Consultoria e Apoio Técnico na Elaboração do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Município de Feira de Santana

Produto P5A – Elaboração dos Programas de Controle de Cheias – Bacia do Subaé

Prefeitura Municipal de Feira de Santana

Secretaria Municipal de Planejamento

Contrato nº 332-2020-08C

Consultoria e Apoio Técnico na Elaboração do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Município de Feira de Santana

Produto P5A – Elaboração dos Programas de Controle de Cheias – Bacia do Subaé

Salvador – Março/2020

Apoio Técnico

Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP
Prof. Luiz Antônio Magalhães Pontes
Diretor Geral

EQUIPE TÉCNICA
Eng. Luiz Alberto Novaes Camargo - Coordenador
Milton Carlos da Mota Cedraz – Engenheiro Agrônomo
Raymundo José Santos Garrido – Engenheiro Civil
Heraldo Peixoto da Silva – Engenheiro Agrônomo
Mauro José Alixandrini Júnior – Engenheiro Cartógrafo
Paulo Santa Bárbara Pessoa – Engenheiro Civil
Naiah Caroline Rodrigues de Souza – Engenheira Sanitarista e Ambiental
Ravine Trindade Galliza – Engenheira Sanitarista e Ambiental
Hermes Luis Barros Santos – Engenheiro Civil
Lucia Politano – Engenheira Civil
Paulo Machado de Carvalho – Engenheiro Civil
Liana Silvia de Viveiros e Oliveira – Arquiteta Urbanista
Camila Martins de Abreu Farias - Arquiteta Urbanista
Rebeca Daltro Ferrari Bulhões - Arquiteta Urbanista
Jackson Ornelas Mendonça – Economista
Grazia Burmann – Matemática Estatística e Demógrafa
Julia Marques Dell'Orto – Advogada
Joice de Jesus Moraes – Assistente Social
Leonardo Ogando Insuela Camargo – Engenheiro Civil
Anderson Lima Aragão – Engenheiro Sanitarista e Ambiental
Eric Gaspar de Queiroz Ferreira – Economista
Renata Mota Baptista – Gestora Ambiental e Mobilizadora Social
Amanda Baptista Silva– Administradora
Loiane Sttopa de Sousa Cândido Bahia – Técnica Agrimensura
Luana Baptista Ribeiro – Estagiária de Direito
Cristiane Mota Baptista – Técnica Administrativa

PDMAPFS-GER-RT-007-R0

30/09/2021	R0	Emissão inicial	Naiah Caroline Rodrigues de Souza
Data	**Rev**	**Descrição**	**Visto CQ**

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO 12
2. SÍNTESE GERENCIAL 13
2.1. PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS ESTRUTURAIS 13
2.2. Proposição De Medidas Não Estruturais 14
2.3. ANÁLISES BENEFÍCIO-CUSTO 15
2.4. PLANOS DE AÇÕES 15
3. PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS ESTRUTURAIS 17
3.1. DESCRIÇÃO DAS ALTERNATIVAS 17
3.1.1. Canal 06 – Rio Subaé 19
3.1.2. Canal 07 – Rio Subaé 32
3.1.3. Canal 15 – Tributário do Rio Subaé 41
4. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS 42
4.1. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 42
4.2. GESTÃO DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS 59
4.2.1. Legislação da Drenagem Pluvial 59
4.2.2. Sistema de Gestão e Controle da Drenagem Pluvial 63
4.2.3. Sistema de monitoramento e controle 72
4.3. PROGRAMAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS . 115
4.3.1. Diretrizes Gerais 115
4.3.2. Programas de Meio Ambiente e Sustentabilidade 141
4.4. URBANIZAÇÃO E ÁGUAS URBANAS 163
4.4.1. Abordagem convencional 163
4.4.2. Abordagem conceitual do sistema urbano de drenagem sustentável 164
5. ANÁLISES BENEFÍCIO-CUSTO 192
5.1. O CARÁTER SOCIAL DO EMPREENDIMENTO ORA SOB ANÁLISE 192
5.2. NOTAS METODOLÓGICAS SOBRE A ANÁLISE DE CUSTOS E BENEFÍCIOS APLICADAS AO PMSB 194
5.2.1. Metodologia da Avaliação 194
5.2.2. Critérios de Cálculo Adotados 196
5.3. RECEITAS 198
5.4. CUSTOS 199
5.5. ANÁLISE DE MERCADO 201

5.6. ANÁLISE SOCIAL 202
5.7. PREÇOS SOCIAIS DO EMPREENDIMENTO 203
5.8. BENEFÍCIOS SOCIAIS e VPLs 205
5.9. FONTES DE RECURSOS 209
5.9.1. Recursos gerados pelo próprio setor 209
5.9.2. Recursos de fontes federais 210
5.9.3. Recursos do Orçamento Geral da União 211
5.9.4. Recursos de fontes do Estado da Bahia 213
5.9.5. Fontes internacionais de recursos 214
5.9.6. Outras fontes 215
5.10. Contribuição de melhoria 217
5.11. Plano comunitário de melhoria 217
6. PLANOS DE AÇÕES 218
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 219

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vazões estimadas nas sub-bacias estabelecidas (m³/s) 20

Quadro 2 - Volumes de águas pluviais afluentes ao reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 1 (hm³) 23

Quadro 3 - Potencial de detenção do reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 1 (%) 23

Quadro 4 - Volumes de águas pluviais afluentes ao reservatório da Lagoa Salgada (hm³) 25

Quadro 5 - Volumes de águas pluviais afluentes ao reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 3 (hm³) 31

Quadro 6 - Potencial de detenção do reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 3 (%) 31

Quadro 7 - Vazões afluentes ao canal do Bairro Aviário m³/s) 31

Quadro 8 - Vazões estimadas nas sub-bacias estabelecidas (m³/s) 34

Quadro 9 - Volumes de águas pluviais afluentes ao reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 4 (hm³) 36

Quadro 10 - Potencial de detenção do reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 4 (%) ... 37

Quadro 11 - Vazões efluentes ao reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 4 (m³/s)..... 37

Quadro 12 - Volumes de águas pluviais afluentes ao reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 5 (hm³)..... 39

Quadro 13 - Potencial de detenção do reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 5 (%) ... 39

Quadro 14 - Estratégias e diretrizes associadas à Ocupação urbana – Revisão do PDDU e da LOUOS 43

Quadro 15 - Estratégias e diretrizes associadas à Ocupação urbana – Estudo de Impacto de Vizinhança 47

Quadro 16 - Estratégias e diretrizes associadas ao Direito a moradia digna 49

Quadro 17 - Programa de Reassentamento Involuntário 51

Quadro 18 - Estratégias e diretrizes associadas ao Manejo das Lagoas e Rios 53

Quadro 19 - Programa de Proteção e Valorização das Lagoas 54

Quadro 20 - Programa de Integração dos Rios Urbanos à Cidade 56

Quadro 21 - Mecanismos de prevenção de inundações, instrumentos de monitoramento e fiscalização e medidas integradas preventivas 61

Quadro 22 – Matriz de vulnerabilidade a inundações. 76

Quadro 23 – Classificação quanto a vulnerabilidade a inundação: Rio Subaé. 77

Quadro 24 - Informações das estações pluviométricas inseridas na bacia do Rio Subaé. 80

Quadro 25 - Informações das estações fluviométricas inseridas na bacia do Rio Subaé. 81

Quadro 26 – Relação entre o total precipitado e diferentes tempos de retorno. 82

Quadro 27 – Relação entre o total precipitado e o tempo de concentração (tc) para os canais inseridos na bacia hidrográfica do Rio Subaé..... 83

Quadro 28 – Características e aplicabilidade da plataforma Vicon SAGA. 84
Quadro 29 – Tipos de registros propostos para aplicação na plataforma Vicon SAGA 85
Quadro 30 – Quadro técnico proposto para compor a equipe de operacionalização do sistema de monitoramento e controle de cheias para o município de Feira de Santana. . 91
Quadro 31 – Diretrizes Específicas: Conservação de Recursos Hídricos 116
Quadro 32 – Classes de uso de áreas verdes urbanas. 119
Quadro 33 – Diretrizes Específicas: Gestão de Áreas Verdes Urbanas 120
Quadro 34 – Síntese dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionadas à Drenagem Sustentável. 124
Quadro 35 – Comparativo entre características de sistemas baseados em canalização x reservação. 126
Quadro 36 – Drenagem Urbana Sustentável 127
Quadro 37 – Riscos potenciais e plano de ação para o sistema de drenagem e manejo de águas pluviais. 130
Quadro 38 – Diretrizes Específicas: Gestão e Prevenção de Enchentes 131
Quadro 39 – Diretrizes Específicas: Sistema Viário Vicinal 134
Quadro 40 – Diretrizes Específicas: Movimentações de Terra e Controle de Erosões .. 139
Quadro 41 – Programa de Conservação das Águas Municipais. 142
Quadro 42 – Programa de Regularização de Estradas Vicinais 145
Quadro 43 – Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis 147
Quadro 44 – Programa de Educação Ambiental 149
Quadro 45 – Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável. 151
Quadro 46 – Programa de Prevenção e Alerta de Inundações em Tempo Real. 154
Quadro 47 – Programa de Controle de Movimentações de Terra e Erosões 155
Quadro 48 – Programa Produtor de Água (ANA) 160
Quadro 49 - Barreiras à gestão mais sustentável das águas pluviais 166
Quadro 50 - Medidas de Controle para Sistemas de Drenagens 170
Quadro 51 – Classificação econômico social de projetos 193
Quadro 52 - Vantagens e desvantagens dos métodos de avaliação 195
Quadro 53 - Custos com a limpeza urbana e aterro sanitário 198
Quadro 54 - Custos da implantação do Empreendimento 200
Quadro 55 - Orçamento de custo do Plano a preços privados dos fatores produtivos ... 200
Quadro 56 - Projeção do Fluxo de Caixa Livre a preços privados 201
Quadro 57 - Conversão dos custos privados em custos sociais 204
Quadro 58 - Recuperação de Áreas danificadas por inundação (orçamento de custo em R$ de dezembro de 2020) 206
Quadro 59 - Síntese dos Benefícios Sociais 207

Quadro 60 - Projeção do Fluxo de Caixa Livre a preços sociais 207
Quadro 61 - Valores-Presente Líquidos Privado e Social 208
Quadro 62 - Grupos integrantes do PAC-2 211

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão geral da bacia hidrográfica do Rio Subaé 18
Figura 2 - Caracterização das sub-bacias definidas para os estudos hidrológicos 20
Figura 3 - Caracterização da bacia de detenção Lagoa do Subaé – Parte 1 21
Figura 4 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 1 22
Figura 5 - Dique de contenção da Lagoa do Subaé – Parte 1 22
Figura 6 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa Salgada 24
Figura 7 - Seções de terraplenagem da Lagoa Salgada 24
Figura 8 - Dique de contenção da Lagoa Salgada 25
Figura 9 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 2 27
Figura 10 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 2 28
Figura 11 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 3 29
Figura 12 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 3 30
Figura 13 - Dique de contenção da Lagoa do Subaé – Parte 3 30
Figura 14 - Vista da seção de escoamento do canal que atravessa o Bairro Aviário 32
Figura 15 - Caracterização das sub-bacias definidas para os estudos hidrológicos 33
Figura 16 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 4 35
Figura 17 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 4 36
Figura 18 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 5 38
Figura 19 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 5 39
Figura 20 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 6 40
Figura 21 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 6 41
Figura 22 - Fluxo de trabalho standard de um sistema de alerta de enchentes 66
Figura 23 – Mapeamento de manchas de inundação através de software de modelagem 68
Figura 24 – Mapeamento de profundidade de inundações a partir de modelo hidrológico. 69
Figura 25 - Desafios x Oportunidades para os Sistemas de Gestão e Monitoramento de enchentes 70
Figura 26 – Municípios severamente afetados por enxurradas. 73
Figura 27 – Distribuição mensal da ocorrência de enxurradas no estado da Bahia entre os anos de 1991 e 2012. 73

Figura 28 – Municípios severamente afetados por inundações. 74
Figura 29 – Distribuição mensal da ocorrência de inundações no estado da Bahia entre os anos de 1991 e 2012. 74
Figura 30 – Municípios severamente afetados por alagamentos. 75
Figura 31 – Distribuição mensal da ocorrência de alagamento no estado da Bahia entre os anos de 1991 e 2012. 75
Figura 32 – Períodos susceptíveis a ocorrência de eventos de cheias. 76
Figura 33 - Localização das estações pluviométricas inseridas na bacia do rio Subaé 79
Figura 34 - Localização das estações fluviométricas inseridas na bacia do Rio Subaé. .. 80
Figura 35 - Arquitetura do sistema 87
Figura 36 - Flood Analyzer 88
Figura 37 - Flood Rate - Processo 1 88
Figura 38 - Trigger test comm - Processo 1 89
Figura 39 - Principais Características do LPWAN 93
Figura 40 - Exemplo de Aerofotografia de área de Monitoramento 98
Figura 41 - Exemplo de Mapa de uso e ocupação do solo para uma fração da área de estudo. 99
Figura 42 - Exemplo de Modelo Digital de Superfície 99
Figura 43 - Exemplo de Simulação Teste em Software SWMM 100
Figura 44 - Exemplo de Opção 1 - Localização 1 - Altura: 20m 102
Figura 45 - Exemplo de Opção 2 - Localização 2 - Altura: 12m 103
Figura 46 - Arquitetura de um ETL 104
Figura 47 - Exemplo de Locais de Instalações Solicitadas (círculo azul) e Configuração dos pontos para Recebimento de Sinais (gota d'água) 105
Figura 48 - Exemplo Telas e KPI's para Gestão Inteligente Online da Drenagem Urbana 107
Figura 49 - Exemplo Telas e KPI's para Sensores Hidrométricos 108
Figura 50 - Distribuição Geolocalizada de Sensores Hidrométricos em Mapa com Aba Lateral Visualizando Dados Estáticos 109
Figura 51 - Distribuição Geolocalizada de Sensores Hidrométricos em Mapa com Aba Lateral Visualizando Dados Temporais 110
Figura 52 - Gráfico Acumulado de Dados Temporais de Sensores Hidrométricos de Precipitação em Intervalos de Tempos Selecionados7 111
Figura 53 - Exemplo Estação Hidrológica Online - Pluviômetros e Sensor de Nível de Canal de Macrodrenagem 112
Figura 54 - Exemplo Sensor Online de Nível de Lâmida d'água em Ruas 113
Figura 55 - Estimativa de custos 114
Figura 56 – Diagrama conceitual de sistemas de drenagem sustentável. 125

Figura 57 - Ligações entre a gestão da água pluvial e outros setores urbanos 167
Figura 58 - Comportamento das bacias de pré-urbanização e pós-urbanização 169
Figura 59 - Efeito da urbanização e amortecimento sobre os hidrogramas 170
Figura 60 - A hierarquia das medidas não convencionais de controle pluvial 172
Figura 61 - Esquema de um jardim de chuva 173
Figura 62 - Esquema da trincheira de infiltração 174
Figura 63 - Esquema de um poço de infiltração 175
Figura 64 - Esquema de pavimento permeável com infiltração total 175
Figura 65 - Comportamento do hidrograma para três cenários: pré-ocupação, pós-desenvolvimento e com controle na fonte 176
Figura 66 - Vista superior de uma bacia de infiltração 176
Figura 67 - Vista lateral de uma bacia de infiltração 177
Figura 68 - Benefícios das áreas verdes no espaço urbano 177
Figura 69 - Esquema de um poço-árvore 178
Figura 70 - Componentes típicos de um telhado verde 179
Figura 71 - Esquema do reservatório de retenção aberto 180
Figura 72 - Esquema do reservatório de detenção aberto 181
Figura 73 - Microrreservatório implantado em uma residência 181
Figura 74 -Sistema de biorretenção projetado para evitar a infiltração da água na sub-base do pavimento 182
Figura 75 - Esquema típico de uma vala 183
Figura 76 - Exemplo de vala em Soweto, África do Sul 183
Figura 77 - A área urbana e os recursos hídricos de Feira de Santana - Bahia/Brasil 186
Figura 78 - Expansão da Mancha Urbana de Feira de Santana (BA) – 1990-2018 188
Figura 79 - Edifícios com mais de 5 pavimentos nos bairros intra-anel em Feira de Santana (BA) – 1990-2018 188
Figura 80 - Classificação da Permeabilidade do Solo em Feira de Santana (2010) 189

SIGLAS E ABREVIATURAS

ACB - Análise de Custos e Benefícios
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
API - Application Programing Interface
APP - Áreas de Preservação Permanente
BI - Business Intelligence
BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento –
BIRD - Banco Mundial
BMP - Best Management Practice (Melhores Prática de Manejo)
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BOO - Build-Own-Operate
BOT - Build-Own-Transfer
BTO - Build-Transfer-Operate
CADIP - Sistema de Registro de Operações do Setor Público
CAPEX *Capital Expenditure*
CAPPI - mapas de precipitação
CEF - Caixa Econômica Federal
Cemaden - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CERB - Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia
CFDD - Conselho Federal Gestor do Fundo de Defesa dos Direitos Difusos
CIS - Centro Industrial do Subaé
CN – Curva Número
CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
CONERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CPRM - Serviço Geológico do Brasil
DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
DCL - Dívida Consolidada Líquida
DW - Data Warehouse
ECHOTOP - altitude máxima dos sistemas precipitantes
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
ETL - Extração, Transformação e Carga
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FC – Fluxo de Caixa

FCL - Fluxo de Caixa Livre
FDDD - Fundo de Defesa de Direitos Difusos
FEP - Fundação Escola Politécnica da Bahia
FERHBA - Fundo Estadual de Recursos
FGTS - Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FPM - Fundo de Participação dos Municípios
Funasa - Fundação Nacional de Saúde
GEPAC - Grupo Executivo do Programa de Aceleração do Crescimento
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
Inema - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IOT - Internet of things),
IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas
IPI - Imposto sobre Produtos Industrializados
IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano
ISS - Imposto sobre Serviços
JAC – Bacia do Jacuípe
JBIC - Banco Japonês para a Cooperação
LGBTQ+ - Lésbicas, Gays, Bisexuais, transexuais, Queer, e mais.
LID - *Low Impact Development* (Desenvolvimento de Baixo Impacto)
LOUOS – Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo
LPWAN - Low Power Wide Area Network
LRF - Lei de Responsabilidade Fiscal
MC - Ministério das Cidades
MDS - Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome
NIG - Necessidades de Investimento de Giro
O&M - Operação e Manutenção
ODS - Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
OGU - Orçamento Geral da União
OLTP - *Online Transaction Processing ou Processamento de Transações em Tempo Real*
OMS - Organização Mundial da Saúde
ONU – Organização das Nações Unidas
OPEX - Operational Expenditure

OPEX *Operational Expenditure*

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PDDU - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

PDMAPFS- Plano diretor de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do município de Feira de Santana

PDU - Plano de Drenagem Urbana

PEMAPES – Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário

PMFS - Prefeitura Municipal de Feira de Santana

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integral de Resíduos Sólidos

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico

RCL - Receita Corrente Líquida

SAISP - Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo

SCS-CN - Soil Conservation Service – Curve Number

Sedur - Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Urbanismo

SEGIRD - Sistema Estadual de Gestão Integrada de Risco de Desastres

SEGOV – Secretaria de Governo

SEIA - Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos

SEMMA – Secretaria Municipal de Meio Ambiente

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SEPLAN – Secretaria de Planejamento

SESP – Secretaria de Segurança Pública

SFN - Sistema Financeiro Nacional

SICONFI - Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SMAD - Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres

SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SPE - Sociedade de Propósito Específico

STN - Secretaria do Tesouro Nacional

SUDS - *Sustainable Urban Drainage Systems* (Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável)

SWMM - *Storm Water Management Model*

TCL - Taxa de Cobrança do Lixo

TIC's'- Tecnologias da informação e comunicação

TIR - Taxa Interna de Retorno

TIRp Taxa Interna de Retorno privada (de mercado)

TIRs Taxa Interna de Retorno social

TLP Taxa de Juro de Longo Prazo

TMI - Taxa de Mortalidade Infantil

TR – Tempo de Retorno

TR – Termo de Referência

TSD - Taxa Social de Desconto

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFRJ - Universidade Feral do Rio de Janeiro

USEPA - United States Environmental Protection Agency

USGS - United States Army Corps of Engineers

VCAN - Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis

VPL - Valor Presente Líquido

VPLp - Valor Presente Líquido privado

VPLs - Valor Presente Líquido social

WMS - *Web Map Services*

WSUD - *Water Sensitive Urban Design*

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

ZEIS - Zonas Especiais de Interesse Social

1. APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o **Produto P5A – Elaboração dos Programas de Controle de Cheias da bacia do Subaé**, sétimo relatório parcial do Contrato nº 332-2020-08C, tendo como objeto **Consultoria e Apoio Técnico na Elaboração do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Município de Feira de Santana – PDMAPFS.**

O PDMAPFS é o documento que consolida o planejamento do setor de drenagem urbana e manejo de águas pluviais no município, norteando as ações que serão empreendidas pela administração municipal no sentido de reduzir os inconvenientes e os prejuízos causados por inundações no meio urbano. O PDMAPFS estará integrado aos demais planos setoriais que compõem o Plano Municipal de Saneamento Básico, e tem interface importante com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, quanto ao uso do solo e regramento de ocupação em áreas de risco de inundação.

O Relatório de Elaboração dos Programas de Controle de Cheias, referente ao Produto P5, abrange a síntese gerencial, a proposição de medidas estruturais e não-estruturais, análise Benefício-Custo das medidas estruturais e não-estruturais que compõe cada proposta de cenário alternativo além do Planos de Ações onde serão fixados os níveis de proteção almejados para as diferentes etapas de implantação do PDMAPFS em cada bacia ou sub-bacia urbana. Esse produto também poderá servir de subsídio para os demais produtos do contrato.

2. SÍNTESE GERENCIAL

O Produto 5 consiste na elaboração de programas de controle de cheias, para cada uma das bacias estudadas, ou seja, bacia do Subaé, bacia do Jacuípe e bacia do Pojuca. Esse produto representa o primeiro relatório de cunho propositivo do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de Feira de Santana, PDMAPFS.

Para dar ênfase às necessidades de cada bacia, e seguindo o TR, foi dividido em três volumes: Produto 5A – Programas para a bacia do Subaé, Produto 5B – Programas para a bacia do Jacuípe e Produto 5C – Programas para a bacia do Pojuca.

O Produto 5, em sua totalidade abrangerá:

- Proposição de Medidas estruturais;
- proposição de Medidas não estruturais;
- análises Benefício-Custo;
- plano de ações.

2.1. PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS ESTRUTURAIS

Nesta atividade foram propostas medidas estruturais para o controle de cheias nas bacias urbanas em nível de projeto preliminar, consoante os Cenários Alternativos de Planejamento. Foram propostos dois ou mais arranjos de obras para a drenagem e manejo das águas pluviais em cada bacia urbana. Todos os arranjos previram a implantação de soluções de desenvolvimento urbano de baixo impacto, especialmente daquelas baseadas no aproveitamento de serviços prestados por ecossistemas naturais existentes ou que possam ser restaurados.

Incluem-se no rol dessas medidas, as intervenções de caráter estrutural consideradas necessárias para mitigação, controle ou potencialização dos eventuais impactos ambientais causados pelas obras de engenharia propostas. Essas ações foram propostas por equipe multidisciplinar com experiência na avaliação e controle de impactos ambientais.

Para cada bacia urbana foi elaborado um Programa de Controle de Cheias compreendendo medidas de controle de inundações e intervenções para mitigar ou compensar os eventuais impactos ambientais das obras. Como premissa básica desses programas, a implantação das medidas de controle de cheias não implicará na transferência dos impactos para os terrenos à jusante das áreas urbanas, o que significa que as vazões dos exutórios dos sistemas de drenagem e manejo pluvial propostos serão limitadas. Logo, foram fixados, para cada bacia ou sub-bacia urbana, a vazão de restrição que não deverá ser ultrapassada durante o horizonte de planejamento.

A vazão de restrição de cada bacia ou sub-bacia urbana foi definida em função das suas características e das condições a jusante. Como princípio geral, caso seja viável, a vazão de restrição é igual à capacidade máxima de suporte dos trechos a jusante, correspondente ao estágio anterior ao desenvolvimento do sítio urbano.

Foram avaliados, ainda, aspectos que dizem respeito à expansão e adensamento, tendências e fatores críticos observados e com implicações nas soluções de drenagem e qualificação do ambiente urbano.

