estruturas de perfis de aço galvanizado. Seu fechamento é feito por placas, podendo ser cimentícias, de madeira, drywall, etc. Sua estrutura é composta basicamente por: fechamento externo, isolantes termoacústicos e fechamento interno.

Basicamente, a estrutura da edificação é feita da mesma maneira que o método com madeira citado anteriormente. Com esta técnica, os perfis de aço galvanizado compõem o esqueleto da estrutura e o fechamento fica por conta de placas de madeira, cimentícias ou de drywall.

Uma característica que chama a atenção é montagem relativamente simples. Para uma construção deste tipo, a fundação é simples e boa parte da estrutura já chega ao canteiro de obras pré-executada.

A forma de montagem mais utilizada consiste em cortar os perfis de aço nas medidas do projeto e montar os painéis estruturais no canteiro de obras.

Além disso, é possível comprar os painéis nas medidas certas e levar para o local apenas para a montagem. Essa técnica de montagem garante mais agilidade e reduz os gastos com mão de obra.

As instalações elétricas e hidráulicas ficam no interior dos painéis e podem ser instaladas facilmente, sem muita bagunça.

O grande diferencial do steel frame em comparação a outros sistemas construtivos é que ele proporciona uma obra “limpa”. Ou seja, os resíduos gerados durante a construção são mínimos e o consumo de água é praticamente inexistente

Outra característica é a precisão do sistema, tanto dos cálculos quantitativos (quantidade de material que será utilizado) quanto da execução. A geração de resíduos é praticamente zero, já que a estrutura é fabricada com as dimensões definidas em projeto, dispensando o corte de peças, conseqüentemente isso gera uma construção mais barata, rápida e limpa.





Figura 145 – Exemplo de construção em Steel Frame.



Fonte: Escolaengenharia.com.br, 2020.

As construções que utilizam do método Steel Frame têm como a principal vantagem em seu uso, do ponto de vista ambiental, a redução de resíduos gerados na obra, citado anteriormente. Além disso, é possível citar inúmeras outras vantagens em sua aplicação, como a redução do tempo de obra em até $\frac{1}{3}$ em comparação à alvenaria convencional, bom desempenho acústico e térmico com a instalação de lã de vidro entre as paredes e forro, ocorre o mínimo desperdício de materiais, as estruturas possuem maior resistência e maior flexibilidade para os projetos arquitetônicos, a manutenção da estrutura é mais fácil comparada a outros métodos e não apresenta riscos, como fissuras, rachaduras e trincas;

Em contrapartida, as principais desvantagens consistem na dificuldade para encontrar mão de obra especializada, possuem um custo mais alto em comparação com outros sistemas construtivos e ocorre certa limitação na quantidade de pavimentos.

8.5. Paredes de Concreto

As paredes de concreto consistem em um sistema construtivo em paredes estruturais maciças de concreto armado. Estas paredes são concretadas com o auxílio de formas de madeira ou metálica que são montadas in loco de acordo com o projeto arquitetônico.





Este método construtivo é relativamente recente e passou a ser mais utilizado em obras residenciais principalmente com o aumento da demanda das casas populares.

A tecnologia das paredes de concreto permite construir edifícios de até cinco pavimentos. Além disso, as construções podem ter até trinta pavimentos em alguns casos mais específicos.

De maneira simples, a técnica consiste em paredes estruturais maciças feitas com concreto armado. Para fazer as paredes, utiliza-se moldes metálicos, de madeira ou de plástico que, posteriormente, são preenchidos com concreto.

Esse processo é feito in loco, ou seja, no canteiro de obras e as instalações elétricas e hidráulicas ficam embutidas no concreto. Assim, as medidas podem ser adaptadas de acordo com o projeto arquitetônico.

Como os moldes de concreto são personalizáveis e caros, este tipo de sistema construtivo pode ser inviável para a construção de apenas uma residência, por exemplo.

Com o sistema parede de concreto é possível fazer um planejamento completo da obra, eliminar processos artesanais e improvisados, reduzir o número de trabalhadores no canteiro, facilitar o treinamento de mão de obra, reduzir o prazo de execução e aumentar os indicadores de produtividade. Quanto à qualidade final, como toda obra, está diretamente relacionada ao material utilizado

Quando se trata de produção habitacional em larga escala, a utilização do sistema de paredes de concreto moldadas in loco, ou seja, da moldagem da laje e da parede de concreto na própria obra, pode ser uma importante aliada. O sistema é altamente industrializado e assegura condições técnicas ideais para a construção de conjuntos habitacionais de grande e médio porte. Por isso, é recomendado para empreendimentos que exigem prazos de entrega curtos, economia e otimização da mão de obra.

Comum em empreendimentos habitacionais oriundos do Programa do Governo Federal Minha Casa Minha Vida (MCMV), por exemplo, a metodologia constitui em paredes e lajes maciças moldadas por meio de estruturas metálicas. As dimensões das peças e das fôrmas das paredes são modificadas a depender de cada projeto.

Já as construções como condomínios e edifícios residenciais, podem se beneficiar deste processo, já que as formas podem ser reutilizadas várias vezes. As





instalações hidráulicas e elétricas são embutidas, então não há quebra de paredes e retrabalhos. Este sistema é viável para construções de larga escala, onde as formas serão reutilizadas várias vezes, pois o custo das mesmas é alto.

Figura 146 – Exemplo de construção com Paredes de Concreto.



Fonte: Escolaengenharia.com.br, 2020.