2.2. Proposição De Medidas Não Estruturais

As medidas de controle não estruturais são apresentadas tanto para as áreas urbanizadas como para as áreas de expansão. Englobam propostas para:

- medidas relacionadas à regulação do uso e ocupação do solo com vistas à garantia da qualidade do ambiente urbano;
- controle do uso e ocupação do solo a serem incorporadas pelo Plano Diretor do Município incluindo o zoneamento das áreas de risco e a redução da impermeabilização do solo;
- reformulação do sistema de gestão considerando-se as características do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais proposto;
- obtenção de recursos por meio de repasses, financiamentos e tributação específica;
- legislação voltada ao manejo das águas pluviais e controle de impactos decorrentes do desenvolvimento municipal;
- bases para um programa de educação ambiental;
- criação de parques lineares ao longo das várzeas de inundação natural ainda não ocupadas;
- criação de parques nas cabeceiras dos rios principais para proteção dos rios contra assoreamento e proteção da qualidade da água;
- monitoramento climático e controles em tempo real;
- monitoramento da qualidade das águas urbanas;
- medidas para evitar efeitos nocivos da urbanização sobre o ciclo das águas, especialmente aquelas voltadas a não sobrecarregar os sistemas públicos de drenagem e corpos receptores.
- diretrizes para novos parcelamentos e outros empreendimentos;
- diretrizes específicas para assentamentos urbanos em situação de risco, que considerem as situações de vulnerabilidade social, as características ambientais e soluções sustentáveis de drenagem.
- definição de diretrizes para espaços públicos, como vias, praças e parque em conexão e integração com as soluções de drenagem propostas;
- proposição de eventuais ajustes na legislação urbanística que possam contribuir na qualidade e sustentabilidade do ambiente urbano, considerando um conjunto de diretrizes de drenagem que venha a ser propostas.

Também serão incluídas as medidas não estruturais consideradas necessárias para mitigar, controlar ou potencializar os eventuais impactos ambientais causados pelas obras

de engenharia propostas. As ações serão propostas por equipe multidisciplinar com experiência na avaliação e controle de impactos ambientais.

2.3. ANÁLISES BENEFÍCIO-CUSTO

Os Cenários Alternativos de Planejamento foram avaliados mediante os resultados da Análise Benefício-Custo das medidas estruturais e não-estruturais que compõe cada proposta.

Nesta etapa, os custos das medidas de controle foram estimados mediante o emprego de Curvas de Custo, ou seja, funções matemáticas que relacionam o custo unitário de implantação, manutenção ou operação com um ou mais parâmetros que medem o porte ou funcionalidade da obra em análise. Já os benefícios foram avaliados pelo Método dos Danos Evitados ou pelo Método da Valoração Contingente.

Uma vez determinados os custos e benefícios para cada cenário propositivo, foram selecionadas para compor os Programas de Controle de Cheias, as medidas de controle previstas nos cenários que apresentam as relações benefício/custo – calculadas com base no tempo de vida útil das obras, que pode ser considerado igual a 30 anos – mais atrativas dentre as alternativas de cada bacia urbana.

2.4. PLANOS DE AÇÕES

Nesta atividade foram fixados os níveis de proteção almejados para as diferentes etapas de implantação do PDMAPFS em cada bacia ou sub-bacia urbana. Nesse processo foram considerados aspectos relacionados à exposição e vulnerabilidade da população e dos ativos econômicos sujeitos ao risco e (ii) às restrições técnicas e socioambientais, as quais poderão variar no espaço e no tempo.

O horizonte de planejamento é o ano 2040 e foi subdividido em etapas intermediárias sucessivas assim moduladas:

- Etapa de implantação imediata, ano 2020 – engloba ações de menor complexidade como remoção de interferências, desobstrução de galerias, recuperação ou adequação de estruturas hidráulicas deficientes ou condenadas estruturalmente, com capacidade de promover benefícios imediatos em áreas críticas ocupadas por população de baixa renda ou assentamentos urbanos sujeitos a perdas humanas durante eventos hidrológicos impactantes;
- Etapa de curto prazo, ano 2025 – compreende propostas para aprimoramento institucional e sustentabilidade dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, além das medidas estruturais destinadas à expansão da capacidade de controle de cheias em áreas críticas ocupadas por população de baixa renda ou assentamentos urbanos sujeitos a perdas humanas durante eventos hidrológicos impactantes;
- Etapa de médio prazo, ano 2030 – envolve as medidas para a ampliação dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e atendimento das demandas previstas para o ano de 2030; e

- Etapa de longo prazo, horizonte de planejamento, ano 2040 – abrange as medidas para a ampliação dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e atendimento das demandas previstas para o ano de 2040.

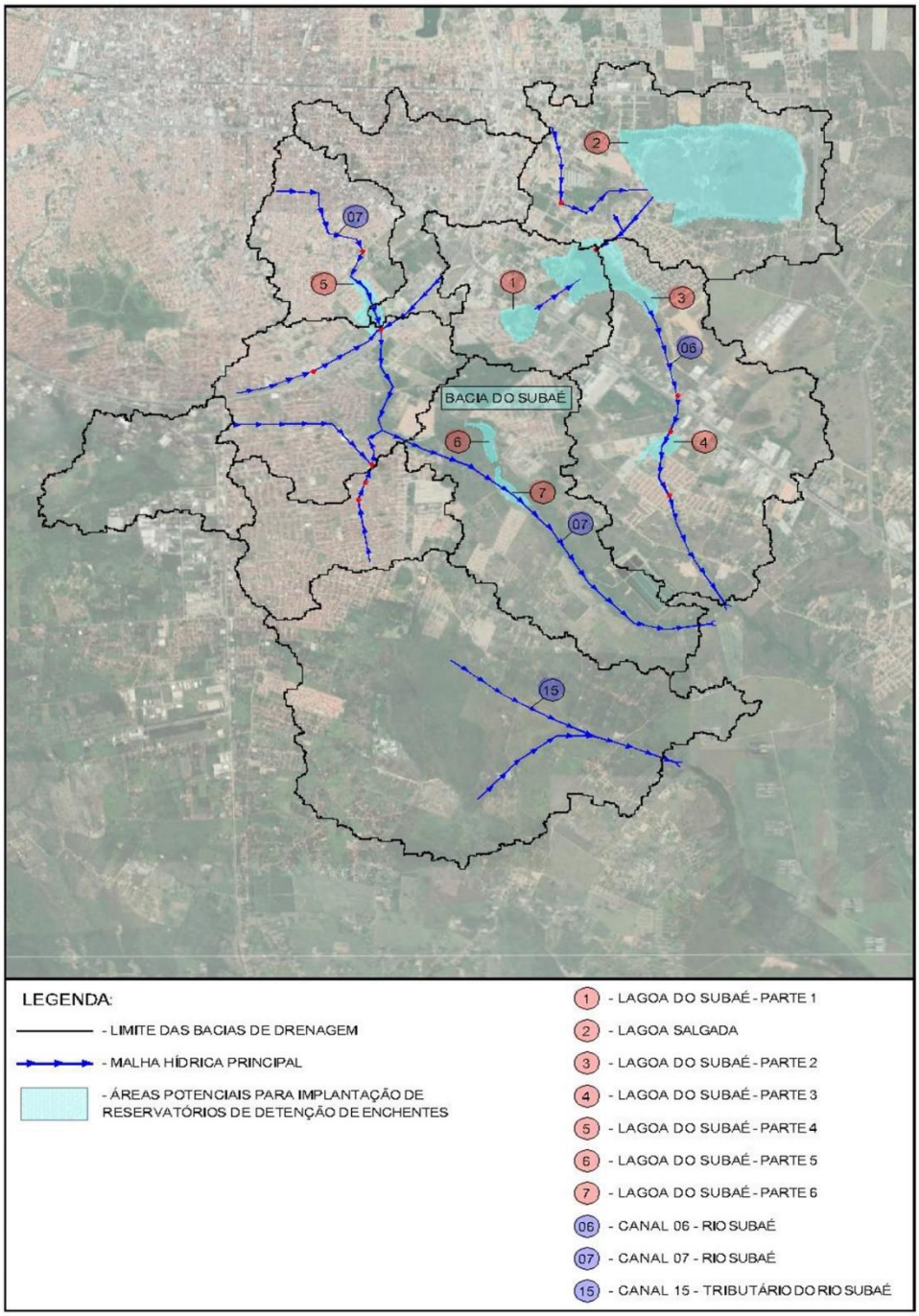
As medidas previstas no cenário propositivo eleito para compor o Programa de Controle de Cheias de cada bacia urbana foram distribuídas ao longo do horizonte de planejamento, de modo a atender os requisitos funcionais estabelecidos nos componentes básicos do planejamento relacionados acima. A adequação da estratégia de implementação aos requisitos funcionais previamente estabelecidos, foram confirmadas mediante resultados de simulações numéricas que representem o funcionamento hidrológico-hidráulico integrado do sistema de drenagem e manejo das águas pluviais previsto em cada etapa de planejamento, ou seja, deverão ser realizadas modelagens que possibilitem mensurar os efeitos/benefícios obtidos com a implementação das medidas previstas em cada etapa de planejamento.

3. PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS ESTRUTURAIS

3.1. DESCRIÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Conforme pode ser observado na Figura 1, na área de análise dos estudos o sistema de drenagem pluvial da Bacia do Subaé é principalmente definido por dois córregos de montante localizados nas partes definidas como sendo de cabeceiras da bacia. Nesta figura, estes córregos são denominados com os nomes de Canal 06 – Rio Subaé e Canal 07 – Rio Subaé, cujas amplitudes das suas bacias hidrográficas abordam significativas parcelas do perímetro urbano e de áreas de expansão da sede do município. É definido, também, o Canal 15 – Tributário do Rio Subaé, cuja bacia de drenagem é de menor porte e que aborda apenas uma área de expansão urbana da cidade.

Figura 1 - Visão geral da bacia hidrográfica do Rio Subaé



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

A questão que se apresenta nesta atividade é a proposição de dispositivos que viabilizem implantação de soluções de desenvolvimento urbano de baixo impacto, especialmente aqueles baseados na potencialidade do aproveitamento de serviços prestados por ecossistemas naturais existentes ou que possam ser restaurados ou até programados. Reduzindo, assim, a magnitude de transferências das enchentes geradas nestas sub-

bacias para trechos de jusante, a fim de conseguir aproveitar em maior quantidade possível os dispositivos de macrodrenagem já disponíveis.

Na concepção deste estudo, a proposta trata da definição de melhorias nas condições naturais de detenções de enchentes observadas em áreas alagáveis dos córregos, prevendo a criação de diques de alturas reduzidas em seções específicas de controle de fluxo. Desta forma, são definidas particularidades que viabilizam consolidar e intensificar os conceitos de reservatórios a serem utilizados como dispositivos de detenção e, consequentemente, de atenuação de enchentes.

Estas intervenções deverão se basear na utilização de barramentos de alturas reduzidas, transversais aos fluxos dos córregos, que *a priori* deverão ser construídos com muros de alvenaria de pedras dependentes das condições urbanísticas e geotécnicas locais. Em cada barramento deverá ser instalado um canal central sobre o traçado do córrego que precisará ser dimensionado de modo que proporcione as seguintes etapas de estudos principais:

- em uma primeira fase que proporcione a retenção das águas pluviais dos hidrogramas afluentes aos reservatórios;
- depois, o esvaziamento em tempo mais adequado possível destes reservatórios para poder disponibilizar volumes de detenção para próximos eventos pluviométricos.

3.1.1. Canal 06 – Rio Subaé

Este canal tem sua localização em área de expansão da cidade, com o seu trajeto acompanhando o traçado da Rodovia BR-324 (Salvador / Feira de Santana) quando da proximidade da chegada dela em Feira de Santana. Nesta parte da bacia estão inseridos bairros residenciais nos limites superiores do contorno da bacia e edificações de atividades comerciais e industriais nas partes mais baixas, principalmente no entorno das pistas da rodovia. Na parte inferior do limite da bacia considerada nos estudos, existe o Bairro Aviário que apresenta problemas de alagamentos em épocas de chuvas intensas na região.

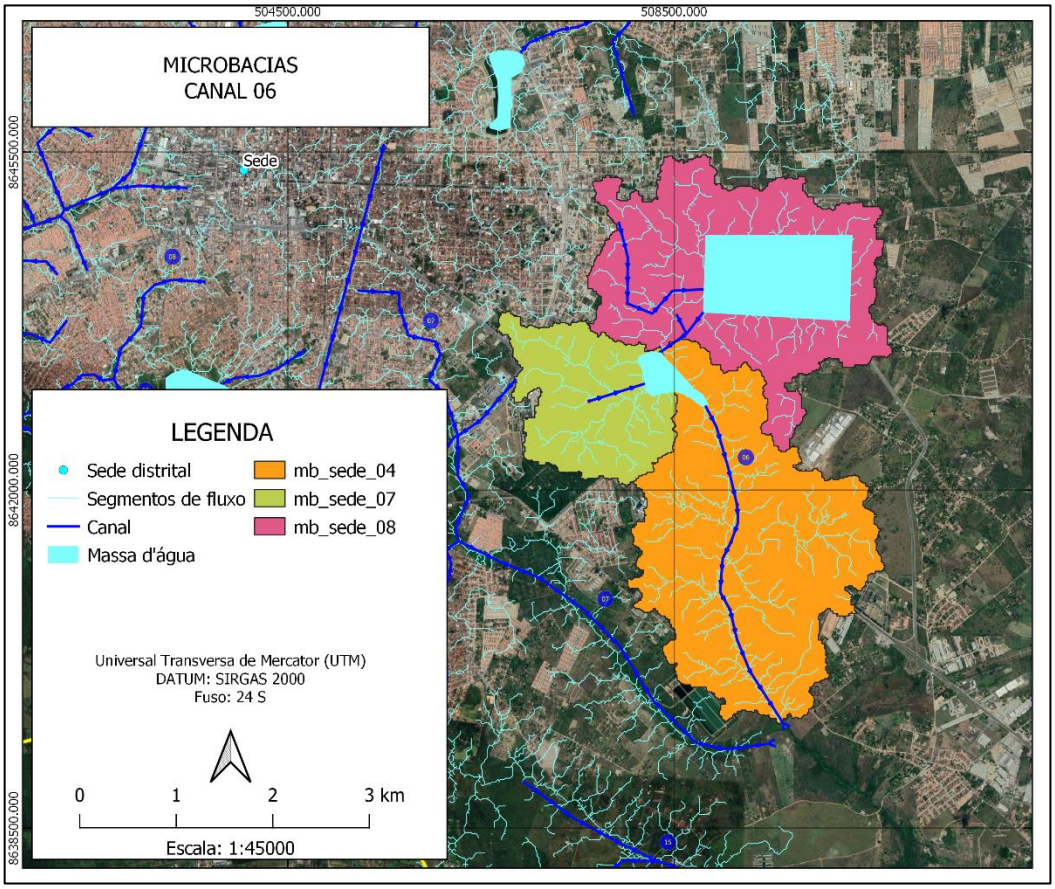
Em atividades desenvolvidas no sexto capítulo do Produto 4B foram identificadas ao longo do córrego três áreas alagadiças naturais como de potenciais usos para implantação de bacias de detenções de enchentes. No desenho da Figura 1 estas áreas foram denominadas como Lagoa do Subaé – Parte 1, Lagoa do Subaé – Parte 2 e Lagoa Salgada.

Nesta nova etapa dos estudos continuam sendo previstas utilizações das três unidades citadas, além da criação de uma quarta unidade localizada logo a montante do Bairro Aviário que está sendo denominada agora como Lagoa do Subaé – Parte 3.

Com base em expectativas consagradas em estudos similares, na interpretação dos resultados dos hidrogramas das enchentes definidos nos estudos hidrológicos desenvolvidos no quinto capítulo do Produto 4B e nos relevos dos terrenos onde serão caracterizadas estas intervenções, é possível prever sucesso muito grande nos resultados destas caracterizações. Define-se que na seção de jusante do córrego, no trecho logo a montante do Bairro Aviário, a magnitude da redução dos picos das enchentes através da utilização em série destes dispositivos pode ser estimada como sendo variável entre 60% para cheias de período de retorno de 10 anos e de 45% para as cheias de 100 anos em relação às vazões instantâneas sem a utilização delas.

Na Figura 2 está apresentado um mapa que foi utilizado nos estudos hidrológicos com a indicação das localizações dos principais córregos componentes deste canal. Inclusive, também, com indicações das sub-bacias estabelecidas para os cálculos de vazões afluentes.

Figura 2 - Caracterização das sub-bacias definidas para os estudos hidrológicos



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

As vazões de águas pluviais estimadas naquele estudo para o Cenário Prospectivo, ainda sem expectativa de utilização das bacias de detenções de enchentes que estão sendo analisadas neste estudo, estão apresentadas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Vazões estimadas nas sub-bacias estabelecidas (m³/s)

Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede_08	51,2	66,5	80,4	96,7
mb_sede_07	25,7	33,2	40,0	47,5
mb_sede_04	81,0	104,7	126,2	151,2

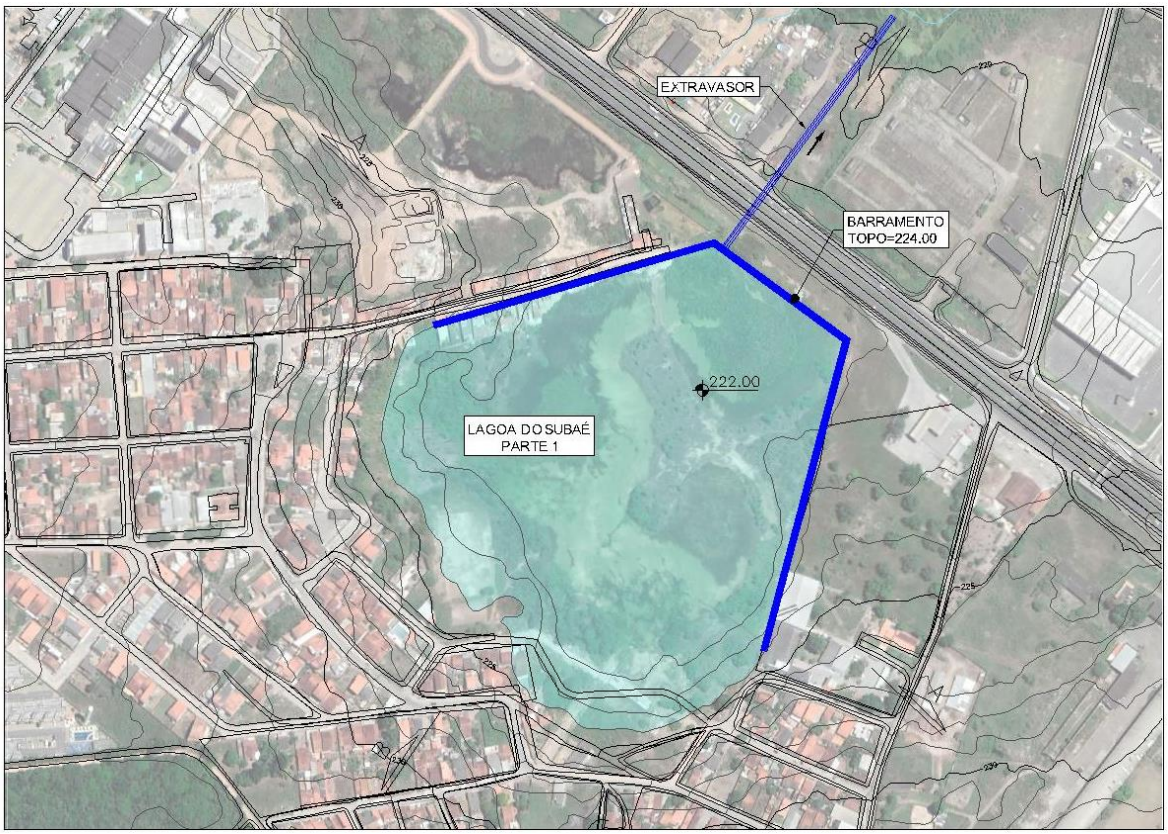
Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

3.1.1.1. Lagoa do Subaé – Parte 1

A análise da sequência de fluxo deste estudo aborda, inicialmente, a proposição da implantação da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 1 que está concebida com a sua localização ao lado da pista no sentido de Feira de Santana para Salvador da Rodovia BR-324. Para esta bacia de detenção afluem águas pluviais superficiais provenientes dos bairros Macaúbas, Cidade Jardim e de parte da área do Centro Industrial do Subaé.

Na Figura 3 está apresentado um desenho em planta sobre imagem atualizada de satélite contendo o arranjo geral concebido para esta intervenção, verificando-se que a expectativa de desapropriações de edificações deverá ser reduzida.

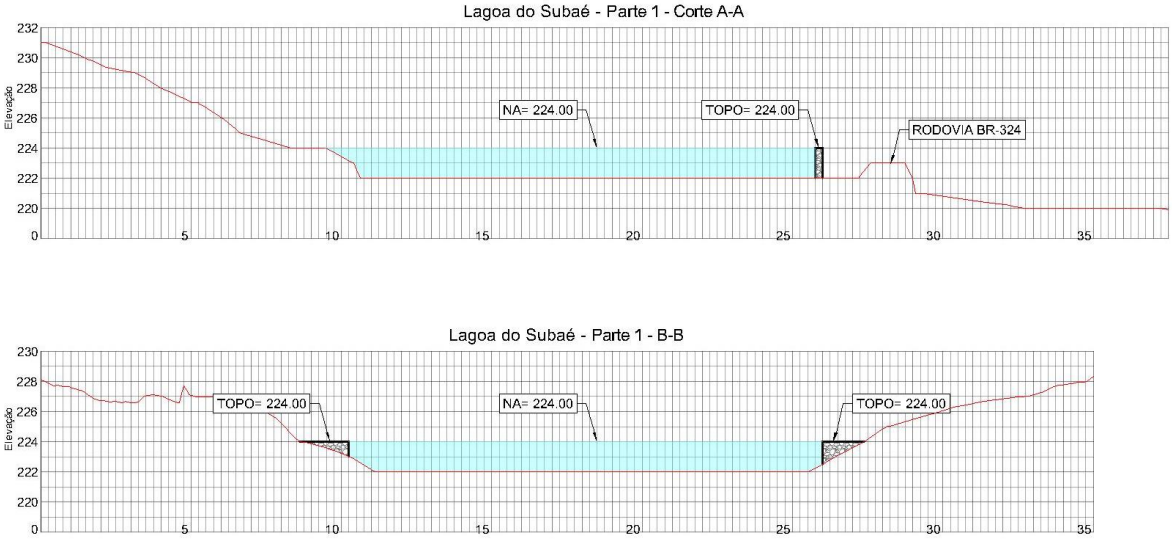
Figura 3 - Caracterização da bacia de detenção Lagoa do Subaé – Parte 1



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Enquanto isso, na Figura 4 estão caracterizadas duas seções de terraplenagem mostrando que o volume de movimento de terra necessário para a execução da obra deverá ser mínimo, ou praticamente nulo.

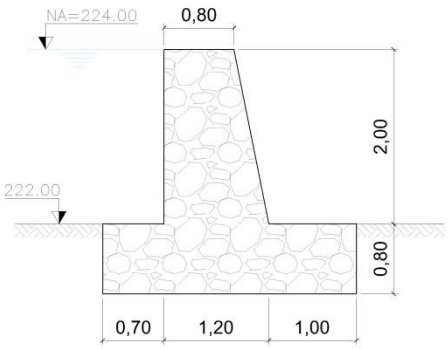
Figura 4 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 1



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

O detalhe preliminar ilustrativo do dique de contenção proposto está apresentado na Figura 5, tendo sido, nesta fase, definido através da utilização de muros de alvenaria de pedras com altura máxima de 2,00 m na parte mais baixa do terreno, chegando a praticamente zero nas partes mais altas.

Figura 5 - Dique de contenção da Lagoa do Subaé – Parte 1



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Nos estudos hidrológicos elaborados para determinação das enchentes afluentes às sub-bacias também foram calculados os volumes de águas pluviais correspondentes para a condição de Cenário Prospectivo. No Quadro 2 estão listados estes volumes afluentes para este reservatório.

Quadro 2 - Volumes de águas pluviais afluentes ao reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 1 (hm³)

Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede_07	0,18	0,23	0,28	0,33

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

A caracterização do reservatório proposto com o topo do dique definido na cota 224,00 m indica um volume de detenção máximo de aproximadamente 0,18 hm³ considerando o nível da água nesta situação.