As paredes de concreto apresentam várias vantagens, incluindo a rápida execução da obra, um maior controle do prazo de construção, possui baixa geração de resíduos, alta durabilidade do material, maior segurança estrutural e resistência a altas temperaturas.

Dentre os pontos negativos, podemos destacar o baixo isolamento térmico e acústico, não é possível fazer alterações após a construção, não há possibilidade de improvisar durante a obra e o preço é elevado para construções em pequena escala.





Figura 147 - Exemplo de construção com Paredes de Concreto.



Fonte: AlcanceJr.com.br, 2020.

8.6. Concreto Pré-Moldado

No método do concreto pré-moldado, a estrutura de concreto é moldada na fábrica em um processo industrial de grande escala. Em seguida, o material é transportado até a obra e instalado no local adequado.

O concreto pré-moldado é bastante utilizado, especialmente em galpões e empresas de grande porte. Nesses casos, a estrutura de concreto costuma ficar aparente. Mas, para garantir uma aparência menos grosseira, é possível utilizar placas cimentícias ou drywall.

Em algumas construções, este método pode apresentar um bom custo benefício. Porém, é preciso analisar o tipo de construção e as limitações, já que o transporte das peças pode ser complicado.

Entre as principais vantagens de construir com o concreto pré-moldado são a maior velocidade na execução da obra, economiza espaço no canteiro de obras, apresentam pouca geração de resíduos, sustentam vários pavimentos e há a possibilidade de criação de grandes vãos: de acordo com o projeto, é possível ter áreas de 30 até 60 metros de altura.

Por outro lado, o concreto pré-moldado apresenta alguns desafios, como a pouca flexibilidade para os projetos, se necessitar de alterações no projeto pode





desperdiçar peças inteiras e a necessidade de mão de obra e equipamentos especializados.

Figura 148 – Exemplo de construção em Concreto Pré-Moldado.



Fonte: AlcanceJr.com.br, 2020.





8.7. Contêineres

A princípio, o container é utilizado para o transporte de cargas em navios, aviões e também em transportes terrestres. Ele pode ser de aço, fibra ou alumínio e tem uma vida útil de aproximadamente oito anos na área de transportes. Assim, para que o descarte do material não aconteça, ele pode ser reaproveitado como método construtivo, passando antes por tratamentos que proporcionam sua recuperação e seu preparo para sua utilização na construção civil.

Durante a montagem são criadas estruturas de revestimento interno com a finalidade de receber materiais isolantes, para criar um conforto termo acústico, e também para embutir as instalações elétricas e hidráulicas.

A utilização de containers na construção civil tem ganhado um grande incentivo, por ser uma alternativa sustentável e barata, e, assim como uma construção convencional, necessita de projetos complementares, como o hidrossanitário e o elétrico.

Um contêiner tem vida útil de 100 anos, mas só pode ser utilizado para o transporte marítimo por apenas 8 anos. Logo, muitos deles acabam sendo descartados faltando cerca de 92 anos para atingir seu tempo máximo de aproveitamento, o que gera uma imensa quantidade de descartes acumulados em portos do mundo todo e que poderiam ter um destino muito mais proveitoso.

Quando um contêiner é utilizado para a construção de uma casa ou comércio, ele passa por uma série de processos de modificação que incluem desde a troca do piso, até a retirada de substâncias tóxicas. Muitos deles já possuem um sistema de isolamento térmico pré-existente, o que por si só já permite o conforto de seu interior.

Também deve-se salientar que a execução de aberturas, como portas e janelas, deve contar com mão-de-obra especializada, pois podem causar perdas de resistência, tendo seu reforço garantido com o uso de algumas técnicas, como o steel frame.

Os containers possuem inúmeras especificações que devem ser consideradas em um projeto, como o isolamento térmico, as dimensões e o *frame*, que corresponde à sua parte estrutural.





Uma preocupação existente no pensamento de muitas pessoas que cogitam o uso dos módulos navais na obra está na possibilidade de se levar um choque, devido ao fato de toda a estrutura ser de aço. Entretanto, essa preocupação é infundada uma vez que, pelo conceito da Gaiola de Faraday, a caixa de aço possui em seu interior um campo elétrico nulo, assim como ocorre nos aviões e nos carros. Além disso, ele não é inflamável, pois é constituído de aço de alta resistência e conta com poliuretano anti-chamas em seu interior.

Ademais, os contêineres são seguros, com a estrutura fixa ao solo através de uma fundação, além de possuir painéis de aço resistentes, que só podem ser abertos utilizando um maçarico.

Figura 149 – Exemplo de uso do Container.



Fonte: AlcanceJr.com.br, 2020.

Entre as vantagens do uso das caixas de aço na construção civil (contêineres), pode-se citar a redução do uso de materiais, com menor custo da obra, possuem alta durabilidade da estrutura, facilidade e rapidez de execução, facilidade de realocação da obra, apresentam inúmeras possibilidades de montagem com facilidade de transporte das caixas de aço e exigem menor uso de mão de obra.





Apesar de apresentar inúmeras vantagens em seu uso nos dias atuais, também apresentam uma grande quantidade de desvantagens, tendo entre elas a necessidade de mão de obra especializada, principalmente para o corte das esquadrias, ainda não há existência de legislação ou fiscalização específicas, necessita de espaço, pois a movimentação das caixas de aço é feita com guindaste, os contêineres podem vir com resquícios das cargas transportadas anteriormente, podendo haver vestígios contaminantes ou até ferrugem, por isso, o cuidado com o material deve ser realizado de maneira cautelosa e detalhada.

8.8. Concreto PVC

Criado no Canadá, o Concreto-PVC passou a atrair o interesse de companhias habitacionais por causa da velocidade com que permite erguer casas de interesse social. Bem difundido no Rio Grande do Sul, o método de construção avança e já está presente em outros 11 estados. Através do programa Minha Casa, Minha Vida, ele hoje é aplicado também em Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Bahia e Alagoas.

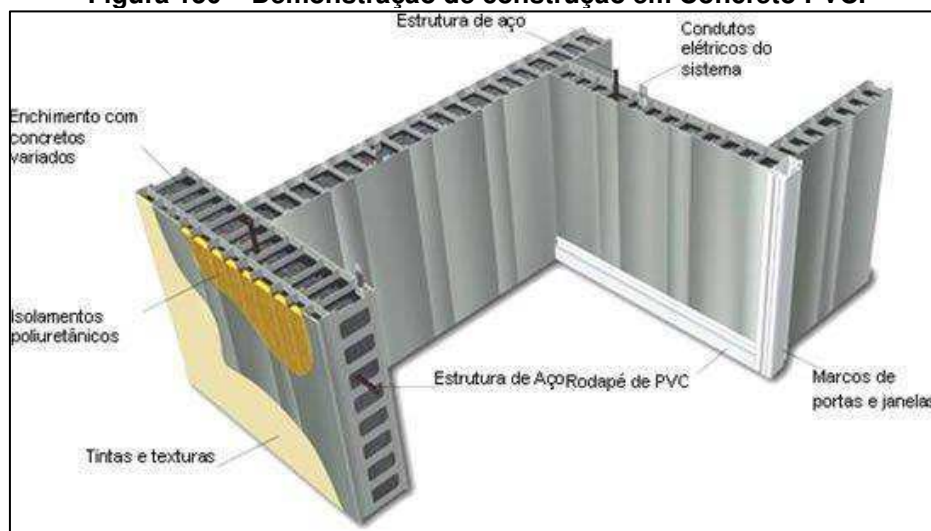
O concreto PVC é um sistema construtivo modular composto por painéis de PVC que dão forma às paredes (internas e externas). Eles servem tanto para a função estrutural quanto para dar acabamento aos ambientes.

A instalação é prática: os painéis são fabricados nas medidas de cada projeto e chegam prontos ao canteiro de obras. Então, eles são encaixados uns aos outros, funcionando como o esqueleto da edificação.

Depois da montagem, instalam-se os componentes elétricos e hidráulicos dentro dos perfis de PVC. Em seguida, os painéis são preenchidos por concreto para garantir que a estrutura fique firme. Além disso, em alguns projetos, pode ser necessário utilizar o aço estrutural para reforçar a resistência.



Figura 150 – Demonstração de construção em Concreto PVC.



Fonte: AlcanceJr.com.br, 2020.

Assim como em outros sistemas construtivos, como o steel frame, as fundações para esse tipo de obra são bem simples. Em construções com apenas um pavimento, uma laje radier é suficiente para suportar a estrutura.

É válido citar que o PVC é lavável e pode ser encontrado em diversas cores. Por isso, os painéis também podem servir como acabamento, dispensando outros gastos.

Além dos perfis de PVC serem fabricados sob medida para cada projeto, a infraestrutura das instalações elétricas já vem embutida, as instalações hidráulicas podem ser montadas na fábrica e, após a conclusão do imóvel, o sistema ainda permite a aplicação de diversos revestimentos, como cerâmica, textura, reboco, massa corrida ou pintura e, além disso, atende aos requisitos da norma NBR 15.575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho.





Figura 151 – Exemplo de construção em Concreto PVC.



Fonte: AlcanceJr.com.br, 2020.

Dentre as vantagens em se construir utilizando o Concreto PVC tem-se o mínimo desperdício de materiais, apresentam um canteiro de obras limpo e organizado, maior agilidade na construção, podendo ser 3 vezes mais rápido do que uma construção em alvenaria, possuem bom isolamento térmico e acústico, permitem alterações após a construção e necessitam de menos pessoas trabalhando na obra.

Por não ser tão utilizado ainda no Brasil, apresentam algumas desvantagens consideráveis em sua utilização, como o custo elevado para implantação, dificuldade para encontrar fornecedores, baixa disponibilidade de mão de obra especializada e apresenta pequenas vibrações na estrutura, por isso, não é recomendável para locais com ventos intensos.

Em geral, as paredes vazias em PVC são um pouco mais caras que as de alvenaria estrutural, custando, em média, R\$ 140,00 o m². No entanto, pelo processo ser mais ágil, ter menos desperdício, maior economia de água e energia e menor mão de obra, o valor final desse sistema de construção fica muito mais barato. Estima-se que nos últimos cinco anos, mais de 150.000 m² foram





construídos em concreto PVC no Brasil. Como nesse sistema construtivo os painéis da estrutura chegam prontos no canteiro, ele assume o papel de industrializar a bota, tornando-a cada vez mais, não uma construção, mas uma montagem, aumentando em até 7% a área útil no projeto.

9. VIABILIDADE AMBIENTAL DAS OBRAS PROPOSTAS

Os estudos de viabilidade ambiental consideram o comportamento do ar, solo, água e toda fauna e flora envolvidas no ambiente, coletando dados e acompanhando as variáveis ambientais com a finalidade de verificar os impactos e como a legislação orienta a respeito da execução de obras nesses casos, buscando também obter as licenças necessárias para o início dos projetos, caso sejam viáveis.