No Quadro 3 estão apresentados os resultados encontrados mostrando os percentuais do volume de detenção em relação aos volumes afluentes para períodos de retorno de 10, 25, 50 e de 100 anos. Com estas informações, agora considerando a interatividade da equação de continuidade dos reservatórios onde a diferença entre os volumes afluente e efluente em cada tempo é igual a uma variação de volume de detenção correspondente. Desta forma, é plausível prever que para evento com período de retorno de 10 anos a vazão de pico atenuada por esta bacia de detenção será de aproximadamente 100% em relação à magnitude da enchente afluente. Na parte extrema superior, para enchentes com períodos de retorno próximos de 100 anos, esta percentagem seria reduzida para valores significativos, aproximados entre 20 a 30% das vazões máximas.

Quadro 3 - Potencial de detenção do reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 1 (%)

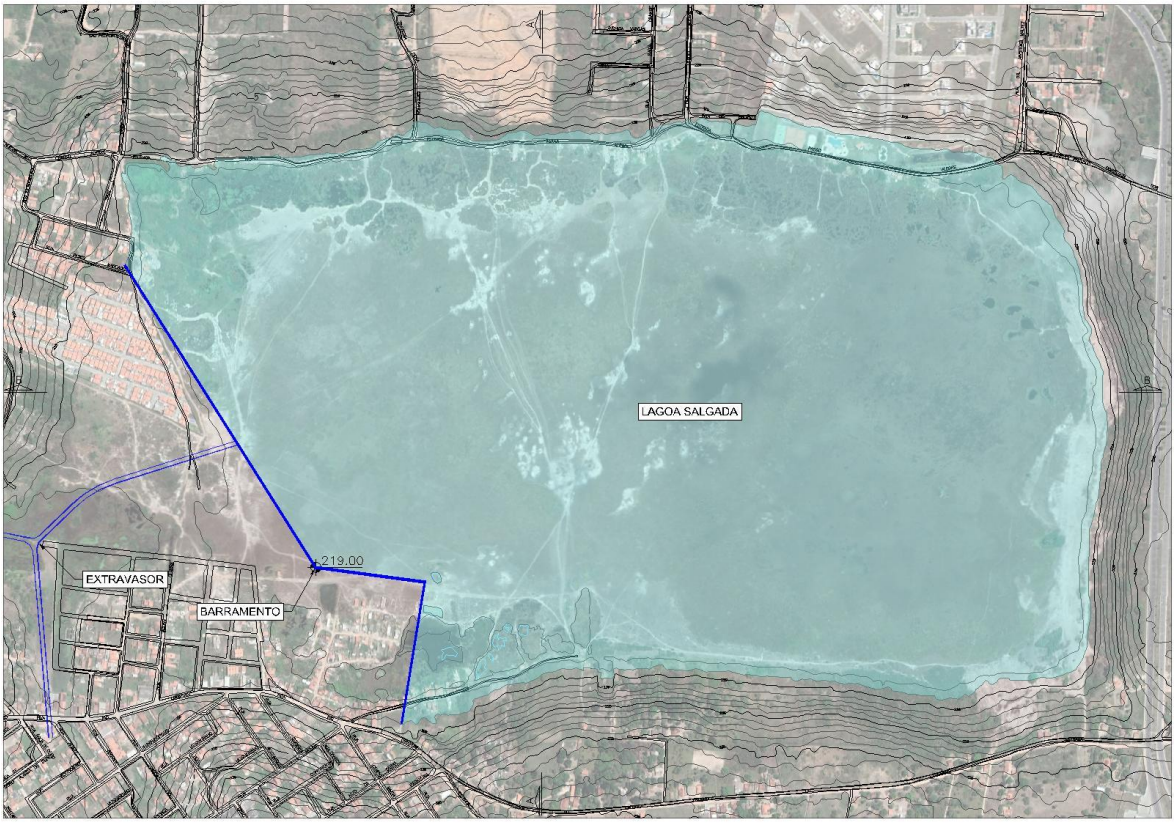
Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede_07	100	78	64	55

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

3.1.1.2. Lagoa Salgada

Por conta da condição topográfica local, esta lagoa tem um volume marcante para propiciar a detenção de águas pluviais afluentes a ela. Na Figura 6 está apresentada a caracterização da concepção dela como bacia de detenção de enchentes, tendo sido definido um traçado sinuoso para o barramento a fim de evitar desapropriações de edificações já construídas nas áreas baixas do entorno dele.

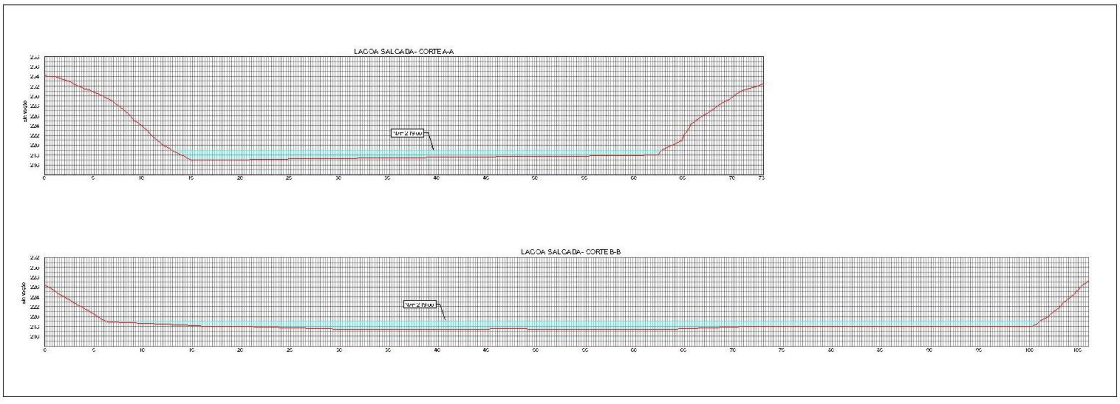
Figura 6 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa Salgada



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Na Figura 7 estão indicadas duas seções topográficas transversais mostrando que não haverá necessidade de planejamento de obras de terraplenagem.

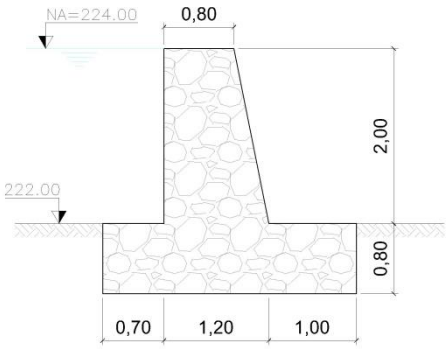
Figura 7 - Seções de terraplenagem da Lagoa Salgada



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

O detalhe preliminar ilustrativo do dique de contenção proposto está apresentado na Figura 8, tendo sido, nesta fase, concebido através da utilização de muros de alvenaria de pedras com altura máxima de 2,00 m na parte mais baixa do terreno, chegando a praticamente zero nas partes mais altas.

Figura 8 - Dique de contenção da Lagoa Salgada



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Nos estudos hidrológicos elaborados para determinação das enchentes afluentes às sub-bacias também foram definidos os volumes de águas pluviais correspondentes para a condição de Cenário Prospectivo. No Quadro 4 estão listados estes volumes afluentes para este reservatório.

Quadro 4 - Volumes de águas pluviais afluentes ao reservatório da Lagoa Salgada (hm³)

Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede_08	0,43	0,56	0,68	0,81

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Apenas com a construção do dique de contenção indicado no detalhe da Figura 8, os resultados do objeto da interpretação do processo são excelentes, uma vez que o volume de detenção potencial que foi estimado em 1,9 hm³ é bem maior que os volumes afluentes até para a condição de período de retorno de 100 anos. Estudos futuros, considerando o potencial detectado nesta análise, e até imaginando em parte a redução da altura proposta para o muro do dique, terão efeitos significativos na redução das vazões para jusante. Inclusive, até com a possível programação de um parque de recreação ambiental para valorizar o lazer da comunidade local e facilitar o processo de fiscalização e de manutenção por parte da Prefeitura.

Nota-se, na análise local, a necessidade da programação de uma proposta de desapropriações de algumas edificações ao longo do traçado do extravasor dele para gerar facilidades de rotinas de inspeções e de manutenções dele.

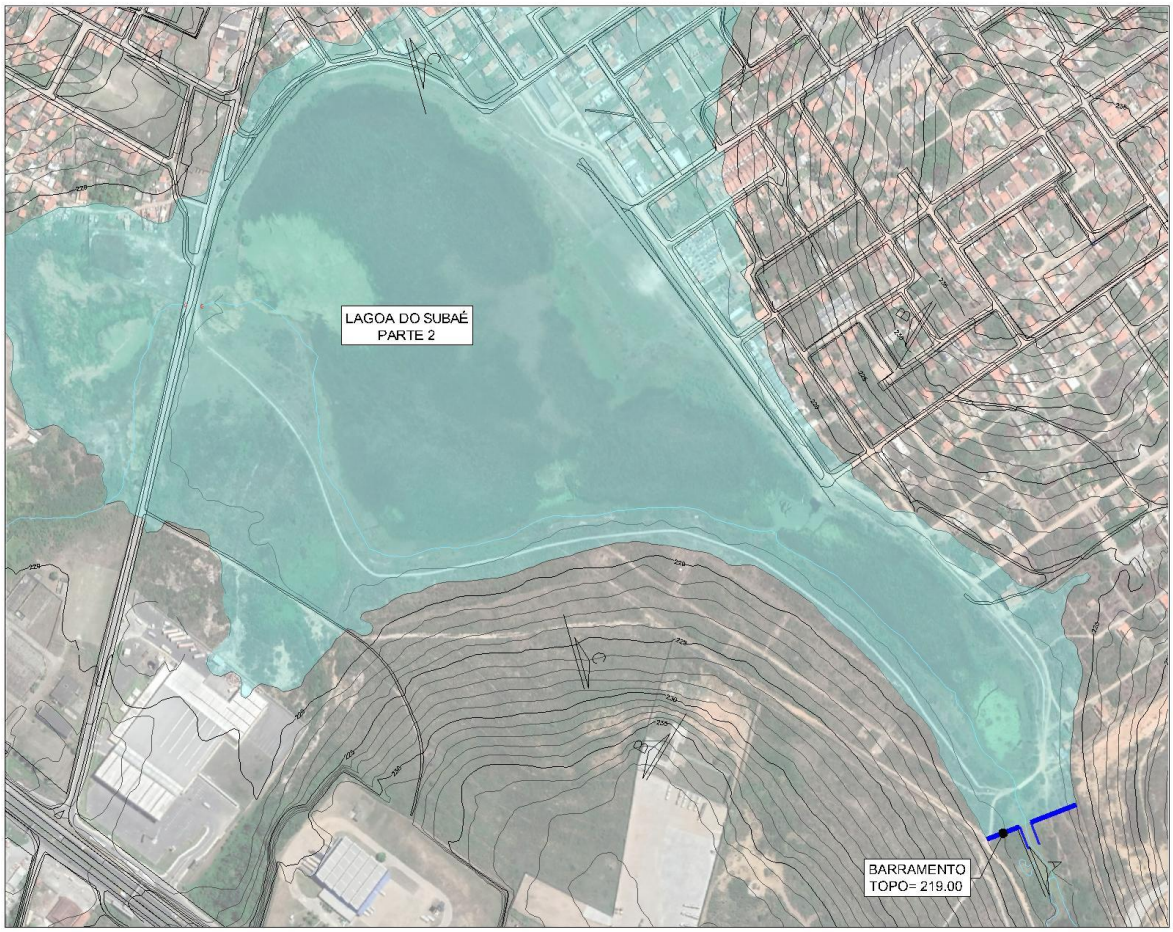
3.1.1.3. Lagoa do Subaé – Parte 2

No conceito deste estudo para esta lagoa são afluentes as vazões já atenuadas pelos processos de amortecimentos delas nos reservatórios das bacias de detenções das Lagoas do Subaé – Parte 1 e da Lagoa Salgada. As intervenções programadas para os extravasores destas lagoas deverão ter capacidades de escoamentos mínimas com a intenção de evitar propagações de fluxos de maiores capacidades para jusante.

Com relação à sua localização na parte superior da sub-bacia **mb_sede_04**, verifica-se que a sua capacidade de deter enchentes geradas na projeção horizontal do limite total dela é limitada quando comparada à área total da bacia em análise. Somando as contribuições provenientes das bacias hidrográficas da Lagoa do Subaé – Parte 1 e Salgada, será responsável pela detenção de aproximadamente 40% das enchentes geradas ao longo da área total da bacia hidrográfica deste córrego na seção considerada neste estudo.

Por outro lado, em função da condição topográfica local, esta lagoa, na forma como preconizada no arranjo geral da proposta de implantação apresentada na Figura 9 tem um volume de aproximadamente 0,41 hm³. Assim, a sua função seria atenuar mais ainda as vazões afluentes, garantindo-se, praticamente, vazões extremamente reduzidas para os trechos de jusante.

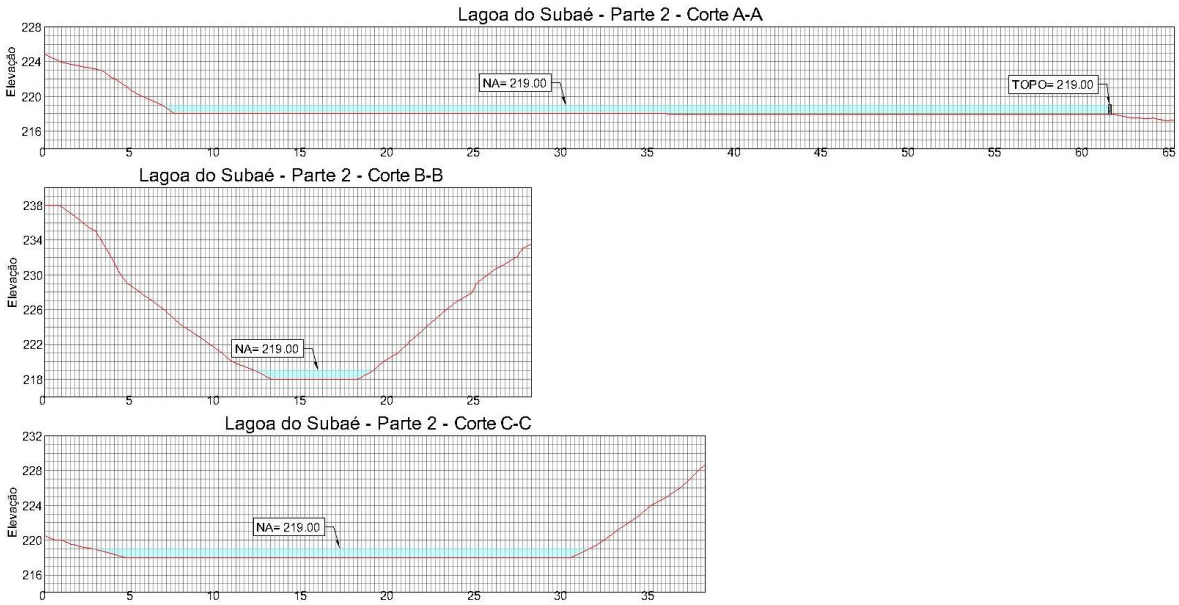
Figura 9 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 2



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Na Figura 10 estão apresentadas seções transversais topográficas desta lagoa, também mostrando que a movimentação de terra prevista para ela é praticamente nula. Esta obra seria construída mediante a utilização de um dique de alvenaria de pedras de curta extensão, com altura máxima de 2,00 m na forma como indicado nos detalhes apresentados nas Figura 5 e Figura 8.

Figura 10 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 2



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

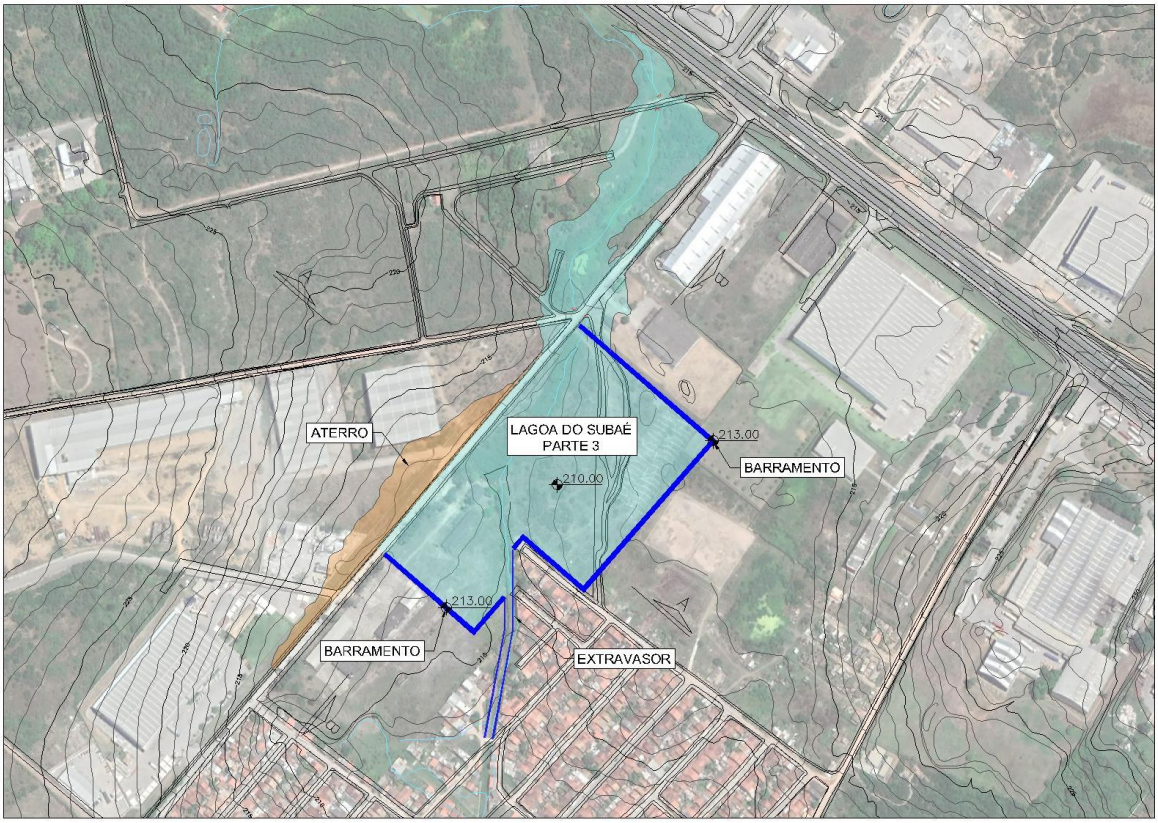
Com esta proposição as vazões geradas nesta sub-bacia a partir desta lagoa até o bairro do Aviário podem ser estimadas como sendo de aproximadamente 60% daquelas definidas no Quadro AAA.

3.1.1.4. Lagoa do Subaé – Parte 3

Esta lagoa está localizada na parte inferior da área da bacia de drenagem objeto dos estudos efetuados, prevista para ser implantada logo a montante do Bairro Aviário. É importante caracterizar que, em parte, deverá utilizar terrenos não alagáveis localizados em áreas mais altas que aqueles definidos como sendo os das margens do córrego. Ao contrário das condições das lagoas descritas até aqui, a obtenção do volume de terraplenagem requerido só será definida através de obras de terraplenagem que deverão ser objeto de estudos específicos.

Na Figura 11 está apresentada a proposta de implantação desta bacia de detenção de enchentes.

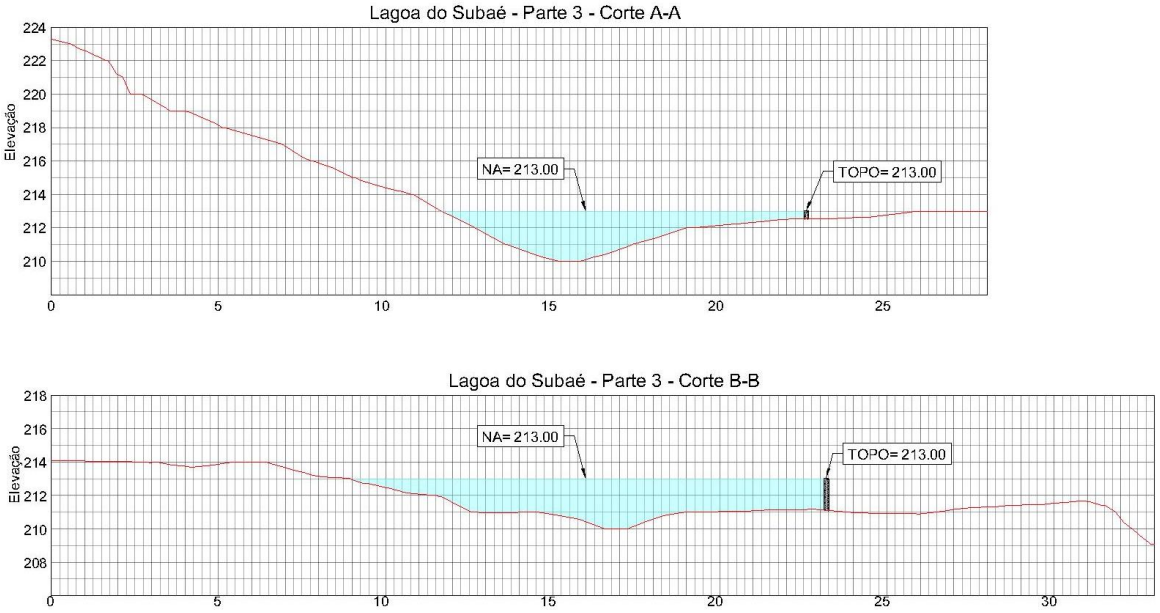
Figura 11 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 3



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Na Figura 12 estão apresentadas as seções de terraplenagem relacionadas a esta proposição.

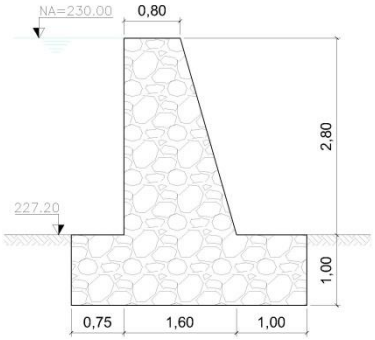
Figura 12 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 3



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

O detalhe do dique de contenção de alvenaria de pedras que está definido com altura máxima de 2,80 m conforme ilustração preliminar apresentada na Figura 13.

Figura 13 - Dique de contenção da Lagoa do Subaé – Parte 3



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Nas configurações definidas neste item está previsto que o volume de detenção de enchentes deste reservatório é de aproximadamente 0,09 hm³, sendo que a construção desta lagoa terá como função atenuar as vazões remanescentes afluentes ao canal existente que atravessa o bairro.

No Quadro 5 estão apresentados os volumes afluentes a esta lagoa que foram estimados considerando uma redução de 40% em relação aos volumes originalmente calculados devido ao processo de atenuação de enchentes previstos nas lagoas de montante.

Quadro 5 - Volumes de águas pluviais afluentes ao reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 3 (hm³)

Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede 07	0,72	0,93	1,12	1,34

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

No Quadro 6 estão indicados os percentuais de eficiências esperados para as detenções das enchentes afluentes a este reservatório considerando os volumes afluentes listados no Quadro 5 em relação ao volume de detenção da lagoa.

Quadro 6 - Potencial de detenção do reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 3 (%)

Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede 07	12,5	9,7	8,0	6,7

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Os resultados encontrados no Quadro 6 indicam que o volume esperado para esta bacia de detenção não é tão eficaz como os das bacias anteriores. Para enchentes com períodos de retorno de 10 anos a expectativa é de sucesso com atenuação de aproximadamente 20% do pico da cheia afluente, enquanto para cheias com períodos de retorno de 100 anos seja de apenas 10%.

Com base nos resultados definidos nesse quadro, as vazões afluentes esperadas para o canal do Bairro Aviário estão definidas no Quadro 7.

Quadro 7 - Vazões afluentes ao canal do Bairro Aviário m³/s)

Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede 07	38,9	53,2	66,6	81,6

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Na Figura 14 está apresentada fotografia deste canal mostrando que a capacidade dele é sempre comprometida por conta do assoreamento derivado de processos erosivos ao longo da bacia hidrográfica e de ocorrências de fluxos de esgotos sanitários que “adubam” e favorecem presenças de plantas aquáticas ao longo da seção de escoamento dele.

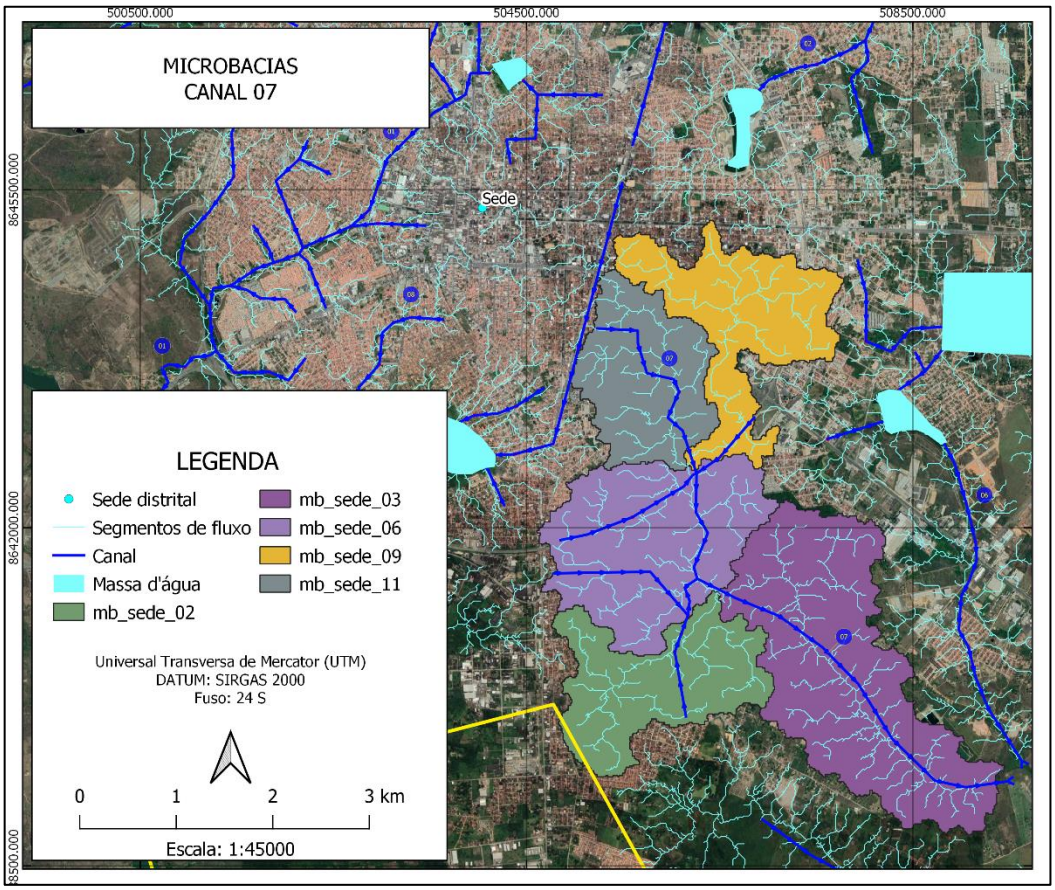
Figura 14 - Vista da seção de escoamento do canal que atravessa o Bairro Aviário

Fonte: Google Earth

3.1.2. Canal 07 – Rio Subaé

Este canal tem sua seção de montante localizada em área de urbanização intensa da sede do município, drenando, até a travessia das pistas do Anel Rodoviário Sul, principalmente as águas pluviais derivadas dos Bairros Capuchinhos, Santa Mônica, Brasília e Jomafa. Neste local estão definidas as sub-bacias **mb_sede_09 e 11** que foram concebidas para a estimativa de vazões nos estudos hidrológicos que foram elaborados no quinto capítulo do Produto 4B. A planta de localização deste canal já foi apresentada na Figura 1, enquanto na Figura 15 está apresentado o mapa com indicação das localizações dos principais córregos componentes deste canal e das sub-bacias estabelecidas para os cálculos de vazões.

Figura 15 - Caracterização das sub-bacias definidas para os estudos hidrológicos



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Após a travessia das pistas do Anel Rodoviário Sul, o traçado do córrego desenvolve-se em vale predominantemente com áreas alagadiças de menor amplitude que aquelas encontradas na bacia hidrográfica do Canal 06 – Rio Subaé, caracterizando uma condição com dificuldades para a preconização de bacias de detenções sem custos excessivos de terraplenagens. Para este trecho do canal são afluentes as águas pluviais derivadas dos bairros Macaúbas, Bandeirantes, Panorama, Feira VII e Cidade Jardim.

Observando-se que neste trecho o canal ainda está com ocupação reduzida das suas margens, é possível que a partir de um planejamento urbanístico eficaz esta condição de dificuldade de instalações de bacias de detenções de volumes significativos não seja parâmetro tão intenso para o comportamento desejável do escoamento em épocas de chuvas intensas. Preservando-se ou restaurando onde necessário as condições naturais da vegetação das suas margens, e se evitando construções de edificações na sua área de preservação ambiental, a condição topográfica local é suficiente para atender à esta particularidade.

As vazões de águas pluviais estimadas no Cenário Prospectivo para todo o trecho em análise, ainda sem expectativa de utilização das bacias de detenções que estão sendo consolidadas neste estudo, estão apresentadas no Quadro 8 a seguir.

Quadro 8 - Vazões estimadas nas sub-bacias estabelecidas (m³/s)

Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede_09	17,0	22,9	28,3	34,8
mb_sede_11	16,3	22,0	27,3	33,6
mb_sede_06	50,9	68,3	84,5	103,5
mb_sede_02	17,7	23,8	29,5	36,2
mb_sede_03	85,7	106,0	131,2	156,3

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Para a continuidade deste estudo estão sendo indicadas intervenções para implantações das Lagoas Subaé – Partes 4, 5 e 6 que serão abordadas em seguida.

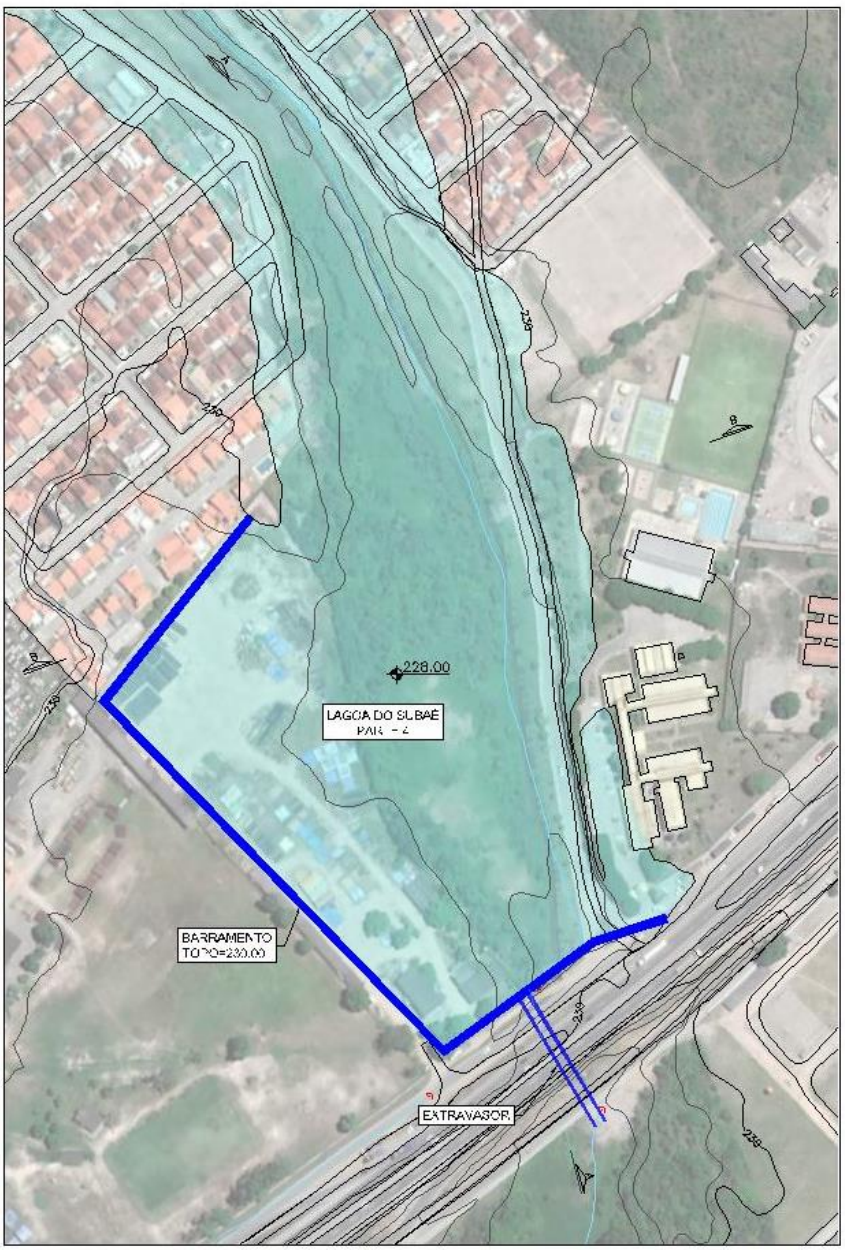
3.1.2.1. Lagoa do Subaé – Parte 4

Por conta da urbanização acentuada dos bairros da parte da bacia hidrográfica até a travessia das pistas do Anel Rodoviário Sul, a interpretação de campo e de imagem de satélite desta área indicou dificuldades para proposição de bacias de detenção de portes neste local, uma vez que haveria a necessidade de um processo com grande quantidade de desapropriações de edificações residenciais e comerciais.

No trecho final da sub-bacia **mb_sede_11**, logo à montante do local em que ocorre a travessia do córrego pelo aterro das pistas do Anel de Contorno Sul, foi identificado terreno com potencialidade para implantação da Lagoa do Subaé – Parte 4, considerando a necessidade de terraplenagem em terreno particular do Estado. Esta lagoa teria como função principal atenuar as vazões para afluentes para o trecho logo após a travessia das pistas onde já se inicia um processo acelerado de urbanização local.

O arranjo geral proposto para esta bacia de detenção está apresentado na Figura 16, sendo que o volume previsto para esse reservatório é de aproximadamente 0,1 hm³.

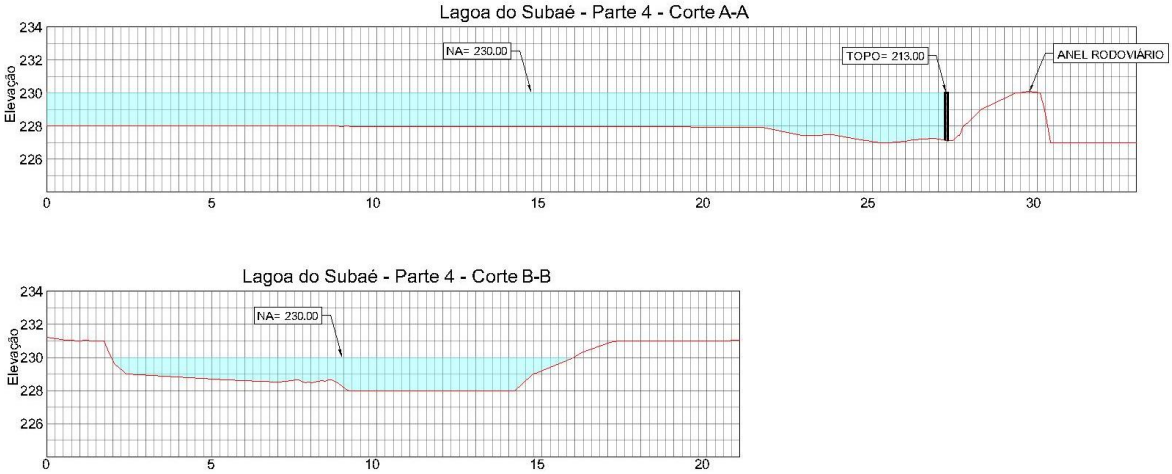
Figura 16 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 4



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Na Figura 17 estão apresentadas as seções de terraplenagem desta lagoa de detenção.

Figura 17 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 4



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

O detalhe do dique de contenção que está definido com altura máxima de aproximadamente 2,80 m é similar àquele que foi definido para a bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 3 na Figura 17.

Para esta lagoa os volumes de águas pluviais correspondentes para a condição de Cenário Prospectivo estão listados no Figura 9.

Quadro 9 - Volumes de águas pluviais afluentes ao reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 4 (hm³)

Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede_09	0,17	0,22	0,27	0,34
mb_sede_11	0,14	0,18	0,22	0,27
Total	0,31	0,40	0,47	0,61

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

No Quadro 10 estão apresentados os resultados encontrados mostrando os percentuais do volume de detenção em relação aos volumes afluentes para períodos de retorno de 10, 25, 50 e de 100 anos. Para evento com período de retorno de 10 anos a vazão de pico atenuada por esta bacia de detenção será de aproximadamente 50% em relação à magnitude da enchente afluente. Na parte extrema superior, para enchente com período de retorno de 100 anos, esta porcentagem seria reduzida para aproximadamente 75%.

Quadro 10 - Potencial de detenção do reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 4 (%)

Sub-bacias de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede_09 e 11	32,2	25,0	21,3	16,4

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Com base nestes resultados, a expectativa de vazões efluentes desta lagoa são os que estão definidos no Quadro 11 a seguir.

Quadro 11 - Vazões efluentes ao reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 4 (m³/s)

Sub-bacias de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede_09 e 11	16,63	26,93	37,82	51,25

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

3.1.2.2. Lagoa do Subaé – Parte 5

Para a área de localização desta lagoa são afluentes as águas pluviais geradas após a atenuação das vazões previstas na Lagoa do Subaé – Parte 4, bem como das sub-bacias mb_sede_06, 02 e de aproximadamente 30% da sub-bacia mb_sede_03.

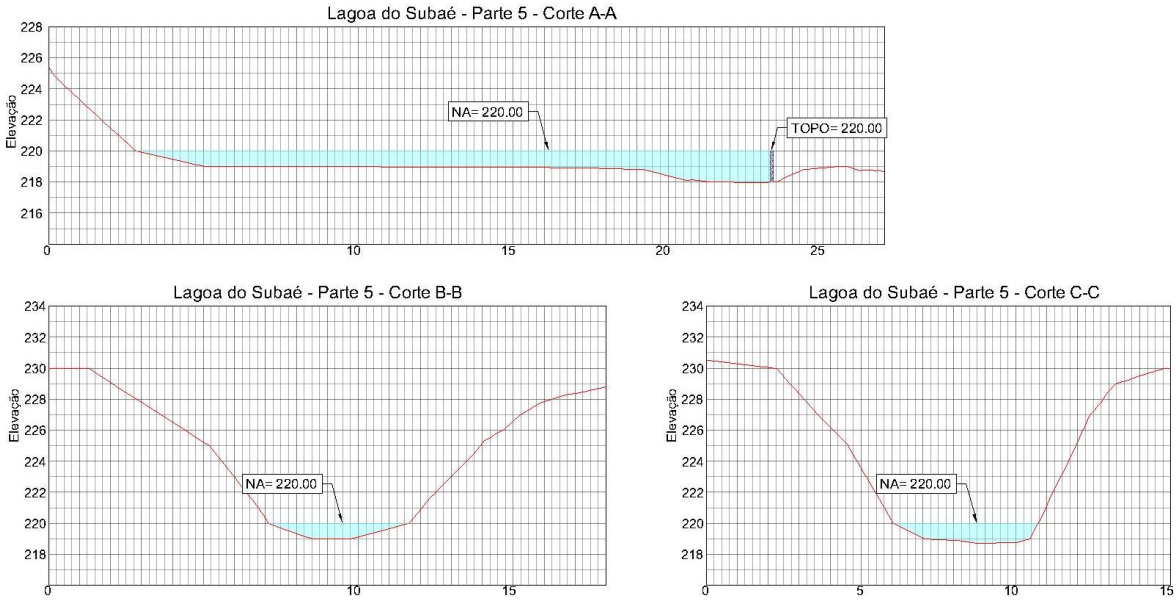
O arranjo geral proposto para esta bacia de detenção está apresentado na Figura 18, sendo que o volume previsto para esse reservatório é de aproximadamente 0,04 hm³.

Figura 18 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 5

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Na Figura 19 estão apresentadas as seções de terraplenagem desta bacia de detenção de enchentes. O detalhe do dique de contenção que está definido com altura máxima de aproximadamente 2,80 m em estrutura de alvenaria de pedras é similar àquele proposto na Figura 13.

Figura 19 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 5



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Para esta lagoa, os volumes de águas pluviais afluentes para a condição de Cenário Prospectivo estão listados no Quadro 12. Para esta análise considera-se que existe uma redução da ordem de 20% nos volumes totais estimados nos estudos hidrológicos que é caracterizada por conta das atenuações derivadas da implantação da Lagoa do Subaé – Parte 4 e porque esta bacia de detenção deverá estar localizada aproximadamente no terço de montante da área da sub bacia **mb_sede_03** na qual será construída.

Quadro 12 - Volumes de águas pluviais afluentes ao reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 5 (hm³)

Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede_03	0,86	1,15	1,41	1,72

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

No Quadro 13 estão indicados os percentuais de eficiências esperados para as detenções das enchentes afluentes a este reservatório considerando os volumes afluentes listados no Quadro 12 em relação ao volume de detenção da lagoa.

Quadro 13 - Potencial de detenção do reservatório da Lagoa do Subaé – Parte 5 (%)

Sub-bacia de controle	Período de retorno			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
mb_sede 07	4,6	3,5	2,8	2,3

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

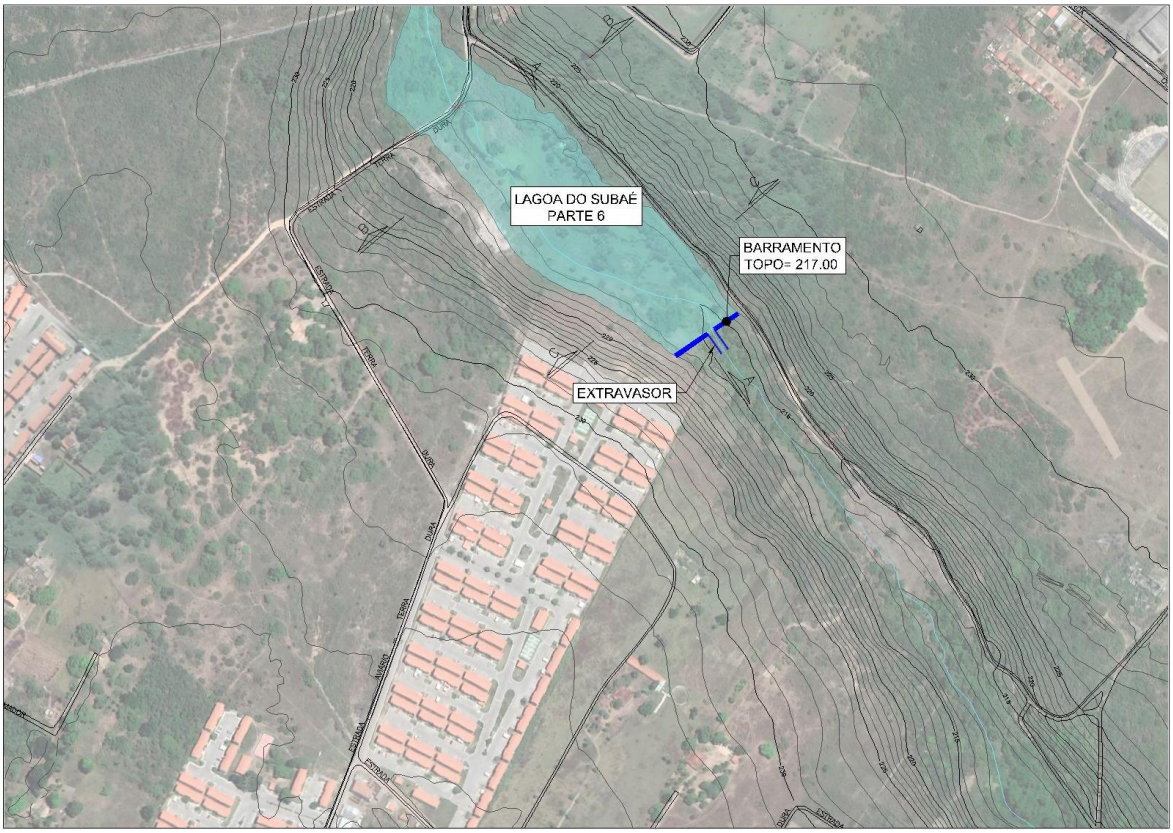
Os resultados encontrados são reduzidos em relação àqueles que foram definidos na apresentação de atividades anteriores. Todavia, o custo também reduzido da obra do barramento proposto que está definido em local que o vale do córrego é favorável à esta situação, justifica que em estudos seguintes esta situação seja analisada com mais detalhes.

3.1.2.3. Lagoa do Subaé – Parte 6

Esta lagoa de detenção é praticamente uma sequência da Lagoa do Subaé – Parte 5. A concepção do estudo propôs assim porque entre estas barragens o fundo do rio tem declividade longitudinal de magnitude que implicaria em pouco ganho de volume de detenção caso se optasse por apenas uma bacia de detenção. Além do mais, iria gerar apenas um dique de altura significativa que implicaria provavelmente em interferências no sistema viário local e em desapropriações de edificações.

O arranjo geral proposto para esta bacia de detenção está apresentado na Figura 20, sendo que o volume previsto para esse reservatório também é de aproximadamente 0,04 hm³.

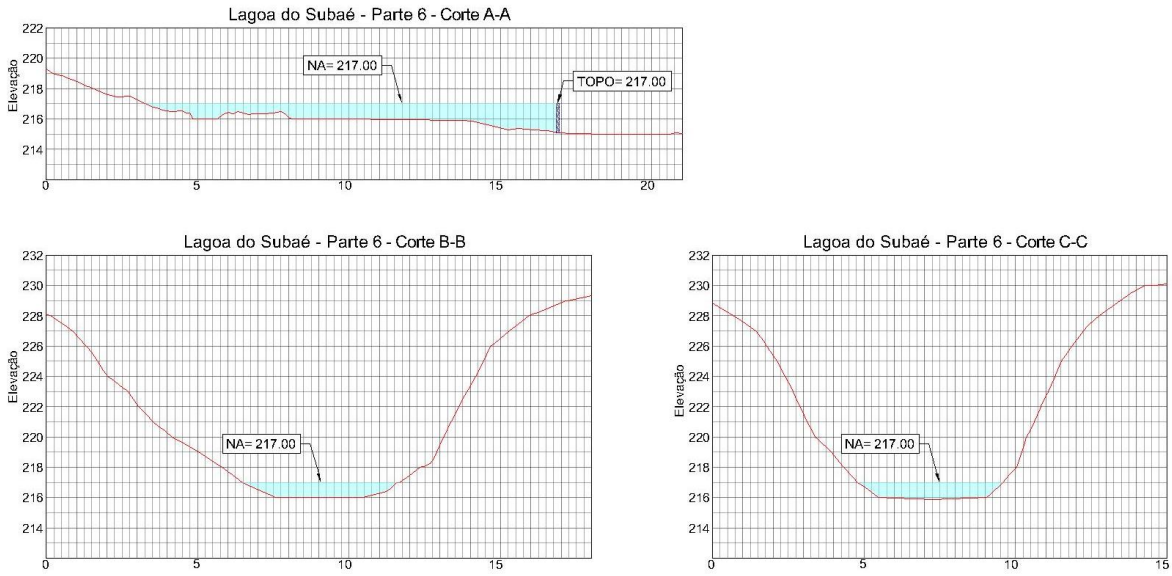
Figura 20 - Caracterização da bacia de detenção da Lagoa do Subaé – Parte 6



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Na Figura 21 estão apresentadas as seções de terraplenagem. O detalhe do dique de contenção que está definido com altura máxima de aproximadamente 2,80 m em estrutura de alvenaria de pedras é similar àqueles propostos para as duas bacias de detenções anteriores.

Figura 21 - Seções de terraplenagem da Lagoa do Subaé – Parte 6



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Em função da sua proximidade com a Lagoa do Subaé – Parte 5, com praticamente nenhum acréscimo de área de bacia de drenagem, e das similaridades dos volumes de detenções estimados, os resultados esperados para a sua eficiência são praticamente aqueles que estão definidos no Quadro 13.

3.1.3. Canal 15 – Tributário do Rio Subaé

Conforme já citado, este canal drena área de expansão da cidade, sendo localizado à esquerda da pista da Rodovia BA-502 no sentido das cidades de Feira de Santana para São Gonçalo dos Campos. A sua bacia de drenagem é responsável, nas partes altas, pelas águas superficiais geradas nos bairros Francisco Pinto e Fraternidade. Predominantemente, a sua bacia de drenagem é caracterizada nas partes baixas por drenar áreas ainda consideradas como rurais.