Tanto os parques lineares como os dispositivos de drenagem (bacias de detenção) que foram propostos durante o desenvolvimento do trabalho serão implantados em Áreas de Preservação Permanente, áreas definidas segundo o Código Florestal (Lei n.º 12.651/2012) como:

“área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”

A mesma lei especifica que em casos de utilidade pública (art. 8º § 1º da Lei 12.651/2012), quando se faz necessária a intervenção na área para obras essenciais para infraestrutura pública, atividades de segurança nacional ou implantações de áreas verdes públicas em regiões urbanas, a intervenção é permitida.

Outra maneira da qual é possível a intervenção é quando se trata de interesse social. O art. 3º, IX, da lei especifica as atividades que se enquadram nessa categoria.





A última alternativa citada pela referida legislação corresponde aos casos de intervenções de baixo impacto ambiental como: abertura de pequenas trilhas; manejo agroflorestal sustentável, sem prejudicar ou descaracterizar a cobertura vegetal nativa; instalações de instrumentos para captação e condução de água e efluentes tratados.

Vale ressaltar que para toda e qualquer obra que se enquadre nos parâmetros de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto, é necessária a prévia autorização do órgão ambiental competente, observando as motivações e as normas ambientais aplicáveis em cada situação.

Levando em consideração as informações apresentadas e ainda que os parques lineares são considerados como intervenções urbanísticas que criam ou recuperam áreas verdes associadas à rede hídrica, utilizados como instrumentos estruturadores de programas ambientais em áreas urbanas, para o planejamento e gestão de áreas degradadas, pode-se concluir que a implantação de parques lineares no Município de Jarú é uma alternativa que possui potencial no manejo de águas pluviais. Essas áreas são destinadas tanto à conservação quanto à preservação dos recursos naturais a partir da interligação de fragmentos de vegetação e da agregação de funções de uso humano, promovendo lazer, cultura e rotas de locomoção não motorizada (ciclovias e caminhos de pedestres). Dessa forma, essas áreas podem ser consideradas como obras de utilidade pública e de interesse social, beneficiando o meio e a população residente no Município.

As obras propostas referentes aos dispositivos de drenagem, como as bacias de retenção, são essenciais para a diminuição de danos materiais e sociais causados pelas inundações, portanto se enquadram dentro dos parâmetros legais para intervenção em Áreas de Preservação Permanente (APP's).





10. PRINCIPAIS NORMAS TÉCNICAS PERTINENTES AO SISTEMA DE DRENAGEM

NBR 12266/1992 – Projeto de valas para assentamento de tubulações de água, esgoto ou drenagem urbana;

NBR 15645/2008 – Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto;

NBR 10844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais;

NBR 15319/2006 – (tubos de Concreto de Seção Circular para Cravação - Requisitos e Métodos de Ensaio);

NBR 5739/1994 – Concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos: Método de ensaio;

NBR 5645 - Tubo cerâmico para canalizações – Especificação;

NBR 9793 - Tubo de concreto simples de seção circular para águas pluviais – Especificação.

11. PLANO DE EXECUÇÃO DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES PARA O SISTEMA DE DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS DA CHUVA

O dimensionamento incorreto associados a falta de manutenção e limpeza dos dispositivos causam problemas no sistema de drenagem urbana, situação diretamente relacionada com a fase de projeto destes dispositivos. A eficiência destes projetos depende principalmente dos dados utilizados nos cálculos, portanto, é preciso atualizar com precisão estes valores utilizados nos projetos.

Uma forma de amenizar a maioria dos problemas na drenagem das águas pluviais urbanas é realizar o controle das águas na fonte, ou seja, criar mecanismos para que os lotes ou loteamentos realizem a retenção das águas que precipitam





em suas áreas para que a contribuição a montante não aumente, assim, os dispositivos já construídos não sofreriam sobrecarga e a água retida poderia ser utilizada para fins não potáveis, além disso, deve-se realizar a recuperação, revitalização e criação de áreas verdes urbanas, como parques e praças de forma a amenizar os problemas causados pela impermeabilização do solo.

Para o eficiente funcionamento do sistema de drenagem, sugere-se a criação de uma taxa de drenagem urbana, precedida de estudos detalhados e discussão com a comunidade sobre sua implantação.

A seguir estão relacionados os Programas, Projetos e Ações desenvolvidos para o município de Jarú com base nas informações levantadas no diagnóstico e as medidas mitigadoras contidas no prognóstico após os cálculos das vazões críticas e a modelagem dos canais das bacias que influenciam no escoamento superficial que chega à zona urbana. Ressalta-se que os referidos PPA's são estipulados para objetivos de imediato (3 anos), curto (de 4 a 8 anos), médio (de 9 a 12 anos) e longo prazos (de 13 a 20 anos).





Tabela 7 – Fundamentação para implantar ações estruturais e minimizar enchentes e inundações.