A condição topográfica local caracteriza que separando as partes alta e baixa da bacia existe um desnível topográfico de aproximadamente 25,00 m de altura que não incentiva a ocupação das partes baixas. A proposta deste plano é que seja configurada uma legislação ambiental de proteção das condições atuais das áreas baixas, deixando que as particularidades da sua topografia plana sejam responsáveis pelos processos naturais de detenções de enchentes para jusante.

4. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

4.1. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Um dos atributos importantes dos rios urbanos é a sua capacidade de ser um elemento integrador do tecido urbano. Eles podem perpassar por grande parte do território devido a sua característica naturalmente linear, e assim cruza bairros, regiões e de alguma maneira conectam a cidade. Quando apropriados, de fato, como bens comuns e valorizados quanto à sua importância ambiental, se transformam num elemento urbano de integração que pode contribuir para diluir um efeito, muito comum na contemporaneidade e no município de Feira de Santana, de fragmentação urbana. Esse efeito tem sido potencializado com a construção de condomínios fechados, que dividem o tecido urbano e quebram a sua continuidade. Esses, dentre outros fatores, contribuem para acentuar a desigualdade social, a segregação socioespacial, a degradação ambiental e a violência e insegurança no meio urbano.

O modelo expansionista de ocupação do solo tem implicado na perda substantiva desse patrimônio natural através de aterramentos e canalizações, sendo indispensável repensar o planejamento urbano e encaminhar ações de mitigação de danos acumulados no tempo e adotar uma outra conduta na relação entre ocupação e meio ambiente. Importante destacar, ainda, que esse modelo de ocupação resultou na expansão da ocupação urbana sobre os recursos hídricos, tanto da população que não tem o seu direito à moradia adequada assegurado, quanto por empreendimento de médio e alto padrões.

Nesse sentido, foram propostas revisões substantivas na legislação urbanística do Município, necessária para uma concepção de cidade respeitosa para com o meio ambiente e com os seus habitantes, além de zelosa para com os recursos públicos. Também são propostas diretrizes e medidas para a reparação plena e integral dos imóveis ocupados por populações vulnerabilizadas, nas situações em que o reassentamento involuntário seja inevitável, sendo sempre necessário esgotar as possibilidades de soluções que evitem tais impactos, pelo que afetam os modos de vida das famílias afetadas.

As diretrizes, assim como os projetos e programas propostos estão diretamente alinhados com características socioambientais do município, além de estarem relacionados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Cumprem, junto com as demais proposições de saneamento propriamente e de proteção e recuperação ambiental, o objetivo de promover e garantir a qualidade ambiental urbana e assegurar a adequação da ocupação às condicionantes do sítio, especialmente quanto ao sistema hídrico.

A definição de uma estratégia de manutenção e recuperação das lagoas e rios urbanos do município é uma medida de extrema importância, principalmente num cenário em que o município ainda conta com recursos ambientais importantes, mas que sofrem continuadamente pressões da ocupação urbana.

A recuperação e proteção das lagoas operam numa perspectiva de convivência harmônica da comunidade com o entorno, tanto na perspectiva ambiental como social. Permitir que

esse patrimônio seja aproveitado a partir de uma urbanização sustentável e equipamentos urbanos, é oferecer à população a possibilidade, através do lazer, convivência, melhoria climática e na qualidade do ar, de estabelecer uma outra relação com esses recursos.

Apresentam-se, nas fichas a seguir, as diretrizes específicas associadas à ocupação urbana, direito à moradia digna, e articulação da urbanização com o manejo do sistema de rios e lagoas de Feira de Santana. Em seguida são apresentados programas específicos propostos para a área. São propostas diretrizes específicas com relação aos seguintes temas:

- Estratégias e diretrizes associadas à Ocupação urbana - Quadro 14 e Quadro 15;
- Estratégias e diretrizes associadas ao Direito a moradia digna - Quadro 16;
- Estratégias e diretrizes associadas ao Manejo das Lagoas e Rios - Quadro 17;

O Quadro 17, o Quadro 19 e o Quadro 20 trazem as informações dos programas propostos relacionados ao reassentamento involuntário, proteção das lagoas e integração dos rios, respectivamente.

Quadro 14 - Estratégias e diretrizes associadas à Ocupação urbana – Revisão do PDDU e da LOUOS

Tema geral:	Ocupação urbana
Tema específico	**Revisão do PDDU e da LOUOS**
Estratégia	
Definição de diretrizes e instrumentos, na legislação urbanística, que minimizem as pressões da ocupação urbana sobre os recursos hídricos e reduza o volume de efluentes direcionados para o sistema público de drenagem urbana.	
Diretrizes	
Revisão geral do Plano Diretor e da Lei de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo incorporando diretrizes, instrumentos e parâmetros urbanísticos que levem em conta os efeitos da ocupação urbana no sistema público de drenagem e sobre os recursos hídricos, incluindo os rios e as lagoas.	
Estabelecimento de diretrizes que contribuam na redução da ocorrência de problemas críticos de inundação, enchentes ou alagamentos, incentivando a gestão integrada de bacias hidrográficas.	
Definição de regras urbanísticas que evitem e/ou retardem a entrada da água na rede pública de drenagem de águas pluviais.	
Estabelecimento de diretrizes e parâmetros que possibilitem reduzir o volume de efluentes para o sistema público de drenagem.	
Revisão conceitual do PDDU com vistas à adoção de princípios de sustentabilidade e de um modelo de ocupação menos expansionista e mais cioso para com os recursos ambientais, especialmente os recursos hídricos.	
Garantia de participação social em todo o processo de revisão do PDDU e da LOUOS.	

Tema geral:	Ocupação urbana
Tema específico	**Revisão do PDDU e da LOUOS**
Revisão de todos os mapas do PDDU e da LOUOS de modo que os limites das zonas fiquem mais precisos e que sejam incluídos em todos os mapas o sistema hídrico e suas respectivas Áreas de Preservação Permanente.	
Objetivo geral:	Garantir melhor relação entre a ocupação urbana e meio ambiente a partir de uma prática de planejamento e gestão urbana que incorporem o princípio da sustentabilidade.
Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	Objetivo 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis
Objetivos específicos:	Revisar o PDDU atendendo plenamente às diretrizes da Lei 10.257/ 2001, com especial atenção na relação entre a ocupação urbana e a proteção e preservação dos recursos hídricos.
	Revisar a LOUOS de modo que guarde conformidade em relação ao PDDU.
	Garantir, na legislação urbanística, as diretrizes para a implementação dos instrumentos jurídico-urbanísticos e a definição das áreas onde serão aplicados, atendendo à Resolução n. 34/ 2005 do Conselho Nacional das Cidades
	Definir, no PDDU, os projetos estruturantes prioritários, estabelecendo as diretrizes pertinentes.
Instrumentos	
Instrumentos previstos no Art. 42 a Lei 10.257/ 2001.	
Planos a serem elaborados	
PDDU (revisão)	
Programas a serem elaborados	
Não se aplica	
Projetos a serem elaborados	
Não se aplica	
Ações	
Análise do PDDU com vistas à identificação de lacunas frente ao que dispõe a Lei 10.257/ 2001.	
Análise da LOUOS e da compatibilidade das suas diretrizes e parâmetros ao PDDU.	
Revisão desses instrumentos considerando os princípios da drenagem sustentável.	
Revisão do zoneamento.	

Tema geral:	Ocupação urbana
Tema específico	**Revisão do PDDU e da LOUOS**
Revisão das ZEIS, incluindo todas as áreas ocupadas por população de baixa renda e em situação de irregularidade fundiária e precariedade urbanística.	
Definição, no PDDU, das áreas de aplicação dos instrumentos previstos no Estatuto da Cidade assim como as diretrizes de implementação, estabelecendo-se prazos para a regulamentação.	
Revisão dos perímetros das áreas urbanas da sede e das vilas dos demais distritos, adotando-se uma concepção menos expansionista e que melhor aproveite a infraestrutura implantada, contribuindo para conter processos especulativos de terras.	
Criação de mecanismos, na LOUOS, que imponha aos empreendedores, a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, estabelecendo parâmetro de área impermeabilizada acima da qual essa obrigatoriedade fique estabelecida.	
Concepção de um sistema de espaços verdes formando, sempre que possível, corredores que envolvam os recursos hídricos.	
Definição de diretrizes para assegurar a visibilidade dos sistemas hídricos nas áreas urbanas.	
Revisão total da cartografia, tanto do PDDU, quanto da LOUOS.	
Ações previstas no PDDU 2018	
Regulamentação	
Definição de índices de permeabilidade para as zonas;	
Regulamentação de normas para o emprego de materiais que permitam a permeabilidade;	
Regulamentação de medidas de fomento (ex. IPTU Verde);	
Revisão e adequação à legislação voltada à proteção da drenagem, estabelecendo parâmetros de tratamento das áreas de interesse, tais como faixas sanitárias, várzeas, e aquelas destinadas à futura construção de reservatórios;	
Elaboração de Lei Municipal específica acerca dos dispositivos de retenção e retardamento de águas pluviais para novos empreendimentos, considerando: a) reservatórios de retenção cobertos ou descobertos, podendo ter tratamento superficial adequado para uso como espaços livres de lazer, quando vazios; b) terrenos com superfície e subsolo mantidos permeáveis, através de ajardinamento ou pisos drenantes, em percentuais superiores ao mínimo exigido pelas normas de ocupação da zona onde se localiza o empreendimento; c) combinações de reservatórios e terrenos permeáveis; d) reservar área para implantação de dispositivos de retenção e retardamento das águas pluviais dentro de glebas a serem loteadas para fins urbanos, a critério do órgão da administração direta ou indireta do Poder Executivo Municipal, que analisará e aprovará os respectivos projetos com suas características técnicas e localização	
Disciplinamento da ocupação das cabeceiras e várzeas das bacias do Município, preservando a vegetação existente e visando a recuperação;	
Estudos	
Ampliação da geração de dados e conhecimento dos processos hidrológicos: a) pontos de alagamento; b) áreas de interesse para drenagem e manutenção da permeabilidade como parques lineares, espaços para recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa; c) cadastro físico das redes de macro e microdrenagem de águas pluviais do Município, visando melhor fiscalização do uso do solo nas faixas sanitárias, várzeas e áreas de inundação	
Desenvolvimento de projetos de ampliação da rede pública de drenagem de águas pluviais urbanas e desobstrução dos existentes	

Tema geral:	Ocupação urbana
Tema específico	**Revisão do PDDU e da LOUOS**
Delimitação cartográfica das bacias hidrográficas e de drenagem compreendidas no território de Feira de Santana, estabelecendo-as como unidades de planejamento, informação e gestão ambiental, de modo a favorecer a integração das políticas, planos e ações municipais e intergovernamentais pertinentes às águas urbanas, em conformidade com as cartas do Inema/SEMA.	
Controle social e participação popular	
Promoção de campanhas de participação popular com as comunidades para o planejamento, a implantação e a operação das ações contra inundações.	
Estabelecimento de campanhas de esclarecimento público e sensibilização das comunidades no planejamento, implantação e operação das ações de manejo das águas pluviais e drenagem, buscando incrementar políticas ecoeficientes para captação de águas pluviais e reutilização de águas servidas;	
Fiscalização e monitoramento	
Fiscalização de transporte e deposição de resíduos de construção e demolição e resíduos sólidos domiciliares e públicos;	
Coibição do lançamento de lixo e esgoto na rede de drenagem;	
Ampliação da geração de dados e conhecimento dos processos hidrológicos nas bacias hidrográficas e de drenagem natural do território feirense através da construção de um sistema de informação municipal;	
Áreas de Valor Ambiental	
Preservação das áreas livres	
Combate ao desmatamento e à formação de novos assentamentos precários;	
Intensificação da fiscalização e controle da ocupação de várzeas e áreas de preservação permanente ao logo dos cursos, lagoas, e demais espelhos d'água, preservando a vegetação existente	
Recuperação de várzeas e matas ciliares	
Criação de parques lineares	
Tecnologias, manutenção e monitoração	
Implantação de dispositivos de retenção e reuso de águas pluviais nos empreendimentos e o uso de tecnologias ecoeficientes a exemplo de "jardins de chuva" (Sistema de Biorretenção) e passeios com pisos drenantes, bem como a manutenção e monitoração preventiva e periódica, seguindo as orientações do Plano Preventivo de Defesa Civil e do Plano Municipal de Saneamento básico.	
Implantação de sistemas de retenção temporária das águas pluviais, desassoreamento, limpeza e manutenção dos cursos d`água, canais e galerias do sistema de drenagem	
Investimento na renaturalização e melhorias das calhas fluviais e na recuperação dos sistemas de macro e microdrenagem;	
Construção de reservatórios de contenção de cheias e excessos de águas de chuvas, contribuindo para sua infiltração	
Habitações de Interesse Social	
Redução do impacto da urbanização sobre o regime natural dos cursos d`água, através da orientação da expansão da cidade, de modo a evitar a ocupação de áreas alagáveis;	
Atendimento do sistema de macrodrenagem em todos os empreendimentos públicos e privados aprovados pelos órgãos competentes;	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Quadro 15 - Estratégias e diretrizes associadas à Ocupação urbana – Estudo de Impacto de Vizinhança

Tema geral:	Ocupação urbana
Tema específico	**Estudo de Impacto de Vizinhança**
Estratégia	
Realização de estudos de impacto de vizinhança em todos os projetos de drenagem e controle de cheias potencialmente causadores de impactos na paisagem, na saúde da população, no adensamento urbano e alterações no uso e ocupação do solo, na valorização imobiliária e em outros aspectos relacionados à configuração urbanística e qualidade urbana ambiental. O estudos está previsto na Lei 10.277/ 2001 – Estatuto da Cidade – que estabelece, em seu Artigo1º, a obrigatoriedade da apresentação, por parte do empreendedor, à administração municipal, do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), bem como do respectivo Relatório de Impacto de Vizinhança (RPIV). Colocam-se, portanto, como condição para concessão de licenças para empreendimentos e atividades geradoras de impacto, públicas ou privadas localizadas em áreas urbanas ou rurais. Conforme determina o Estatuto da Cidade, o Estudo de Impacto de Vizinhança deve contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, incluindo estudos orientados para as seguintes questões: I – adensamento populacional; II – equipamentos urbanos e comunitários; III – uso e ocupação do solo; IV – valorização imobiliária; V – geração de tráfego e demanda por transporte público; VI – ventilação e iluminação; VII – paisagem urbana e patrimônio natural e cultural. O estudo se assemelha ao mais antigo e conhecido Estudo de Impacto Ambiental, mas traz com especificidade a análise de impactos que interferem na qualidade ambiental urbana, avaliando o quanto o empreendimento potencialmente impactante poderá alterar a configuração urbanística, a dinâmica urbana e a qualidade da área da cidade afetada com o projeto em todas as suas fases.	
Diretrizes	
Exigência e realização, nos projetos de drenagem e controle de cheias, da realização do Estudo de Impacto de Vizinhança, promovendo, caso necessário, alterações na concepção visando à redução ou eliminação dos impactos, sobretudo aqueles que afetem populações vulnerabilizadas e sempre na busca de soluções alinhadas aos princípios da drenagem sustentável. Garantia da participação social em todas as etapas do processo de elaboração do EIV e ampla divulgação dos resultados. Garantia do controle social na implementação das medidas de mitigação ou compensação.	

Tema geral:	Ocupação urbana
Tema específico	**Estudo de Impacto de Vizinhança**
Objetivo geral:	Garantir melhor relação entre a ocupação urbana e meio ambiente a partir de uma prática de planejamento e gestão urbana que incorpore o princípio da sustentabilidade.
Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	Objetivo 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis
Objetivos específicos:	Assegurar que impactos negativos dos projetos de drenagem e controle de cheias sejam avaliados e devidamente evitados ou mitigados e que os impactos positivos sejam potencializados, com vistas à manutenção ou melhoria da qualidade urbana e ambiental. Contribuir na adequada gestão do uso e ocupação do solo. Garantir, na legislação urbanística, as diretrizes para a implementação dos instrumentos jurídico-urbanísticos e a definição das áreas onde serão aplicados, atendendo à Resolução n. 34/ 2005 do Conselho Nacional das Cidades Orientar soluções técnicas que assegurem o alinhamento aos princípios da drenagem urbana sustentável.
Instrumentos	
Instrumentos previstos no Art. 42 a Lei 10.257/ 2001.	
Planos a serem elaborados	
PDDU (revisão)	
Programas a serem elaborados	
Não se aplica	
Projetos a serem elaborados	
Não se aplica	
Ações	
Análise do PDDU com vistas à identificação de lacunas frente ao que dispõe a Lei 10.257/ 2001 quanto ao EIV. Análise da LOUOS e da compatibilidade das suas diretrizes e parâmetros ao PDDU quanto ao EIV. Revisão das diretrizes considerando os princípios da drenagem sustentável. Adequação e regulamentação do instrumento EIV frente às especificidades do Município.	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Quadro 16 - Estratégias e diretrizes associadas ao Direito a moradia digna

Tema geral:	Direito à Moradia Digna
Tema específico	**Reassentamento Involuntário**
Estratégia	
Evitar ou minimizar situações de despejos forçados em decorrência da implantação de projetos de macrodrenagem e, quando necessário, assegurar a reparação plena e integral às famílias afetadas.	
Diretrizes	
Priorização de soluções para sistemas de drenagem que evitem ou reduzam os impactos de remoções involuntárias. Envolvimento das famílias impactadas na discussão das soluções de drenagem que afetem as suas vidas, especialmente quando se tratar de desapropriações.	
Reduzir ao mínimo necessário o número de imóveis impactados, buscando sempre que possível as soluções técnicas que reduzam o número de relocações.	
Reparação plena e integral a todas as famílias, independente da situação fundiária do terreno, do vínculo com o imóvel, podendo ser proprietário, posseiro, meeiro, locatário ou ocupante, do tempo de residência.	
Garantia da participação social das famílias afetadas e de informação em todo o processo de reassentamento involuntário.	
Reparação dos bens materiais e simbólicos. Reassentamento de todas as famílias afetadas antes do início das obras. Oferta de alternativas de garantia de moradia diversificadas às famílias, considerando o perfil socioeconômico e especificidades culturais, com total liberdade de escolha pelas famílias. Reconhecimento, respeito e consideração aos diversos arranjos familiares existentes, e pactuação da modalidade de atendimento entre os membros maiores de idade, respeitados os direitos e as vontades dos adolescentes e crianças. Reconhecimento, respeito e consideração à condição da mulher, de pessoas LGBTQ+ e de pessoas deficientes no arranjo familiar, considerando as opressões estruturais que esses grupos sofrem socialmente e na esfera privada. Consideração à especificidades de comunidades tradicionais, suas práticas culturais e religiosas e espaços onde são realizados e suas relações com o território. Garantia de que as condições de moradia na nova locação sejam melhores do que as condições encontradas no imóvel afetado. Garantia de que os custos do novo imóvel não sejam repassados para a família afetada. Garantia, no caso de desapropriação, da elaboração de cadastro e laudo de avaliação e do pagamento em dinheiro e antecipado, das indenizações do imóvel, considerando todas as benfeitorias, acrescidas de compensação dos impactos sociais e culturais, cuja metodologia de cálculo dever ser definida no Programa.	
Garantia, no caso de reassentamento em conjunto habitacional, que o mesmo seja executado em terreno próximo ao local de origem das famílias e que sejam assegurados a infraestrutura completa e o acesso a equipamentos e serviços básico de saúde, educação, lazer, transporte e outros.	

Tema geral:	Direito à Moradia Digna
Tema específico	**Reassentamento Involuntário**
Garantia de alternativa de trabalho e renda para as famílias afetadas, assegurando que terão condições adequadas de sustento na nova moradia.	
Objetivo geral:	Evitar ou minimizar situações de reassentamento involuntário em projetos de infraestrutura urbana, especialmente nos projetos de drenagem e, quando inevitável, assegurar a reparação plena e integral.
Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	Objetivo 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis
Objetivos específicos:	Evitar ou minimizar situações de reassentamento involuntário em projetos de infraestrutura urbana, especialmente nos projetos de drenagem.
	Garantir que em situações de reassentamento sejam asseguradas melhores condições urbanas às famílias em relação às condições da moradia no local de origem, atendendo plenamente ao que dispõem os Comentários gerais nº 4 e 7 do Conselho de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais da ONU e outras resoluções pertinentes.
	Garantir a reparação plena e integral às famílias afetadas por projetos de infraestrutura urbana.
Instrumentos	
Zonas Especiais de Interesse Social Reassentamento Metodologia de cálculo para a reparação plena e integral que apure perdas materiais e simbólicas	
Planos a serem elaborados	
Plano de Reassentamento	
Programas a serem elaborados	
Programa de Reparação Plana e Integral em Reassentamentos Involuntários	
Projetos a serem elaborados	
Projeto de Reassentamento que deve incluir: cadastro censitário dos imóveis afetados, seja total ou parcialmente; análise do perfil social das famílias afetadas e caracterização de situações de vulnerabilidade; oferta de soluções diferenciadas para compensação; oferta de moradia próxima ao local de residência original nos casos de reassentamento, consideração à situações de cohabitação, com garantia de moradia digna para cada uma das famílias cohabitantes.	
Ações	
Elaboração do Programa de Reparação Plena e Integral em Reassentamentos Involuntários Elaboração de Plano de Reassentamento que deve incluir as seguintes ações específicas: caracterização dos imóveis afetados, seja total ou parcialmente; análise do perfil social das famílias afetadas e caracterização de situações de vulnerabilidade; oferta de soluções	

Tema geral:	Direito à Moradia Digna
Tema específico	**Reassentamento Involuntário**
diferenciadas para compensação; oferta de moradia próxima ao local de residência original nos casos de reassentamento, consideração à situações de cohabitação, com garantia de moradia digna para cada uma das famílias cohabitantes.	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Quadro 17 - Programa de Reassentamento Involuntário

PROGRAMA DE REASSENTAMENTO INVOLUNTÁRIO	
Justificativa	
Grande parte dos projetos de macrodrenagem urbana produzem impactos relativos a reassentamentos involuntários. Esses processos, em regra conflitivos, são encaminhados muitas vezes sem as necessárias salvaguardas sociais, desconsiderando normas internacionais e mesmo as diretrizes da política urbana e habitacional. Este programa se justifica, principalmente, pela necessidade de estabelecer o regramento para que esses processos, quando inevitáveis, ocorram mediante reparação plena e integral das perdas, apuradas à luz da justiça social e do direito à cidade e atentando para as especificidades das populações e grupos sociais atingidos.	
Objetivos	
Evitar ou minimizar situações de reassentamento involuntário em projetos de infraestrutura urbana, especialmente nos projetos de drenagem.	
Garantir a reparação plena e integral em casos de reassentamento involuntário.	
Garantir que em situações de reassentamento sejam asseguradas melhores condições urbanas às famílias em relação às condições da moradia no local de origem, atendendo plenamente ao que dispõem os Comentários gerais nº 4 e 7 do Conselho de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais da ONU e outras resoluções pertinentes.	
Ações diretas	**Ações indiretas**
Realização de estudos sobre os contextos dos impactos dos grandes projetos previstos para as áreas urbanas do Município.	Revisão do PDDU
Realização de estudos socioeconômicos.	Regulamentação do estudo de impacto de vizinhança determinando a obrigatoriedade sempre que o projeto resultar em situações de reassentamento involuntário.
Definição das diretrizes para o reassentamento involuntário que considerem as disposições previstas nas normas internacionais e na legislação brasileira, tendo em vista o direito constitucional à moradia.	Revisão do Plano de Habitação de Interesse Social com o estabelecimento de diretrizes para situações de reassentamento involuntário.
Previsão de cadastro socioeconômico e físico e de laudo de avaliação que considere perdas materiais e simbólicas.	
Previsão de participação social das famílias afetadas e transparência das informações em todo o processo, garantindo o conhecimento do projeto e o quanto afeta cada uma das famílias.	

PROGRAMA DE REASSENTAMENTO INVOLUNTÁRIO	
Elaboração de manual para orientar o reassentamento involuntário	
Elaboração de versão do Plano de Reassentamento Involuntário em formato de cartilha.	
Definição da metodologia de cálculo para reparação plena e integral, considerando as perdas materiais e simbólicas.	
Estabelecimento de diretrizes especiais para os casos de ZEIS e comunidades tradicionais.	
Previsão, em todos os projetos de infraestrutura que afetem famílias vulnerabilizadas, de Projeto de Reassentamento Involuntário elabordo com a participação das famílias afetadas em todas as etapas.	
Elaboração de projeto de lei para instituição do Programa de Reassentamento Involuntário.	
Programação e horizonte de implementação	**Agentes envolvidos**
Elaboração dos estudos	Prefeitura Municipal de Feira de Santana
Elaboração das diretrizes, instrumentos e parâmetros para a reparação plena e integral.	
Prazo: 2022-2025	
	Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração
Disponibilização pública de todos os projetos de infraestrutura.	Famílias em situação de risco de inundação - 2 anos
Criação de Observatório de Reassentamentos Involuntários, com a participação da sociedade civil e vinculado ao Conselho da Cidade.	Famílias impactadas por projetos de infraestrutura urbana/ ano - 1 ano
	ZEIS regulamentadas, regularizadas e urbanizadas - 1 ano
Prováveis fontes de financiamento	**Custos estimados**
Prefeitura Municipal de Feira de Santana	R$ 1.200.000,00 (um milhão e duzentos mil reais)
Programa Citties Alliance da Organização das Nações Unidas	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Quadro 18 - Estratégias e diretrizes associadas ao Manejo das Lagoas e Rios

Tema geral:	Manejo das Lagoas
Tema específico	**Urbanização articulada com manejo das águas pluviais**
Estratégia	
Fomentar projetos e ações de urbanização que favoreçam a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, priorizando as intervenções em áreas críticas de inundação e a adoção de medidas estruturais com soluções que busquem a sustentabilidade.	
Diretrizes	
Concepção de projetos de urbanização articulados aos projetos de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas evitem ou minimizem a ocorrência de problemas de inundação, enchentes ou alagamentos, incentivando a gestão integrada de bacias hidrográficas. Promoção progressiva de configurações urbanísticas que deem visibilidade aos rios e lagoas da cidade, integrando esses recursos à paisagem e proporcionando legibilidade à cidade com a criação de referências significativas. Promoção de melhorias na qualidade ambiental e paisagística da cidade.	
Objetivo geral:	Garantir melhor relação entre desenvolvimento urbano e meio ambiente a partir de práticas sustentáveis, atuando diretamente nas lagoas, rios e áreas de preservação.
Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	Objetivo 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis
Objetivos específicos:	Conservar e valorizar lagoas e rios urbanos
	Reduzir a reincidência ocupações irregulares em áreas de risco e de preservação ambiental.
	Estabelecer espaços públicos inclusivos e sustentáveis por meio de intervenções urbanas integradas com o meio ambiente.
	Reduzir o impacto ambiental ocasionado pela gestão e pelo uso inadequados do meio ambiente ocupado.
Instrumentos	
Transferência do Direito de Construir	
Outorga Onerosa do Direito de Construir Planos Urbanísticos	
Zonas Especiais de Interesse Cultural e Paisagístico	
Zonas Especiais de Interesse Social	

Tema geral:	Manejo das Lagoas
Tema específico	**Urbanização articulada com manejo das águas pluviais**
Planos a serem elaborados	
Planos Urbanísticos em bordas de lagoas e rios em trechos urbanos	
Programas a serem elaborados	
Programa de Proteção e Valorização das Lagoas Programa de Integração dos Rios Urbanos à Cidade	
Projetos a serem elaborados	
Parque Lagoa Salgada Parque Lagoa do Subaé Parque Linear Rio Subaé	
Ações	
Identificação de áreas com potencialidade de urbanização e implantação de equipamentos urbanos nas margens de rios e lagoas urbanos Projetos de urbanização para apropriação e uso sustentável de lagoas e rios urbanos Definição de área de APP nas áreas de lagoas e rios urbanos com sinalização visível. Reassentamento de famílias residentes em áreas de risco em área próxima ao local original de residência	
Definição de área de Unidades de Conservação ou Parques Urbanos em áreas contíguas às lagoas incorporando as áreas alagáveis	
Intensa fiscalização nos vetores de crescimento localizados próximos a áreas de lagoas	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Quadro 19 - Programa de Proteção e Valorização das Lagoas

PROGRAMA DE PROTEÇÃO E VALORIZAÇÃO DAS LAGOAS
Justificativa
O município de Feira de Santana apresenta uma grande riqueza ambiental devido ao número considerável de lagoas em seu território. A preservação e manutenção adequada desses corpos hídricos garante a qualidade ambiental e prevenção de problemas de infraestrutura urbana como alagamentos e inundações, que já ocorrem na cidade. O município apresenta um histórico de ocupações irregulares de áreas de lagoa em períodos de secas, que posteriormente se tornam problemas urbanos ainda maiores. Em períodos de chuvas, as lagoas voltam a encher e essas construções que cresceram descontroladamente e se consolidaram sofrem diretamente por estarem ocupando áreas de risco. Importante salientar que o Município mostra intenso processo de crescimento urbano e, na bacia do Subaé, esse crescimento se intensifica nas proximidades da Av. Nóide Cerqueira, vetor de expansão no sentido sudeste, e a sua proximidade com a Lagoa Salgada exige um olhar mais cuidadoso e aproximado para as prováveis futuras transformações nessa região.
Objetivos
Implementar ações e medidas para conservação e valorização das lagoas;

PROGRAMA DE PROTEÇÃO E VALORIZAÇÃO DAS LAGOAS	
Possibilitar o uso e fruição dos recursos hídricos pela população, através de equipamentos urbanos para convívio, lazer e turismo;	
Integrar as lagoas à paisagem da cidade.	
Poligonal dos projetos	
Ações diretas	**Ações indiretas**
Definição de área de APP nas áreas de lagoas e alagáveis	Fiscalizações constantes nas áreas de expansão urbana e vetores de crescimento
Definição de Unidades de Conservação ou Parque Urbano em áreas contíguas às lagoas e áreas alagáveis.	Programa de habitação de interesse social para famílias residentes em situação de risco em área próxima ao local original de residência.
Cadastro e catalogação das lagoas ainda não registradas	Criação de programa de incentivo ao turismo e educação ambiental, a fim de conscientizar os habitantes quanto à importância das lagoas e rios urbanos para o equilíbrio ambiental
Intensa fiscalização nos vetores de crescimento localizados próximos a áreas de lagoas	Incentivo a pesquisa a fim de gerar conhecimento sobre a biodiversidade presente nas lagoas e rios e seus entornos, que contribuam para a conservação desses recursos.
Urbanização para uso sustentável das margens das Lagoa Salgada, Lagoas do Subaé I e II, garantindo a participação dos habitantes na elaboração dos projetos.	

PROGRAMA DE PROTEÇÃO E VALORIZAÇÃO DAS LAGOAS	
Reassentamento de população residente em ocupações irregulares em área de risco na Lagoa Salgada.	
Programação e horizonte de implementação	**Agentes envolvidos**
	Prefeitura Municipal de Feira de Santana
O programa deve prioritariamente agir nas Lagoa Salgada e Lagoa do Subaé I e II que são de maior porte e estão localizadas em áreas mais urbanizadas e pelos riscos que existem de adensamento por ocupações irregulares.	
Prazo: 2026-2030	
Estratégia de monitoramento	**Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração**
Estabelecimento de sistema de fiscalização das áreas de proteção e proximidades	Área de APP recuperada (5 anos).
Dar prioridade a recuperação de áreas de preservação permanente (APP)	Extensão de área urbanizada nas margens de rios (5 anos).
Implantar equipamentos que possibilitem lazer, convívio e contemplação das áreas de lagoa.	Casos de ocupações irregulares nas áreas de APPs dos rios (cinco anos).
Prováveis fontes de financiamento	**Custos estimados**
Governo Federal	56.000.000,00 (cinquenta e seis milhões de reais).

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Quadro 20 - Programa de Integração dos Rios Urbanos à Cidade

PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO DOS RIOS URBANOS À CIDADE
Justificativa
Assim como as lagoas, os rios urbanos são uma importante riqueza ambiental para o município de Feira de Santana. A preservação desses cursos d'água é de extrema importância social, urbana e ambiental. Sendo assim, necessário o estabelecimento de um bom convívio entre o patrimônio natural e a ocupação urbana. Ao tornar os rios urbanos como parte representativa do tecido urbano e conscientizando a população sobre sua importância ambiental, os rios poderão ser preservados e vistos como um valor pela população.
Objetivos
Propor ações e medidas para conservação, integração e valorização dos rios urbanos.
Possibilitar o uso e fruição das bordas dos rios pela população, através de equipamentos urbanos para convívio, lazer e turismo.
Poligonal do projeto proposto

PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO DOS RIOS URBANOS À CIDADE	
Ações diretas	**Ações indiretas**
Definição de áreas de APP dos rios	Fiscalizações constantes nas áreas de expansão urbana e vetores de crescimento
Definição de Unidades de Conservação ou Parque Urbano nas margens dos rios, integrando esses espaços à área ocupada da cidade por meio de ciclovias, espaços de parada e convívio, obras de arte etc..	Programa de habitação de interesse social para famílias residentes em situação de risco, sempre em área próxima ao local original de residência.
Elaboração de catálogo dos rios urbanos e realização de exposições em escolas e espaços públicos.	Criação de programa de incentivo ao turismo e educação ambiental, a fim de conscientizar os habitantes quanto à importância das lagoas e rios urbanos para o equilíbrio ambiental
Intensa fiscalização das bordas dos rios nos vetores de crescimento urbano	Incentivo a pesquisa a fim de gerar conhecimento sobre a biodiversidade presente nas lagoas e rios e seus entornos, que contribuam para a conservação desses recursos.
Definição de APP no entorno das nascentes	Adoção de medidas estruturais de drenagem e manejo de recursos hídricos baseadas no conceito de drenagem sustentável.
Reassentamento de população residente em ocupações irregulares nas margens dos rios, apenas quando constatadas situações de risco que não possam ser sanadas.	
Programação e horizonte de implementação	**Agentes envolvidos**
	Prefeitura Municipal de Feira de Santana

PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO DOS RIOS URBANOS À CIDADE	
O programa deve prioritariamente agir nos rios urbanos que cruzam os bairros Aviário e Subaé, localizados em áreas mais urbanizadas e que apresentam maiores risco de adensamento por ocupações irregulares nas suas margens e leitos.	
Prazo: 2026-2030	
Estratégia de monitoramento	**Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração**
Priorização da recuperação de áreas de preservação permanente	Área de APP recuperada (5 anos).
Implantação de equipamentos que possibilitem lazer, convívio e contemplação nas margens dos rios urbanos.	Extensão de área urbanizada nas margens de rios (5 anos).
Estabelecimento de sistema de fiscalização das áreas de preservação permanente e proximidades.	Casos de ocupações irregulares nas áreas de APPs dos rios (cinco anos).
Prováveis fontes de financiamento	**Custos estimados**
Governo Federal	16.000.000,00 (dezesseis milhões).

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.2. GESTÃO DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

4.2.1. Legislação da Drenagem Pluvial

A **Lei Federal n° 11.445/07, alterada pela Lei nº 14.026/2020,** estabeleceu conceitos e princípios para o saneamento básico, bem como responsabilidade das partes (titular, usuário, prestador, ente regulador). A *drenagem e manejo das águas pluviais urbanas* são conceituados na redação dada pelo novo marco legal do saneamento (Lei Federal nº 14.026/2020, Art. 3, inciso I, letra "d"), como "constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes".

Já os *serviços públicos de manejo das águas pluviais urbanas* são aqueles constituídos por 1 (uma) ou mais das seguintes atividades: drenagem urbana; transporte de águas pluviais urbanas; detenção ou retenção de águas pluviais urbanas para amortecimento de vazões de cheias; e tratamento e disposição final de águas pluviais urbanas." (Art. 3º-D). Um dos princípios fundamentais previstos na prestação dos serviços públicos de saneamento básico é a disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado (Redação pela Lei Federal nº 14.026/2020, Art. 2, IV).

A Lei Federal n° 11.445/07, alterada pela Lei Federal nº 14.026/2020, estabeleceu ainda o conteúdo mínimo do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). O PMSB é condição de validade dos contratos que tenham por objeto a prestação dos serviços públicos de saneamento básico, considerado o conjunto de serviços públicos, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e manejo de água pluviais urbanas, sendo este último objeto direto deste diagnóstico.

O **Decreto Federal nº 7.217/10** (que regulamentou a Lei Federal n° 11.445/07), **alterado pelo Decreto Federal nº 10.203/2020**, estabeleceu em seu art. 26, prazo até o dia 31 de dezembro de 2022 para que os titulares elaborassem o PMSB como condição para o acesso aos recursos orçamentários da União ou aos recursos de financiamentos geridos ou administrados por órgão ou entidade da administração pública federal, quando destinados a serviços de saneamento básico.

Em Feira de Santana, o presente Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (PDMAPFS), constitui o setor que restava à consolidação do PMSB, já que o município já possui o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), vinculado aos setores de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (**Lei Municipal nº 3.910/2018**), a Política Municipal de Resíduos Sólidos e o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (**Lei Municipal nº 3.785/2017**).

Após a publicação do PDMAPFS, o PMSB estará em conformidade com a Lei n° Federal 11.445/2007 em sua integralidade, especialmente com o Art. 9º, inciso I, após redação da Lei Federal nº 14.026/2020, que diz que o titular dos serviços formulará a respectiva política pública de saneamento básico, devendo, para tanto "elaborar os planos de saneamento básico, nos termos desta Lei, bem como estabelecer metas e indicadores de desempenho

e mecanismos de aferição de resultados, a serem obrigatoriamente observados na execução dos serviços prestados de forma direta ou por concessão."

A Lei Estadual n°11.172/2008, que instituiu a Política Estadual de Saneamento Básico traz que o processo de elaboração e revisão dos planos de saneamento básico deverá prever sua divulgação em conjunto com os estudos que os fundamentarem, bem como o recebimento de sugestões e críticas por meio de consulta ou audiência pública (Art. 13), sendo que os planos de saneamento básico serão revistos periodicamente, em prazo não superior a 04 (quatro) anos, anteriormente à elaboração do Plano Plurianual (Art. 13, Parágrafo único).

O Plano Estadual de Saneamento Básico, deve contemplar os objetivos e metas para a universalização dos serviços de saneamento básico e o alcance de níveis crescentes dos mesmos no território estadual, observando a compatibilidade com os demais planos e políticas públicas do Estado e dos Municípios (Art. 14), sendo publicado, em 2011, pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia, como título "Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário – PEMAPES". A Política de Desenvolvimento Urbano de Feira de Santana possui vasto e recente arcabouço legal, composto por Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Territorial do Município de Feira de Santana – PDDU (LC nº 117/2018), Plano de Mobilidade de Feira de Santana (LC nº 112/2018), Plano Plurianual do Município de Feira de Santana (Lei nº 3.780/2017), Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo – LOUOS (Lei nº118/2018), o Código de Obras (LC n°119/2018) e o Código de Meio Ambiente (LC n°120/2018), além dos já detalhados PMSB (Lei nº 3.910/2018) e PMGIRS (Lei nº 3.785/2017).

O PDDU (2018) tem uma seção (IV) dedicada à Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e Rurais, onde apresenta orientações (Art.132), define estratégias necessárias (Art.133), diretrizes prioritárias para a drenagem e o manejo de águas pluviais nas áreas urbanas (Art.134), objetivos para o Sistema de Drenagem Urbana (Art.135) e medidas para redução do impacto da urbanização sobre o regime natural dos cursos d`água (Art.136).

A drenagem e o manejo de águas pluviais deverão assegurar, através de sistemas físicos naturais e construídos, o escoamento das águas de chuva, atendendo às áreas urbanas e rurais, orientando-se inclusive pela a preservação das áreas livres, definindo índices de permeabilidade para as zonas e normas para o emprego de materiais que permitam a permeabilidade e implantação de dispositivos de retenção e reuso de águas pluviais nos empreendimentos e o uso de tecnologias ecoeficientes a exemplo de "jardins de chuva" (Sistema de Biorretenção) e passeios com pisos drenantes, bem como a manutenção e monitoração preventiva e periódica, seguindo as orientações do Plano Preventivo de Defesa Civil e do Plano Municipal de Saneamento básico. (Art. 132, incisos IV e V)

Integrar as ações de planejamento para a Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Médio Pojuca neste PDMAPFS é prevista como ação estratégica necessária para o sistema de drenagem urbana. Além destas, há previsão para implantar sistemas de retenção temporária das águas pluviais, desassorear, limpar e manter os cursos d`água, canais e galerias do sistema de drenagem, incentivar as parcerias entre o Poder Público e a iniciativa privada na implementação das ações e promover campanhas de participação popular com as comunidades para o planejamento, a implantação e a operação das ações contra inundações. (Art. 133)

Mecanismos de prevenção de inundações, instrumentos de monitoramento e fiscalização e medidas integradas preventivas

Com base nas orientações do Art. 134 do PDDU (2018) foi elaborado quadro acerca de mecanismos de prevenção de inundações, instrumentos para monitoramento e fiscalização

e medidas integradas preventivas de caráter institucional, e as secretarias ou autarquia de relação direta.

Quadro 21 - Mecanismos de prevenção de inundações, instrumentos de monitoramento e fiscalização e medidas integradas preventivas

ÓRGÃOS	MEDIDAS
SESP **ARFES**	• fiscalização de transporte e deposição de resíduos de construção e demolição e resíduos sólidos domiciliares e públicos; • coibição do lançamento de lixo e esgoto na rede de drenagem; • atendimento do sistema de macrodrenagem em todos os empreendimentos públicos e privados aprovados pelos órgãos competentes
SEMMAM **SEGOV**	• combate ao desmatamento e à formação de novos assentamentos precários; • intensificação da fiscalização e controle da ocupação de várzeas e áreas de preservação permanente ao logo dos cursos, lagoas, e demais espelhos d'água, preservando a vegetação existente • recuperação de várzeas e matas ciliares • criação de parques lineares • estabelecimento de campanhas de esclarecimento público e sensibilização das comunidades no planejamento, implantação e operação das ações de manejo das águas pluviais e drenagem, buscando incrementar políticas ecoeficientes para captação de águas pluviais e reutilização de águas servidas;

SEPLAN **SEDUR**	• medidas de fomento (ex. IPTU Verde) • revisão e adequação à legislação voltada à proteção da drenagem, estabelecendo parâmetros de tratamento das áreas de interesse, tais como faixas sanitárias, várzeas, e aquelas destinadas à futura construção de reservatórios • disciplinamento da ocupação das cabeceiras e várzeas das bacias do Município, preservando a vegetação existente e visando a recuperação; • ampliação da geração de dados e conhecimento dos processos hidrológicos: a) pontos de alagamento; b) áreas de interesse para drenagem e manutenção da permeabilidade como parques lineares, espaços para recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa; c) cadastro físico das redes de macro e microdrenagem de águas pluviais do Município, visando melhor fiscalização do uso do solo nas faixas sanitárias, várzeas e áreas de inundação; • investimento na renaturalização e melhorias das calhas fluviais e na recuperação dos sistemas de macro e microdrenagem • construção de reservatórios de contenção de cheias e excessos de águas de chuvas, contribuindo para sua infiltração • desenvolvimento de projetos de ampliação da rede pública de drenagem de águas pluviais urbanas e desobstrução dos existentes

A diretriz de ampliação da geração de dados e conhecimento dos processos hidrológicos nas bacias hidrográficas e de drenagem natural do território feirense dialoga com a construção de um sistema de informação municipal. Cumpre ressaltar previsão de que o Executivo institucionalizará no prazo de um ano a contar da publicação do PDDU (2018) a delimitação cartográfica das bacias hidrográficas e de drenagem compreendidas no território de Feira de Santana, estabelecendo-as como unidades de planejamento, informação e gestão ambiental, de modo a favorecer a integração das políticas, planos e ações municipais e intergovernamentais pertinentes às águas urbanas, em conformidade com as cartas do Inema/SEMA. (Art. 68, Parágrafo Único).

Nesse sentido o presente estudo tem como um de seus objetivos propor um sistema de gestão e controle da drenagem pluvial, visando minimizar os impactos de possíveis inundações, bem como gerar dados que subsidiem tomada de decisão e rápida ação quando identificadas ocorrências de eventos extremos.

Posteriormente, será feita a complementação a esse item agregando a proposições para a gestão do serviço de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais em Feira de Santana, visto que esse item precisará abranger ao conjunto de bacias e não a uma delas de forma isolada. Sendo assim, o item será complementado após ao final da formulação dos programas das bacias Subaé, Jacuípe e Pojuca, realizados e entregues separadamente seguindo o estabelecido pelo TR.

4.2.2. Sistema de Gestão e Controle da Drenagem Pluvial

A gestão e controle de inundações visa reduzir a probabilidade e impactos das inundações causados por eventos de chuvas. Segundo UNISDR (2009), experiências tem comprovado que a abordagem mais efetiva no desenvolvimento dos programas de manejo de risco incorpora os seguintes elementos:

- ✓ **Prevenção:** prevenir danos causados por enchentes evitando a ocupação de áreas de vulnerabilidade e ribeirinhas, adaptação de projetos levando em conta o risco de inundação, elaboração do plano de drenagem e projetos estruturantes; controle do uso e ocupação do solo pela agricultura, indústria e expansão urbana.
- ✓ **Proteção**: implementar medidas estruturais e não estruturais para reduzir a probabilidade de inundações e danos relativos;
- ✓ **Preparação**: Informar a população sobre os riscos de inundações e o que fazer no caso de um evento;
- ✓ **Resposta de Emergência**: desenvolver planos estratégicos de resposta de emergência em caso de inundação;
- ✓ **Recuperação e Aprendizados:** promover intervenções para retornar às condições de normalidade o mais breve possível, mitigando impactos sociais, físicos e econômicos da população afetada.

Na gestão de um evento de inundação deverão ser levados a cabo, primeiramente, o plano e ações emergenciais para reduzir danos durante o evento, conduzidas pela defesa civil e outras entidades responsáveis, seguido pelos planos de recuperação para auxiliar no retorno à normalidade, dentro das devidas possibilidades, para mitigar impactos sociais, físico-ambientais e econômicos.

A seguir são descritos uma síntese de elementos que direta e indiretamente estão relacionados ao processo de manejo de águas pluviais e inundações no meio urbano, através de medidas não estruturantes, como o sistema de monitoramento e controle de inundações em tempo real, de forma complementar, medidas estruturais de maior relevância para o controle de picos de vazão e enchentes, relacionados, principalmente, com o manejo inteligente e sustentável da água no meio urbano, o qual inclui coleta, tratamento e análise de informações e recursos da engenharia, de telemetria, das tecnologias da informação e comunicação (TIC´s).

O manejo inteligente das águas pluviais compõe uma das principais abordagens do conceito de cidades inteligentes e cidades sensíveis a água, bem como corresponde ao objetivo 6 do ODS (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas – ONU em 2015, agenda 2030).

O plano de ação indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, e 169 metas, visando a erradicação da pobreza e promoção de vida digna para todos. São objetivos e metas claras, para que todos os países adotem conforme suas prioridades e atuem em parceria global, guiando as escolhas necessárias para melhorar a vida das pessoas (PNUD, 2015).

Dentre os 17 ODS recomendados no plano de ação, no que se refere a aplicação das técnicas sustentáveis em drenagem urbana, enquadram-se nos ODS 6, 11 e 13, e respectivas metas 6.b, 11.b e 13.2.

Apresentadas como diretrizes para implementar políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação à mudança do clima, a

resiliência a desastres, além de efetuar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos nas comunidades, além de incentivar o reuso da água.

A seguir são descritas a síntese de cada indicador:

Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos.

Meta 6.b. Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.

Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Meta 11.b: até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis.

Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater mudança do clima e seus impactos.

Meta 13.2: Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais.

Assim, referenciada nos ODS, a implementação de medidas para manejo sustentável da água no meio urbano, através de sistemas como Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID), Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SuDS), Melhores Prática de Manejo (BMP), termos traduzidos do inglês, que abarcam práticas voltadas para o manejo e conservacionismo do recursos hídricos no meio urbano, a partir da disseminação de técnicas, tecnologias e conceitos, relativos a medidas estruturantes e não estruturantes de que valorizam a água como recurso e incorporam a visão e conceito de rios urbanos suas funcionalidades como eco infraestruturas e serviços ambientais urbanos.

Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID – Low Impact Development), conforme Coffman et al (1998) são projetos com objetivo de criar uma “paisagem funcional” capaz de agrupar características de projeto que buscam simular as funções de infiltração e armazenamento da bacia pré-urbanizada, criando soluções baseadas na natureza e funcionalidades da resposta hidrológica e hidráulica de superfícies urbanizadas inseridas em uma bacia hidrográfica.

Miguez (2005) define BMP – Best Management Practices como um conjunto de ações planejadas sobre a bacia, com o objetivo de mitigar os impactos da urbanização, considerando não somente preocupações com a quantidade de água, mas também aspectos de qualidade.