MUNICÍPIO DE JARU - PLANO MUNICIPAL DE MACRODRENAGEM		
SETOR	1	DRENAGEM URBANA E O MANEJO DAS ÁGUAS DA CHUVA
OBJETIVO	1	IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA
FUNDAMENTAÇÃO	No diagnóstico foram levantadas e mapeadas áreas críticas com prováveis problemas de subdimensionamento e/ou assoreamento das galerias (consequência principalmente da falta de pavimentação das ruas no município), ocupação de áreas de inundação natural, áreas com cota baixa favorecendo o acúmulo de água, falta de sistemas visando a coleta e tratamento dos esgotos gerados e, por fim, uma grande extensão de áreas urbanas com deficiência no sistema de microdrenagem. Estes pontos possuem problemas de alagamento, enxurrada, correnteza d'água e empoçamento, que trazem riscos para a população, ao meio ambiente, além de prejuízo financeiro para a administração pública. Dessa forma, levando em consideração as informações apresentadas, com o intuito de minimização de impactos, se faz necessário a implantação de dispositivos para o controle da macrodrenagem (bacias de retenção, bacias de detenção, diques e canais de desvio), retardando a vazão resultante do escoamento superficial de determinadas microbacias urbanas.	
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Identificação da implementação da ação.	
METAS		
IMEDIATO/CURTO - ATÉ 8 ANOS	MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS	LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS
1) Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 25% das deficiências; 2) Elaboração de projeto para implantação de dispositivos de controle de drenagem; 3) Projeto para implantação de sistema de coleta e tratamento de esgotos; 4) Projeto visando a pavimentação das ruas do município.	1) Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 50% das deficiências; 2) Obras de construção de dispositivos de controle de drenagem. 3) Implantação de sistema de coleta e tratamento de esgotos; 4) Pavimentação das ruas do município.	1) Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 100% das deficiências; 2) Monitoramento da eficiência dos dispositivos implantados; 3) Universalização dos serviços de esgotamento sanitário; 4) Constante implementação da pavimentação das ruas no município.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Tabela 8 – Planejamento para ações estruturais.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.1.1	Elaborar e executar Projeto para rede pluvial na área urbana do Município, áreas com necessidade de implantação de sistemas e dispositivos de micro drenagem, levando em consideração as prioridades levantadas e apontadas pelo município.		240.000	2.000.000	3.210.000	Recursos Municipais/Governo Estadual e Federal	Estimativa
1.1.2	Promover limpeza e remoção de detritos acumulados nas tubulações e canais de drenagem de águas pluviais que impedem o fluxo contínuo de águas e reduzem a área útil da rede.		100.000	240.000	260.000	Recursos Municipais/Governo Estadual e Federal	R\$30.000/ ano
1.1.3	Dimensionamento e Implantação de dispositivos de controle de drenagem como bacias de retenção, bacias de detenção e desvio de canais, para evitar picos de vazões de diferentes sub-bacias que se sobreponham gerando picos resultantes superiores à capacidade de drenagem da calha dos talvegues e conseqüentemente acarretando em inundações indesejadas.		1.200.000	4.000.000	6.900.000	Recursos Municipais/Privados (novos loteamentos/empreendimentos imobiliários) Governo Estadual e Federal	Estimativa
1.1.4	Elaborar e implantar sistema de esgotamento sanitário visando a saúde da população e o meio equilibrado, diminuindo doenças de veiculação hídrica e contaminação do meio.		5.000.000	15.000.000	40.000.000	Recursos Municipais/Governo Estadual e Federal	Estimativa
1.1.5	Pavimentação das ruas do Município, com o objetivo de sanar deficiências relacionadas ao assoreamento e despejos irregulares de esgotos nos corpos hídricos.		100.000	200.000	200.000	Recursos Municipais/Governo Estadual e Federal	Estimativa
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		0	6.640.000	21.440.000	50.570.000	TOTAL DO OBJETIVO	78.650.000

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Tabela 9 - Fundamentação para implantar ações não estruturais e minimizar enchentes e inundações.