SuDS é definido como elementos integrantes da infraestrutura hidráulica urbana, preferivelmente vegetados (naturalizados), e destinados a filtrar, reter, infiltrar, transportar e armazenar água de chuva, de forma que não sofra nenhuma degradação, ou inclusive permita a eliminação, de forma natural, de parte da carga contaminante que possa ter adquirido por processos de escoamento urbano prévio” (Gonzalo, 2008).

Os SUDs além de representarem conceitualmente a drenagem urbana sustentável, vão além, dialogando com abordagens sobre cidades resilientes, sensíveis a água, infraestruturas verdes, dentre outras, até uma abordagem macro, na qual se insere dentre as cidades inteligentes, através da abordagem sistêmica e holística, que dentre outros elementos, preconiza o manejo eficiente da água no meio urbano.

Além das recomendações e práticas ordinárias de drenagem pluvial, baseada na captação, canalização e descarga, as práticas de drenagem sustentável elencam diversas técnicas e tecnologias que contribuem diretamente para a mitigação dos picos de vazão, através do incremento nos processos de infiltração e percolação das águas pluviais no solo, motivo pelo qual se originou o termo “cidades sensíveis a água”, relacionando à capacidade do ambiente urbanizado receber e absorver o montante pluvial.

Medidas estruturantes como implementação da utilização de pavimentos permeáveis, telhados verdes, bacias de retenção e infiltração, reservatórios de detenção, jardins drenantes, poços de infiltração, valas verdes são exemplos de algumas dessas estruturas, que contribuem diretamente para aspectos urbanísticos e paisagísticos, e principalmente, para o controle de enchentes e picos de vazão.

Medidas não estruturantes relativas a boas práticas de manejo sustentável da água pluvial no meio urbano correspondem principalmente à utilização de tecnologias e softwares para modelagem, controle e monitoramento da infraestrutura hídrica urbana, dentro de uma perspectiva de Cidades Inteligentes, a partir da aplicação de sistemas de informação geográfica e outras ferramentas para gestão integrada da dinâmica dos componentes dos tecidos urbanos, incluindo o manejo de águas pluviais e também os sistemas de prevenção de enchente em tempo real, sistemas virtuais de monitoramento, entre outros.

O manejo de águas pluviais deve abranger tanto a mudança de paradigma em relação à drenagem, para valorização da água como recurso, em prol do desenvolvimento e qualidade ambiental urbana, quanto a utilização de tecnologias e sistemas virtuais para monitoramento, controle e manejo de águas pluviais no meio urbano, assim como a mitigação de passivos ambientais, através de medidas para controle da qualidade da água, da contaminação, das erosões, e a implementação de medidas estruturais para o manejo sustentável da água no meio urbano, através de sistemas como LID (Desenvolvimento de baixo impacto), SuDS (Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável) e BMP (Boas Práticas de Gestão).

Um sistema de alerta de enchentes deve ser capaz de implementar medidas de emergência para proteger ou evacuar áreas durante eventos de maior gravidade. Eles existem principalmente em cidades de condições climáticas e ambientais mais extremas, como presença de neve, risco de tufões, tsunamis e chuva de monções, bem como locais de vulnerabilidade próximo a rios e costeiros.

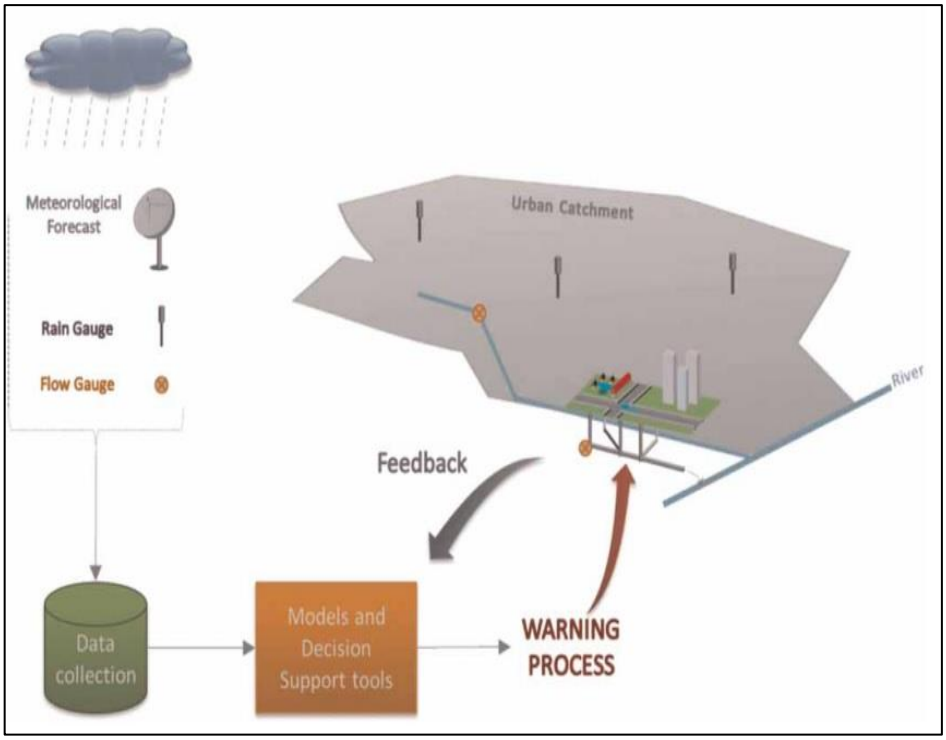
A formatação desses sistemas utiliza informações a partir de uma rede hidrométrica equipada com medidores de vazão, pluviômetros, radares meteorológicos, modelagem hidrológica digital para determinar e prever impactos de inundações.

Eles também se apoiam no zoneamento das bacias urbanas por classe de risco, identificando áreas vulneráveis, baseando-se também em características físico-ambientais da bacia - geologia, uso e ocupação, geomorfologia, hidrogeologia, etc.

Além disso, devem ter como premissas: Prevenção, Proteção, Preparação, Resposta de emergência, Recuperação e lições aprendidas. A Figura 22 apresenta um exemplo de fluxo de trabalho de um sistema de alerta de enchentes.

Um sistema de prevenção de enchentes em tempo real, capaz de cumprir com todos os seus requisitos funcionais, deve ser composto por elementos essenciais, conforme descreve a Figura 22, que demonstra de maneira genérica exemplo de fluxo de trabalho padrão desse tipo de sistema, composto basicamente pelo componente de monitoramento de vazões, pluviosidade e meteorológico (radares); que continuamente geram inputs de informação armazenada e processada em banco de dados, que por sua vez passam por processo de modelagem e manipulação que permite gerar relatórios e outputs necessários para tomada de decisão e partir para resposta de emergência através de planos e medidas programadas.

Figura 22 - Fluxo de trabalho standard de um sistema de alerta de enchentes



Fonte: J. Henonin et al. (2013)

Os mecanismos de previsões meteorológicas e precipitações são um dos elementos de maior influência na qualidade e eficácia do sistema de previsão e controle de enchentes.

Ele funciona como provedor de dados para calibração e validação do modelo, podendo também ser indicador de níveis de alerta.

A principal fonte de informações de subsídio para um sistema de prevenção de enchentes corresponde às bases de dados sobre precipitações, vazão, nível d´água de canais, rio e meteorologia, este último é fundamental para elaboração de sistemas preparados para controle em tempo real.

Destacam-se os dispositivos eletrônicos, sensores, câmeras, entre outras tecnologias cada vez mais sofisticadas e mais acessíveis, que permitem o monitoramento de dados externos, necessários para validar as estimações dos modelos meteorológicos e hidrológicos do projeto.

Para o monitoramento de condições climáticas a principal tecnologia utilizada corresponde aos radares de alta resolução, com eficiência otimizada principalmente pela combinação de radares de micro, meso e macro escala, com informações de dados que precisam ser testados em diferentes eventos pluviométricos antes do seu uso operacional.

No Brasil, os principais órgãos que dispõem de dados meteorológicos disponíveis para aplicação em projetos de monitoramento do clima e de dados externos, correspondem ao Inema (estadual), e aos órgãos federais INPE, INMET, Ana, CEMADEN, dentre outros.

As medições externas pluviométricas e de vazões são úteis para validar as estimações dos modelos meteorológicos e hidrológicos.

O principal objetivo da modelagem é prever o comportamento da bacia ou infraestruturas hidráulicas sob diferentes condições de projeto, possibilitando através de modelos matemáticos, realizar análise dos principais mecanismos e interações que ocorrem em uma bacia urbana, possibilitando prever o comportamento, reações e capacidades de escoamento frente a cenário hipotéticos, amparando o processo de tomada de decisões.

A modelagem hidrológica, basicamente, pode ser caracterizada por três diferentes sistemas, são estes:

Sistema baseado em cenários empíricos:

Sem sistema de modelagem hidráulica envolvido na previsão em tempo real, baseado em eventos históricos.

Sistema baseado em cenários pré-simulados;

Previsão em tempo real baseado em cenários e catálogos de resultados obtidos por simulações hidráulicas prévias.

Sistema baseado em simulações em tempo real:

Sistema de previsão de inundações com modelos hidráulicos online em tempo real.

Para sistemas de monitoramento e prevenção de enchentes em tempo real, o terceiro modelo é o mais indicado, devido, principalmente, à maior agilidade para processamento de informações e maior grau de precisão e assertividade de previsões, necessário para o *modus operandi* de sistema em tempo real; não impedindo a existência de sistemas que também utilizem modelos baseados em cenários pré-simulados ou empíricos.

Quando à método e software para modelagem, alguns modelos já vêm preparados para incorporar e dimensionar soluções de drenagem sustentável baseado em técnicas alternativas e compensatórias (LID, BMP, SuDS, etc), como o SWMM (Storm Water Management Model), utilizados para modelagem de chuva-vazão e do escoamento através da rede de drenagem urbana. Tal modelo auxilia na projeção de uma determinada medida estrutural, seja convencional ou não, a avaliar a efetividade da sua implementação e, dessa forma, auxilia também na regulamentação do uso do solo e de sistemas de previsão e alerta de inundações.

Atualmente, o SWMM é o pacote computacional mais utilizado para simulação da drenagem urbana, principalmente por ser de domínio público e ter seu código de programação aberto. O modelo SWMM foi desenvolvido pela USEPA (United States Environmental Protection Agency) e, ao longo das últimas décadas, foram incorporados diversos melhoramentos (RIGHETTO, 2009).

Algumas das possibilidades da utilização do SWMM são:

- Dimensionamento do sistema de drenagem urbana para controle de alagamentos;

- Avaliação de uso de sistemas de detenção de cheias e proteção da qualidade das águas;
- Mapeamento de áreas inundáveis a partir do modelo;
- Análise do efeito de medidas compensatórias;
- Efeito qualitativo no sistema devido ao carreamento de poluentes;
- Entradas de esgoto e de outras fontes pontuais externas ao sistema de águas pluviais;
- Redução da concentração de poluentes no tratamento das águas em reservatórios e por meio de processos naturais em galerias e canais;
- Sensibilidade quanto aos componentes do ciclo hidrológico de bacias, como infiltração, evaporação e escoamento superficial.

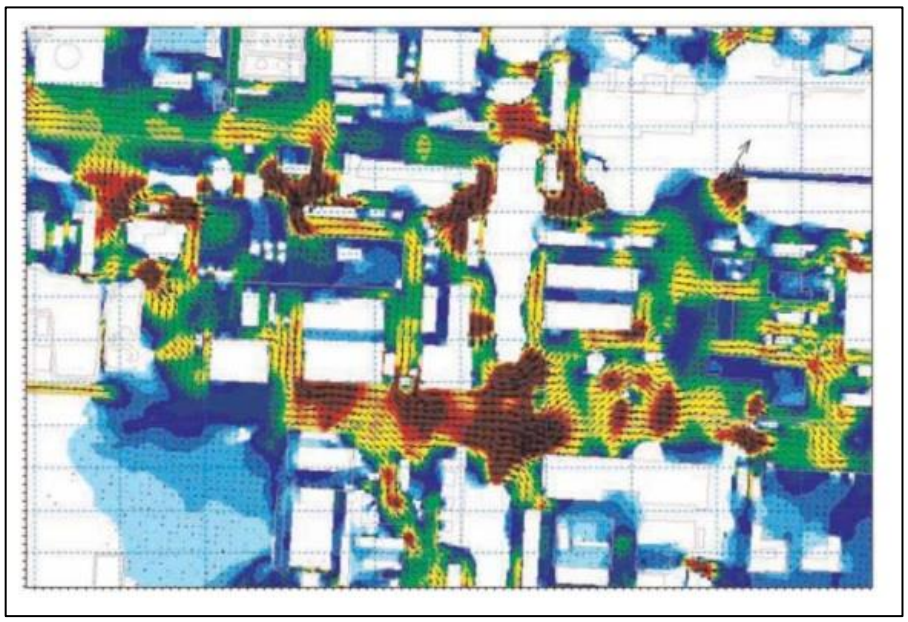
A modelagem é realizada com base em sub-bacias que recebem a precipitação e geram o escoamento, influenciados pelas perdas por evaporação e infiltração que descarregam as águas da chuva em um sistema coletor, que pode conter canais, tubulações, bombas hidráulicas, bacias de retenção e/ou detenção, e LIDs.

Esse software também foi empregado para a elaboração do Plano de Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) e o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal.

Outro exemplo do uso desses sistemas encontra-se na cidade de South Bend, em Indiana (EUA), o qual permite o monitoramento em tempo real da rede de drenagem, composta por várias bacias de detenção/retenção, sendo capaz alertar, controlar o tempo de detenção e o extravasamento da água dessas bacias.

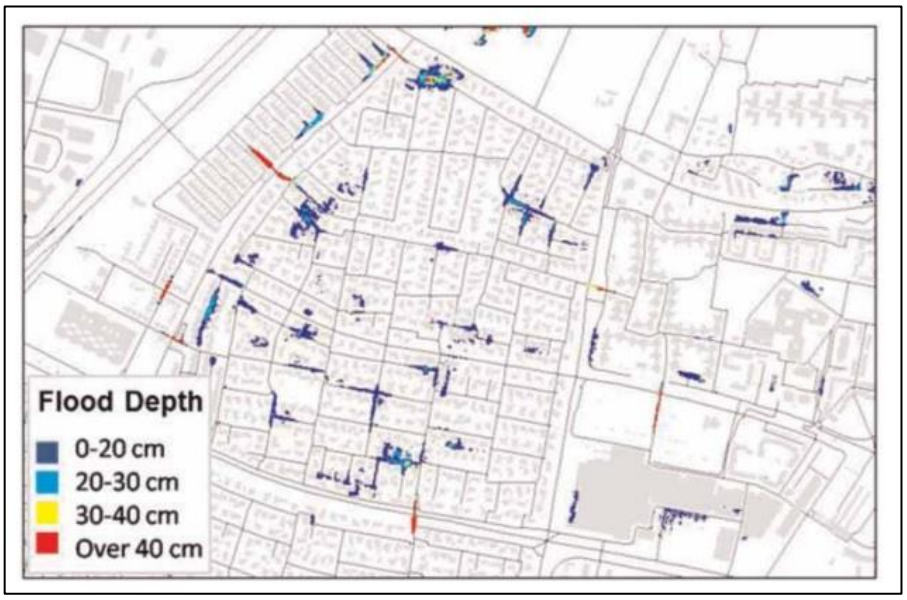
A Figura 23 e Figura 24 mostram exemplos de produtos de output de sistemas de modelagem computacional, com informações georreferenciadas de mapas de monitoramento de inundações, com informações de profundidade de alagamento e vetores de velocidade de escoamento.

Figura 23 – Mapeamento de manchas de inundação através de software de modelagem



Fonte: DHI et al. (2012).

Figura 24 – Mapeamento de profundidade de inundações a partir de modelo hidrológico.



Fonte: DHI et al. (2012).

Para a formatação de um sistema de gestão e controle de enchentes é essencial a realização de modelagens hidráulicas e hidrológicas que necessitam de dados de entrada, tais como a precipitação, vazão e dados meteorológicos, cotas e resumo de descarga de canais e rios. Além disso, é importante ainda verificar/efetuar o cadastro do sistema de drenagem urbana existente, cadastramento de áreas propícias a alagamento. Sendo assim, a existência de uma rede confiável de medições e obtenções desses dados é primordial para que o sistema funcione satisfatoriamente.

No processo de implantação de um sistema de gestão e controle de enchentes podem ser destacados diversos desafios, porém é possível elencar uma series de oportunidades, como podemos observar no Figura 25.

Figura 25 - Desafios x Oportunidades para os Sistemas de Gestão e Monitoramento de enchentes

Desafios	Oportunidades
•Custo médio-alto para implementação e manutenção do sistema; •Relativamente poucas experiências práticas de implementação a nível nacional, bem como pouca acessibilidade a equipamentos, se comparado a outros países; •Necessidade de capacitação da gestão pública e operadores para manutenção e operação de tais sistemas; •Complexidade e alta demanda de tempo requerido para modelagem hidrológica de alta resolução em **tempo real**; •Necessidade de obtenção ou aquisição de base de dados; •Manter o sistema atualizado conforme modificações forem realizadas na rede; •Tempo necessário para calibração do sistema na fase de pré-operação; •Alto nível de incerteza espaço-temporal e restrição de dados históricos disponíveis;	•Melhor aproveitamento e aumento do potencial de uso da rede de drenagem existente; •Maior facilidade para identificação de falhas e pontos para manutenção; •Detecção prévia para prevenção de danos e prejuízos decorrentes eventos de maior gravidade; •Crescente difusão e incentivo de a práticas voltadas para o desenvolvimento de cidades inteligentes e manejo sustentável das águas no meio urbano; •Possibilidade de integração a informações de ordem econômica, social e física através de plataformas virtuais (Cidades Inteligentes); •Possibilidade de interoperabilidade e acesso de informações e dados a partir do IOT - Internet of things), bem com desenvolvimento a partir de sistema assistidos por inteligência artificial.

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Nos itens a seguir serão apresentadas as redes de monitoramento existentes, a situação das bacias do município em relação a dados disponíveis e a proposição de um sistema de monitoramento e controle de enchentes para o município de Feira de Santana.

4.2.2.1. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) é um núcleo responsável pela prevenção e gerenciamento da atuação governamental perante eventuais desastres naturais ocorridos em território brasileiro. Este centro é vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Segundo Brasil (2020), o CEMADEN tem como missão realizar o monitoramento das ameaças naturais em áreas de risco em municípios brasileiros suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, além de realizar pesquisas e inovações tecnológicas que possam contribuir para a melhoria de seu sistema de alerta antecipado, com o objetivo final de reduzir o número de vítimas fatais e prejuízos materiais em todo o País.

As principais ações do centro são:

- Monitoramento e emissão de alertas de desastres naturais;
- Desenvolvimento de capacidade científica, tecnológica e de inovação para continuamente aperfeiçoar os alertas de desastres naturais.

Dentre seus objetivos estão o desenvolvimento de atividades de pesquisa científica, tecnológica e de inovação na área de meteorologia, recursos hídricos, geologia e desastres naturais, com ênfase na previsão, preparação, prevenção, e mitigação do impacto de eventos extremos em bacias hidrográficas urbanas e rurais com reduzido tempo de resposta, e com vistas a reduzir perdas em vidas humanas e materiais em decorrência desses eventos.

As linhas de atuação são: Hidrologia, Meteorologia, Geologia e Desastres Naturais.

O Centro possui atualmente nove radares instalados no Brasil, sendo um em Salvador-BA, e a rede utiliza dados de natureza meteorológica, provenientes de um total de 27 radares em operação no Brasil.

O projeto de instalação de radares é um dos objetivos estratégicos do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, implantado pelo Governo Federal em 2012, para ampliar a rede de observação das condições do tempo e clima no território brasileiro.

O CEMADEN poderá ser um importante apoio para o sistema de gestão e controle da drenagem urbana em Feira de Santana, assim como o sistema proposto para o município poderá interagir e se articular com o órgão federal para fornecer dados que alimentem seus bancos de dados e estudos.

4.2.3. Sistema de monitoramento e controle

Os eventos de cheias, comumente associados a ocorrências em zonas urbanas, porém não exclusivo destas, têm nas precipitações de longa duração e elevada intensidade, aliadas as modificações de uso do solo, através dos processos de urbanização, fatores contribuintes para ocorrência de eventos hidrológicos críticos, como enxurradas, alagamentos e inundações. A sazonalidade destes eventos de cheias, variam de acordo com os períodos de chuvas das diversas regiões do país e, embora característicos destes períodos, sua previsibilidade é de complexa determinação.

Algumas referências e fontes de dados que podem ser utilizados como suporte para o monitoramento destes eventos de cheias são publicações realizadas e distribuídas por órgãos competentes. Embora tais publicações e produtos auxiliares não apresentem uma atualização constante, podem ser utilizados como elementos para balizar análises mais aprofundadas acerca da natureza dos eventos hidrológicos críticos, consolidando estratégias e apoiando os processos de tomada de decisões.

Um destes documentos trata-se do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais que teve a sua última versão publicada no ano de 2013 e traz consigo uma compilação dos eventos de cheias que ocorreram entre os anos de 1991 e 2012. O documento em questão, dividido em 27 volumes, contemplando cada estado da federação, abrange os temas relacionados a fenômenos de enxurrada, inundação, alagamentos, estiagem e seca, vendaval, erosão, granizo, incêndio florestal e movimento de massa.

Para esse estudo realizamos um recorte sobre os eventos de cheias com base nas informações disponibilizadas pelo Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013), destacando o município de Feira de Santana como o terceiro município com o maior número de pessoas atingidas por fenômenos de enxurrada, ocasionado por chuvas intensas que ocorreram entre março de 2008 e abril de 2010, no Brasil.

Os fenômenos de enxurrada contabilizaram 468 registros entre os anos de 1991 e 2012 e podem ser associados a bacias de pequena área de drenagem e de relevo mais acidentado, sendo também atribuídas a sua ocorrência em zonas altamente urbanizadas. Porém como ocorrem de maneira súbita, devido ao escoamento superficial concentrado e a alta energia de transporte, estas podem ocorrer em qualquer lugar onde as condições para o desenvolvimento deste fenômeno sejam favoráveis, proporcionando um deslocamento rápido e violento de um grande volume de água. A Figura 26 apresenta a seguir os dados dos municípios mais afetados por fenômenos de enxurrada.

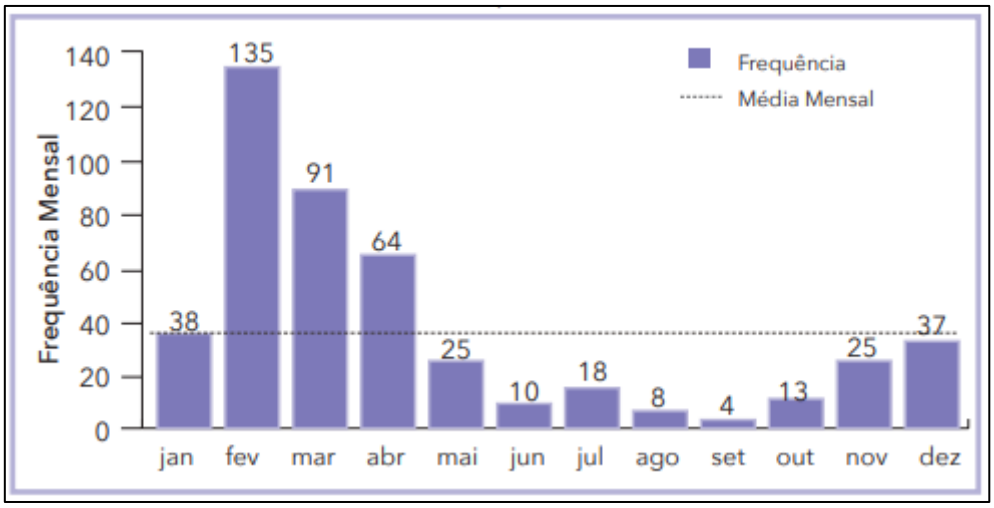
Figura 26 – Municípios severamente afetados por enxurradas.

Ano	Município	Mesorregião	Desabrigados	Desalojados	Enfermos	Afetados
2006	Salvador	Metropolitana de Salvador	126	16	-	1.603.993
2008	Juazeiro	Vale São-Franciscano da Bahia	89	0	-	82.550
2010	Feira de Santana	Centro Norte Baiano	214	212	-	75.082
2010	Araci	Nordeste Baiano	17	0	-	40.000
2010	Euclides da Cunha	Nordeste Baiano	0	0	-	40.000
2008	Casa Nova	Vale São-Franciscano da Bahia	50	60	-	39.400
2010	Serrinha	Nordeste Baiano	177	255	-	38.650
2009	Itamaraju	Sul Baiano	50	120	-	32.850
2009	São Francisco do Conde	Metropolitana de Salvador	301	598	-	31.219
2010	Ruy Barbosa	Centro Norte Baiano	27	93	-	30.566

Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, 2013.