MUNICÍPIO DE JARU - PLANO MUNICIPAL DE MACRODRENAGEM		
SETOR	1	DRENAGEM URBANA E O MANEJO DAS ÁGUAS DA CHUVA
OBJETIVO	2	IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA
FUNDAMENTAÇÃO	As medidas não estruturais englobam um conjunto de instrumentos definidos como soluções indiretas, destinadas ao controle do uso e ocupação do solo ou à diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco como consequência das inundações. Envolvem aspectos de natureza cultural e participação do público, indispensável para implantação. É baseado principalmente na conscientização e educação da população.	
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Identificação da implementação da ação.	
METAS		
IMEDIATO/CURTO - ATÉ 8 ANOS	MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS	LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS
1) Elaboração de Políticas de Planejamento Urbano que regulamentem o uso da terra, restringindo a ocupação nas áreas aluviais que ainda não foram urbanizadas; 2) Normatização para contenção de enchentes; 3) Programa de Educação Ambiental; 4) Elaboração de projeto para implantação de um sistema de alerta e previsão de inundações; 5) Programa de manutenção e limpeza da microdrenagem; 6) Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto; 7) Criação de uma divisão administrativa para gerenciamento das águas pluviais.	1) Aplicação de Políticas de Planejamento Urbano ordenando a expansão urbana; 2) Aplicação de normas que visem a restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários; 3) Implantação de Programa de Educação Ambiental; 4) Implantação de um sistema de alerta e previsão de inundações; 5) Implantação de um cronograma de manutenção e limpeza da microdrenagem; 6) Aplicação do Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto; 7) Implementação da divisão administrativa para gerenciamento das águas pluviais.	1) Monitoramento da eficiência da aplicação de Políticas de Planejamento Urbano ordenando a expansão urbana; 2) Monitoramento da eficiência da aplicação de normas que visem a restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários; 3) Constante implementação do Programa de Educação Ambiental; 4) Constante implementação do sistema de alerta e previsão de inundações; 5) Manter um cronograma de manutenção e limpeza da microdrenagem; 6) Manter Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto; 7) Constante implementação da divisão administrativa gerenciamento das águas pluviais.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Tabela 10 – Planejamento para ações não estruturais.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.2.1	Elaboração de Políticas de Planejamento Urbano, regulamentando o uso das zonas de inundação, permitindo um desenvolvimento racional dessas áreas.	30.000	60.000	20.000	30.000	Ação administrativa / Recursos próprios	Estimativa baseada nos custos ordinários da Administração Pública
1.2.2	Criação de normas para restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, bem como a exigência de telhados verdes e/ou reservatórios de acordo com o porte da obra. Tais práticas devem ser incorporadas à legislação municipal, garantindo sua aplicabilidade.	6.000	12.000	12.000	6.000	Ação administrativa / Recursos próprios	Estimativa baseada nos custos ordinários da Administração Pública
1.2.3	Implantação e implementação constante de um Programa de Educação Ambiental em todos os níveis educacionais, de forma interdisciplinar e holística, assegurando uma visão crítica dos indivíduos sobre seu papel na sociedade e na proteção do meio ambiente.	10.000	20.000	20.000	10.000	Ação administrativa / Recursos próprios	Estimativa baseada nos custos ordinários da Administração Pública
1.2.4	Implantação de um Sistema de alerta e previsões de inundações, estabelecendo uma rede de transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento e informação.	25.000	25.000	25.000	25.000	Ação administrativa / Recursos próprios	Estimativa baseada nos custos ordinários da Administração Pública
1.2.5	Implantação de um Programa de manutenção e limpeza das estruturas de microdrenagem, garantindo a eficiência e eficácia desses dispositivos.	2.500	2.000	3.000	2.500	Ação administrativa / Recursos próprios	Estimativa baseada nos custos ordinários da Administração Pública
1.2.6	Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto, com a finalidade de preservar os canais de micro e macrodrenagem, além da qualidade dos corpos hídricos.	5.000	4.000	6.000	5.000	Ação administrativa / Recursos próprios	Estimativa baseada nos custos ordinários da Administração Pública





1.2.7	Criação de uma divisão administrativa para gerenciamento das águas pluviais com a finalidade de centralização das ações de planejamento, fiscalização, manutenção e operação do sistema de drenagem urbana do município de Jaru, aprimorando a eficiência do mesmo.	5.000	15.000	15.000	5.000		Ação administrativa / Recursos próprios	Estimativa baseada nos custos ordinários da Administração Pública
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		83.500	138.000	101.000	83.500	TOTAL DO OBJETIVO	TOTAL	406.000

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Tabela 11 – Controle das águas pluviais na fonte (lotes ou loteamentos)

MUNICÍPIO DE JARU - PLANO MUNICIPAL DE MACRODRENAGEM		
SETOR	1	DRENAGEM URBANA E O MANEJO DAS ÁGUAS DA CHUVA
OBJETIVO	3	CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)
FUNDAMENTAÇÃO	Uma forma de amenizar a maioria dos problemas na drenagem das águas pluviais urbanas é realizar o controle das águas na fonte, ou seja, criar mecanismos para que os lotes ou loteamentos realizem a retenção das águas que precipitam em suas áreas para que a contribuição a jusante não aumente, assim, os dispositivos já construídos não sofreriam sobrecarga e a água retida poderia ser utilizada para fins não potáveis. Assim, o município deve realizar tal controle nos prédios públicos, assim como fiscalizar a execução dos novos projetos de edificações em lotes e loteamentos particulares, conforme consta na legislação proposta pelo Plano.	
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Será o índice de empreendimentos públicos que realizam controle das águas pluviais na fonte, o qual corresponde ao número de empreendimentos públicos que realizam o controle das águas pluviais na fonte em relação ao número total de empreendimentos públicos.	
METAS		
IMEDIATO/CURTO PRAZO - ATÉ 8 ANOS	MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS	LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS
Elaborar legislação que regulamente o controle das águas pluviais na fonte para prédios Públicos e novos empreendimentos (loteamentos). Deverá também realizar campanhas para orientar e estimular o armazenamento da água da chuva	Fiscalização dos Lotes e Atualização da Planta Genérica de Cadastro e atingir 50% dos prédios públicos com dispositivos de captação das águas da chuva	Fiscalização dos Lotes e Atualização da Planta Genérica de Cadastro e atingir 100% dos prédios públicos com dispositivos de captação das águas da chuva

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Tabela 12 – Planejamento para o controle das águas pluviais na fonte.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.3.1	Elaborar projetos de lei e ações para que todos os empreendimentos públicos, privados, e lotes residenciais realizem o controle e reutilização das águas pluviais na fonte, além da priorização de uso de calçadas ecológicas e beneficiamento tributário (IPTU) para proprietários que aderirem à ação.	12.500	12.500			Ação administrativa / Recursos próprios	500 HS x R\$ 50,00
1.3.2	Fiscalização dos lotes urbanos beneficiados para aferir os índices de permeabilidade do solo. Realizar juntamente com a atualização da Planta Genérica de Valores - a cada 4 anos.	25.000	37.500	50.000	37.500	Ação administrativa / Recursos próprios	R\$50.000 a cada 4 anos
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		37.500	50.000	50.000	37.500	TOTAL DO OBJETIVO	175.000

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Tabela 13 – Fundamentação criação de taxa de drenagem.

MUNICÍPIO DE JARU/RO - PLANO MUNICIPAL DE MACRODRENAGEM		
SETOR	1	DRENAGEM URBANA E O MANEJO DAS ÁGUAS DA CHUVA
OBJETIVO	4	CRIAÇÃO DE TAXA DE DRENAGEM
FUNDAMENTAÇÃO	Os serviços de drenagem possuem características de bens públicos, como a não excludência e a não rivalidade. Isto significa que não é possível excluir um agente de seu consumo: quando oferecido os serviços, todos podem e vão obrigatoriamente consumi-los. A definição adequada da taxa possibilita que esta cumpra algumas funções, o que depende do objetivo a ser alcançado com a receita auferida. Na ausência de informações precisas sobre a demanda dos serviços de drenagem e sem experiências de medição do consumo individual e a sua cobrança, deve definir-se uma taxa equivalente ao custo médio de produção, priorizando o financiamento do sistema. Como o sistema de drenagem urbana foi concebido para controlar o escoamento pluvial excedente, decorrente da impermeabilização do solo, parece aceitável que a cobrança pelo serviço incida sobre a área impermeável da propriedade. Diante das deficiências atuais, sugere-se a regularização da qualidade do serviço, mediante cumprimento das ações anteriores para se iniciar a discussão sobre a cobrança.	
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Identificação da implementação da ação	
METAS		
IMEDIATO/CURTO - ATÉ 8 ANOS	MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS	LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS
Realizar estudos e debates com a população para a definição da taxa de drenagem urbana	Implantar a taxa de Drenagem	Fiscalizar

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





Tabela 14 – Planejamento para criação de taxa de drenagem.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.4.1	Realizar estudos e debates para a definição da taxa de drenagem urbana	5.000			5.000	Ação administrativa / Recursos próprios	Estimativa
1.4.2	Implantar a taxa de drenagem urbana			-		Ação administrativa / Recursos próprios	Estimativa
1.4.3	Fiscalizar a tarifação após sua implementação				-	Ação administrativa / Recursos próprios	Estimativa
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		5.000	-	-	5.000	TOTAL DO OBJETIVO	10.000

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





11.1. Análise de Investimentos Previstos para o Sistema de Drenagem Urbana

Tabela 15 – Investimentos Previstos.

MUNICÍPIO DE JARU/RO - PLANO MUNICIPAL DE DRENAGEM					
SETOR	1	DRENAGEM URBANA E O MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS			
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R\$)					
OBJETIVOS	PRAZOS				TOTAL GERAL
	IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO	
IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	-	6.640.000	21.440.000	50.570.000	78.650.000
IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	83.500	138.000	101.000	83.500	406.000
CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)	37.500	50.000	50.000	37.500	175.000
CRIAÇÃO DE TAXA DE DRENAGEM	5.000	-	-	5.000	10.000
TOTAL GERAL	126.000	6.828.000	21.591.000	50.696.000	79.241.000

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.





REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBIENTE, Ministério do Meio. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia**: Rondônia governo do estado. 2018. 579 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Consultoria Ltda., Ministério do Meio Ambiente, Curitiba - Pr, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.844: Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1981.

BAPTISTA, M. B. e NASCIMENTO, N. O. **Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre: ABRH, vol. 7, nº 1, p29-49, jan/mar 2002.

BRASIL – LEI FEDERAL Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. Lei do Saneamento Básico, Brasília, 2007.

BRASIL. Lei Federal Nº 14.026, de 20 de Julho de 2020. Lei do Saneamento Básico, Brasília, 2020.

BRASIL. Lei Federal Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Política Nacional de Meio Ambiente, Brasília, 1981.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.433/97, de 8 de janeiro de 1997. Acesso em 01/12/2020. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm

BRASIL, Censo Demográfico – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Brasília, IBGE, 2010.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. 195 p.





CANÇADO, V., NASCIMENTO, N. O., CABRAL, J. R. **Estudo da Cobrança pela Drenagem Urbana de Águas Pluviais por meio da Simulação de uma Taxa de Drenagem.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre: ABRH, vol. 11, nº 2, p135-147, abr/jun 2006.

CRUZ, M. A. S., SOUZA, C. F., TUCCI, C. E. M., **Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17. 2007, São Paulo. Anais eletrônicos. Disponível em: http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/931f07c4c229bbc1b9c1603fa24b7e12_6826f37881689d99197aef832b946486.pdf. Acesso em: 09 dez. 2020.

DELLA JUSTINA, Eloiza Elena. **Zoneamento Geoambiental da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento - RO, como Subsídio ao seu Plano de Manejo.** 2009. 225 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

ENOMOTO, Carolina Ferreira. **Estudo de medidas não-estruturais para controle de inundações urbanas.** Publicatio UEPG: Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. v. 6, n. 1, p. 69-90, 2000. Disponível em: Acesso em: 19 mai. 2017.

Estado de Santa Catarina. **PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA EMERGÊNCIAS EM SAÚDE PÚBLICA – MÓDULO INUNDAÇÕES E DESLIZAMENTOS.** Novembro de 2017.

GOMES, C. A. B. M., BAPTISTA, M. B., NASCIMENTO, N. O. **Financiamento da Drenagem Urbana: Uma Reflexão.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre: ABRH, vol. 13, nº 3, p93-104, jul/set 2008.

JARU. Projeto de Lei nº 2.789, de 11 de fevereiro de 2020. Dispõe Sobre a Política Municipal de Saneamento Básico e da outras providências.

JARU. Lei Orgânica nº 1, de 01 de janeiro de 1990. Institui a Lei Orgânica do município de Jarú.





JARU. Lei Municipal nº 254, de 27 de maio de 1994. Dispõe sobre as construções no município de Jaru, estado de Rondônia e código de obras, e dá outras providências.

JARU. Lei Municipal nº 1.827, de 06 de dezembro de 2013. Dispõe sobre o código ambiental do município de Jaru, e dá outras providências.

MATOS, Elza Regina Grasel. **Simulação de Taxas de Drenagem para Municípios de Pequeno Porte**. Florianópolis, SC, 2016. 102 p.

RONDÔNIA. Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro 2002. Política Estadual de Meio Ambiente.

RONDÔNIA. Lei Estadual nº 547, de 30 de dezembro de 1993. Criação do Sistema Estadual de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia - SEDAR e seus instrumentos.

RONDÔNIA. Lei Estadual nº 1.145, de 12 de dezembro de 2002. Institui a política, cria o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos do estado de Rondônia, e dá outras providências.

RONDÔNIA. Lei Complementar nº 826, de 09 de julho de 2015. Reestrutura a Agência de Regulação de Serviços Públicos do Estado de Rondônia - ASPER e dá outras providências.

SANTO ANDRÉ. Lei no 7.606, de 23 de dezembro de 1997. Acesso em 10/12/2020. [https://consulta.siscam.com.br/camarasantoandre/Documentos/Pesquisa?Pesquisa=Avancada&id=81&pagina=1&Modulo=8&Documento=0&Numeracao=Documento&NumeroInicial=7606&AnoInicial=1997&DataInicial=&NumeroFinal=&AnoFinal=&DataFinal=& Situacao=0&Classificacao=0&TipoAutor=Todos&Autoriald=0&oTexto=false&Assunto=&Observacoes=.](https://consulta.siscam.com.br/camarasantoandre/Documentos/Pesquisa?Pesquisa=Avancada&id=81&pagina=1&Modulo=8&Documento=0&Numeracao=Documento&NumeroInicial=7606&AnoInicial=1997&DataInicial=&NumeroFinal=&AnoFinal=&DataFinal=& Situacao=0&Classificacao=0&TipoAutor=Todos&Autoriald=0&oTexto=false&Assunto=&Observacoes=)

SOUZA, Vinicius Alexandre Sikora de. **Eventos de Precipitações Extremas na Amazônia Ocidental**. 2012. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2012.





SOUZA, S. A. Medidas Estruturais Extensivas. In. MENDES, H. C., de MARCO, G; ANDRADE, J. P. M.; SOUZA, S. A.; MACEDO, R. F. In. **Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas de públicas mitigadoras**. Trabalho de conclusão da disciplina “Hidrologia Física” do Programa de Pós-graduação em Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.

Prefeitura do Município de Tiête. **PLANO DE CONTINGÊNCIA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL TIETÊ – SP**. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTANA DO SÃO FRANCISCO. **PLANO DE CONTINGÊNCIA PERÍODOS CHUVOSOS**. 2019.

TUCCI, Carlos E. M. Gestão da drenagem urbana (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/ IPEA, 2012.

TUCCI, C. E. M. (org). **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, vol. 4. EDUSP/ABRH, 1993.

PORTO M.F.A – **Aspectos Qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas** in TUCCI, C.E.M, et al org. “Drenagem Urbana” – Associação Brasileira de Recursos Hídricos –ABRH, Editora da Universidade UFRGS, Porto Alegre, RS, 1995

SCS – SOIL CONSERVATION SERVICE U.S. DEPARTAMENT OF AGRIC. NATIONAL ENGINEERING HANDBOOK – **“Hydrology”, section 4, suplement A “The Hidrology Guide”, 1957**

SOUZA, Vinicius Alexandre Sikora de. **Eventos de Precipitações Extremas na Amazônia Ocidental**. 2012. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji - Paraná, 2012.







Município de Jarú

04.279.238/0001-59
RUA RAIMUNDO CANTANHEDE - 1080 - SETOR 02
www.jaru.ro.gov.br

FICHA CADASTRAL DO DOCUMENTO ELETRÔNICO

Tipo do Documento	Identificação/Número	Data
Anexo	PROGNÓSTICO	01/03/2021

ID: 434171	Processo	Documento
CRC: CDA0DAF5		
Processo: 1-4434/2017		
Usuário: AMANDA RODRIGUES RIBEIRO		
Criação: 01/03/2021 15:12:28	Finalização: 01/03/2021 15:20:38	

MD5: **5CC07FB91DF520681908E2C8B01925AD**

SHA256: **1EBF99C0A585CBE02F4BD4257D4F1AF0CC77FE49893CE1EF9968A963DE25E96A**

Súmula/Objeto:

PROGNÓSTICO MACRODRENAGEM.

INTERESSADOS

SEMINFRAM - Secretaria Municipal de Infraestrutura, Agricultura e Meio

01/03/2021 15:12:28

ASSUNTOS

ELABORAÇÃO DE PROJETO E SERV. TÉCNICO DE DRENAGEM

01/03/2021 15:12:28

A autenticidade deste documento pode ser conferida através do QRCode acima ou ainda através do site transparencia.jaru.ro.gov.br informando o ID 434171 e o CRC CDA0DAF5.