Nota-se também que os registros quanto aos eventos de cheias do tipo enxurrada concentram-se entre os meses de fevereiro, março e abril, sendo estes registros associados aos eventos críticos que ocorreram em fevereiro de 1992 e aos eventos críticos que ocorreram de forma majoritária em março de 1997 (ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2013). A Figura 27 apresenta a seguir o gráfico de distribuição mensal dos eventos de enxurrada no estado da Bahia entre os anos de 1991 e 2012.

Figura 27 – Distribuição mensal da ocorrência de enxurradas no estado da Bahia entre os anos de 1991 e 2012.



Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, 2013.

Entre os anos de 1991 e 2012 foram registradas 118 ocorrências quanto a fenômenos de inundação no estado da Bahia, o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013) descreve a tendência dos acontecimentos como um reflexo direto da elevada densidade de ocupação junto as margens dos corpos d'água, uma vez que estas regiões são naturalmente áreas de planícies de inundações. A Figura 28 apresenta os municípios mais afetados pelos fenômenos de inundação.

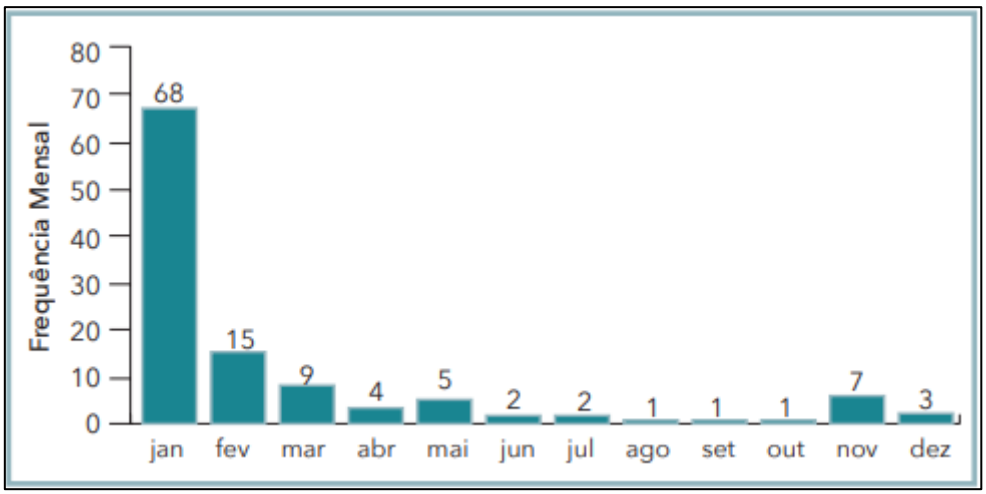
Figura 28 – Municípios severamente afetados por inundações.

Ano	Município	Mesorregião	Desabrigados	Mortos	Afetados
2010	Gandu	Sul Baiano	4	-	9.263
2010	Santo Amaro	Metropolitana de Salvador	225	1	9.182
2007	Curaçá	Vale São-Franciscano da Bahia	-	-	7.380
2006	Jacobina	Centro Norte Baiano	150	-	7.100
2004	Quijingue	Nordeste Baiano	155	-	7.000
2004	Igaporã	Centro Sul Baiano	-	-	6.500
2004	Mirangaba	Centro Norte Baiano	380	-	6.000
2010	Piraí do Norte	Sul Baiano	-	-	4.480
2004	Novo Triunfo	Nordeste Baiano	-	-	3.981
2009	Serrinha	Nordeste Baiano	-	-	3.655

Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, 2013.

A distribuição mensal das ocorrências de fenômenos de inundação no estado da Bahia entre os anos de 1991 e 2012 chama a atenção para o mês de janeiro, como apresentado a seguir pela Figura 29. No período de janeiro de 2004 as chuvas intensas que precipitaram sobre a região Nordeste do Brasil foram influenciadas pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e por Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) que incidiram sobre o oceano Atlântico. Desta forma, dos 68 registros no mês de janeiro relacionados aos fenômenos de inundação apresentados no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013), 35 referem-se aos fenômenos que ocorreram em janeiro de 2004, dada a natureza expressiva dos fenômenos neste período em decorrência dos eventos climáticos descritos anteriormente.

Figura 29 – Distribuição mensal da ocorrência de inundações no estado da Bahia entre os anos de 1991 e 2012.



Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, 2013.

Os alagamentos compreendem o conjunto dos eventos de cheias ao qual podemos classificar como de ocorrência localizada. É, portanto, um fenômeno pontual ocasionado por precipitações extremas

e que resulta no acúmulo de água em decorrência de equívocos no dimensionamento dos dispositivos de drenagem urbana, obstáculos ou estrangulamentos ao longo de seus trechos, ou ainda em decorrência da topografia aliada a demais fatores. Foram contabilizadas 72 ocorrências no estado da Bahia quanto a estes fenômenos entre os anos de 1991 a 2012, onde segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013), a concentração destes fenômenos deu-se no Centro Norte Baiano e na Mesorregião Metropolitana de Salvador. A Figura 30 apresenta os municípios mais afetados pelos fenômenos de alagamentos.

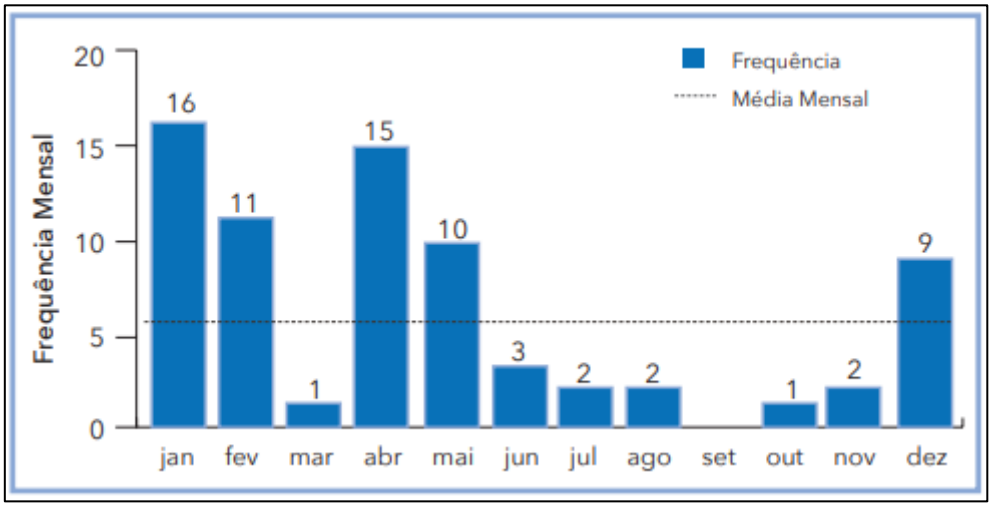
Figura 30 – Municípios severamente afetados por alagamentos.

Ano	Município	Mesorregião	Desabrigados	Desalojados	Mortos	Afetados
2010	Salvador	Metropolitana de Salvador	133	830	1	1.431.793
2009	Entre Rios	Nordeste baiano	125	0	0	23.800
2009	Simões Filho	Metropolitana de Salvador	360	1.740	0	23.200
2011	Candeias	Metropolitana de Salvador	60	100	0	22.000
2009	Ibicoara	Centro Sul baiano	0	0	0	12.125

Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, 2013.

Nota-se no gráfico de distribuição mensal dos fenômenos de alagamentos registrados no estado da Bahia entre os anos de 1991 e 2012, como apresentado pela Figura 31, a concentração destes fenômenos entre os períodos de verão e outono. Vale ressaltar que as informações apresentadas no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013) chamam a atenção para a condição de umidade do solo antecedente aos fenômenos de alagamento como sendo um fator de igual relevância como as precipitações.

Figura 31 – Distribuição mensal da ocorrência de alagamento no estado da Bahia entre os anos de 1991 e 2012.



Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, 2013.

Outra importante ferramenta que visa auxiliar no processo de identificação de fenômenos de inundação é o Atlas de Vulnerabilidade de Inundações, publicado e disponibilizado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) em sua última versão datada do ano de 2014,

apresenta-se na forma de dois produtos, sendo o primeiro em formato de volume único, apresentando os aspectos metodológicos para determinação da frequência, impacto e vulnerabilidade dos principais rios das bacias hidrográficas brasileiras e, o segundo produto no formato de um mapa interativo onde se faz possível a consulta de cada curso d'água contemplado no Atlas de forma individual.

Os períodos críticos elencados pelo Atlas de Vulnerabilidade de Inundações (2014) podem ser expressos de forma gráfica, apresentando para cada região brasileira os períodos característicos de maior susceptibilidade a ocorrência de eventos de cheias, como apresentado a seguir pela Figura 32.

Figura 32 – Períodos susceptíveis a ocorrência de eventos de cheias.

Fonte: Atlas de Vulnerabilidade de Inundações, 2014.

A matriz de vulnerabilidade utilizada pela ANA para determinar a grandeza dos fenômenos de inundação em diferentes trechos de rios brasileiros, utilizou o cruzamento de informações que levaram em consideração a frequência e o impacto destes eventos. Portanto, a recorrência e o impacto associado a esses eventos foram categorizados a partir dos seguintes intervalos, Alto, Médio e Baixo. O Quadro 22 a seguir apresenta a classificação de cada um desses intervalos.

Quadro 22 – Matriz de vulnerabilidade a inundações.

Intervalo	Classificação	
	Frequência	**Impacto**
Alto	Eventos de inundações graduais observados em um período inferior a 5 anos.	Alto risco de dano à vida humana e danos significativos a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura públicas e residenciais.

Intervalo	Classificação	
	Frequência	**Impacto**
Médio	Eventos de inundações graduais observados em um intervalo de 5 a 10 anos.	Danos razoáveis a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura públicas e residenciais.
Baixo	Há mais de 10 anos não são observados eventos de inundação.	Danos localizados

Fonte: Atlas de Vulnerabilidade de Inundações, 2014. Adaptado.

Com base no auxílio do mapa interativo do Atlas de Vulnerabilidade de Inundações (2014), investigou-se a situação do Rio Subaé. O Quadro 23 apresenta a seguir a síntese da classificação atribuída a este trecho com base na metodologia de vulnerabilidade a fenômenos de inundação adotadas pelo Atlas.

Quadro 23 – Classificação quanto a vulnerabilidade a inundação: Rio Subaé.

Rio	Subaé
Frequência	Média
Impacto	Médio
Vulnerabilidade	Média

Fonte: Atlas de Vulnerabilidade de Inundações, 2014. Adaptado.

A Comissão de Defesa Civil, dedicada a promover ações preventivas quanto a ocorrência de desastres, visando garantir a segurança da população do município de Feira de Santana, é destacada segundo o Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário (PEMAPES), publicado em 2010, como uma comissão atuante, entretanto, embora mantenha registros sistemáticos acerca dos eventos hidrológicos críticos, não há qualquer tipo de zoneamento de áreas passíveis da ocorrência de fenômenos de inundação, ou mesmo de mapeamento de áreas de risco a estes eventos de cheias.

Neste estudo não foi encontrado um acervo regular e permanente que torne possível caracterizar a partir de séries longas e se baseando em informações atuais o registro de eventos de cheias nas áreas urbanas do município de Feira de Santana. O esforço aplicado neste estudo, por sua vez buscou levantar as informações disponíveis em estudos ou entidades que pudessem, mesmo que de forma não ideal, retratar os registros existentes. Vale lembrar que os registros levantados não esgotam todas as principais ocorrências. São aqui apresentadas com o objetivo de registrar os esforços realizados e a carência de uma sistemática de registro e análise dos materiais gerados, de tal forma que se possa melhorar a gestão dos serviços de manejo das águas pluviais, hoje, tão dependente de vivências pessoais não sistematizadas.

4.2.3.1. Sistemas disponíveis para a bacia de estudo

No estado da Bahia, em adequação ao Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, a Sala de Situação de Monitoramento Ambiental coordenada pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), atua como um centro de gestão de situações críticas para prevenção e monitoramento dos eventos hidrológicos críticos, como secas e cheias. Através da Sala de Situação são elaborados os boletins diários e mensais, que podem ser acompanhados através do endereço eletrônico http://www.inema.ba.gov.br/sala/, e tem como principal objetivo monitorar e alertar acerca da ocorrência destes eventos extremos. O Inema disponibiliza também, através do Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos (SEIA), importantes informações hidrometeorológicas, hidrogeológicas e de qualidade da água, estes dados de natureza publica são disponibilizados através do endereço eletrônico http://monitoramento.seia.ba.gov.br/login.xhtml, sendo algumas dessas informações também acessíveis e complementadas através do mapa interativo GeoBahia, auxiliando na visualização e análise de dados ambientais e geográficos.

Para fundamentar a produção dos boletins e a análise dos técnicos da Sala de Situação, são utilizadas a rede de estações hidrometeorológicas. Estas estações pluviométricas e fluviométricas possuem seus dados públicos e distribuídos através da ferramenta online integrante ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) HidroWeb, desenvolvida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a mesma pode ser acessada através do seguinte endereço eletrônico, www.snirh.gov.br/hidroweb/.

Com o auxílio da Rede Hidrometeorológica Nacional é possível prospectar dados como por exemplo, o volume de chuvas, a vazão dos rios, a qualidade da água, a quantidade de sedimentos, dentre outros. Esses dados podem ser aplicados como insumos para modelos probabilísticos que servem como suporte para os processos de tomada de decisão, portanto constituem uma valiosa e estratégica ferramenta, capaz de produzir impactos positivos em todas as esferas da sociedade.

Podemos classificar os dados disponíveis, seja em estações fluviométricas como em estações pluviométricas, em dois tipos, brutos e consistidos. Os dados brutos podem ser compreendidos como dados primários, ou seja, são dados que não foram submetidos a um processo de tratamento que visa a remoção de erros em decorrência de discrepâncias na leitura dos instrumentos ou na inserção dos dados aferidos. Os dados consistidos, por sua vez, são os dados que passaram por um processo de tratamento e correção de possíveis falhas, portanto possuem uma qualidade e confiabilidade superiores aos dados brutos. É importante citar que o conjunto de dados, seja ele bruto ou consistido, possui um espaço amostral relativo a um período histórico, também chamado de série histórica, do respectivo dado, marcando o início das medições realizadas na estação e a última medição realizada.

Um dos grandes desafios da aplicação de dados provenientes da Rede Hidrometeorológica Nacional nos processos de gestão de recursos hídricos está relacionado a presença de erros grosseiros, ou seja, valores absurdos, e falhas no processo de medição, algo comumente observado em quase todas as estações pluviométricas e fluviométricas existentes hoje no Brasil. Quanto ao primeiro tipo de obstáculo, este pode ser solucionado através de verificações manuais com o auxílio de recursos gráficos, desta forma identificando potenciais anomalias e corrigindo-as. Quanto as falhas nos processos de medição, estas requerem soluções mais complexas e se limitam a aplicação em intervalos de tempo mensal ou anual.

4.2.3.2. Dados para gestão e controle disponíveis na bacia de estudo

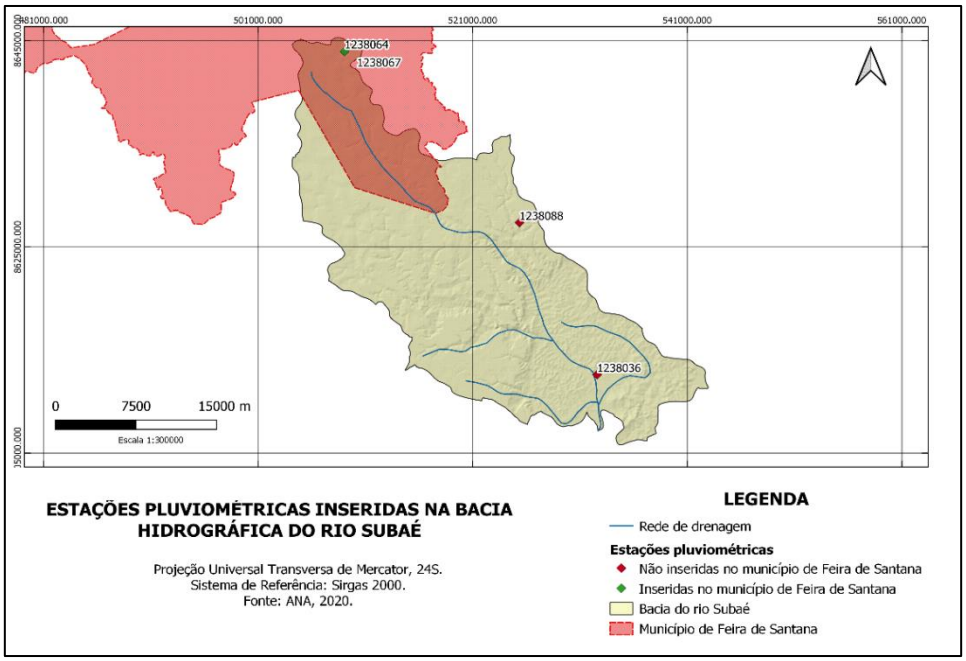
Visando apresentar a situação atual dos dados disponíveis na bacia hidrográfica do rio Subaé, foram prospectadas as informações acerca das estações pluviométricas e fluviométricas existentes e inseridas na área da bacia de estudo utilizando como referência as estações cadastradas no HidroWeb da ANA.

Os dados compilados das estações fluviométricas foram limitados aos parâmetros de cota, resumo de descarga e vazões, caracterizando as variáveis hidrológicas que melhor correspondem a análises e estudos que podem ser desenvolvidos e aplicados em um sistema de monitoramento e controle de eventos de cheias, para o município de Feira de Santana. Embora os parâmetros contemplados neste estudo se encontrem delimitados pelo seu objetivo geral, é importante citar que as estações fluviométricas que integram a Rede Hidrometeorológica Nacional dispõem de uma série de outros dados igualmente valiosos e estratégicos e que podem ser aplicados em estudos complementares, sendo estes:

- Curva de descarga;
- Perfil Transversal;
- Qualidade da água;
- Transporte de sedimentos.

Nota-se a partir da Figura 33 a presença de duas estações pluviométricas, identificadas na cor verde, localizadas na parte mais a montante bacia hidrográfica do rio Subaé e, inserida nos limites municipais de Feira de Santana. As estações pluviométricas apresentam uma distribuição espacial seguindo o trecho do rio principal.

Figura 33 - Localização das estações pluviométricas inseridas na bacia do rio Subaé.



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

O Quadro 24 apresenta o resultado da compilação de informações acerca das estações pluviométricas presentes no município de Feira de Santana e inseridas na bacia hidrográfica do Rio Subaé, apresentadas anteriormente na Figura 33, trazendo informações como o código da estação cadastrada no sistema da ANA, o seu nome, o responsável e o operador da estação, as coordenadas (latitude e longitude), a série histórica de dados disponíveis, dividindo-as entre dados brutos e consistidos e o percentual de dados mensais disponíveis.

Quadro 24 - Informações das estações pluviométricas inseridas na bacia do Rio Subaé.

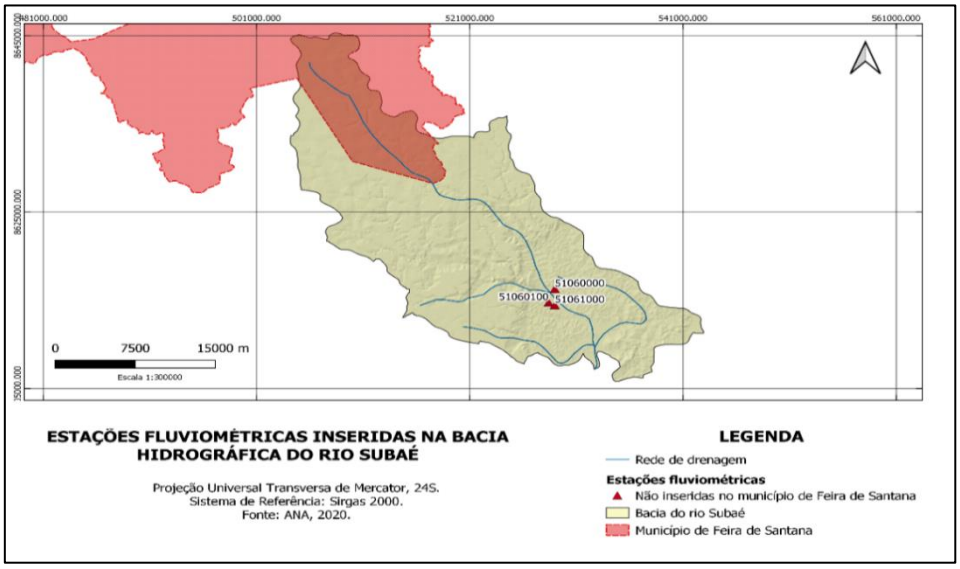
Código		1238067	1238064
Nome		FEIRA DE SANTANA (US. ALGODÃO)	FEIRA DE SANTANA
Responsável		SABA	SABA
Operador		SABA	SABA
Latitude		-12.26	-12.26
Longitude		-38.91	-38.91
Série	**Bruto**	1948-1954	1948 - 1970
	Consistido	-	-
% dados	**Bruto**	66.67%	88.04%
	Consistido	-	-

O símbolo - está relacionado a inexistência de dados

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

Não foram identificadas estações fluviométricas contempladas nos limites municipais de Feira de Santana e inseridas na bacia hidrográfica do Rio Subaé, como apresentado a seguir pela Figura 34.

Figura 34 - Localização das estações fluviométricas inseridas na bacia do Rio Subaé.



Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

O Quadro 25 apresenta o resultado da compilação de informações acerca das estações fluviométricas que embora não estejam contempladas nos limites municipais de Feira de Santana, podem ser utilizadas como parâmetros comparativos e aplicáveis em modelos de regionalização. O

quadro em questão traz informações como o código da estação cadastrada no sistema da ANA, o seu nome, o responsável e o operador da estação, as coordenadas (latitude e longitude), a série histórica de dados disponíveis, dividindo-as entre os dados de cota, resumo de descarga e vazões, e entre dados brutos e consistidos, assim como o percentual de dados mensais disponíveis.

Quadro 25 - Informações das estações fluviométricas inseridas na bacia do Rio Subaé.

Código			51060000	51061000	51060100
Nome			SUBAE	SANTO AMARO	SUBAE II
Responsável			ANA	ANA	ANA
Operador			ANA	ANA	CPRM
Latitude			-12.516	-12.53	-12.53
Longitude			-38.73	-38.73	-38.73
Série	**Cota**	**Bruto**	1968-1990	1945-1962	1978-2019
		Consistido	1968-1989	1945-1962	1989-2014
	Resumo de descarga	**Bruto**	1968-1988	1949-1961	1989-2018
		Consistido	1980-1988	-	1989-2014
	Vazões	**Bruto**	-	-	2015-2019
		Consistido	1968-1989	-	1989-2014
% dados	**Cota**	**Bruto**	88.77%	92.59%	69.25%
		Consistido	91.67%	92.59%	91.99%
	Resumo de descarga	**Bruto**	38.49%	7.05%	20.83%
		Consistido	37.04%	-	21.15%
	Vazões	**Bruto**	-	-	78.33%
		Consistido	92.05%	-	93.91%

O símbolo - está relacionado a inexistência de dados para a categoria em questão

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.2.3.3. Aplicações e recomendações

Neste estudo foram identificadas as principais ferramentas disponíveis de auxílio aos processos de monitoramento e controle dos eventos de cheias, como publicações oficiais, mapas interativos e sistemas de gestão e monitoramento atuantes em âmbito estadual, trazendo também uma visão geral das estações pluviométricas e fluviométricas inseridas no município de Feira de Santana e contempladas na bacia hidrográfica do Rio Subaé.

Nota-se que existe uma fragilidade no processo de gestão dos fenômenos hidrológicos críticos no âmbito do município de Feira de Santana, situação que se repete na maioria dos municípios em território brasileiro. A Sala de Situação é atualmente a única ferramenta de suporte capaz de gerar atualizações diárias e mensais quanto ao monitoramento dos eventos de cheias e que podem atuar como um suporte para o desenvolvimento de medidas que visam mitigar os impactos destes eventos críticos. Entretanto, para a porção do município de Feira de Santana inserido na bacia do Rio Subaé, a obtenção de dados diários é limitada a séries históricas desatualizadas, caracterizando um cenário de escassez de dados, sejam eles fluviométricos ou pluviométricos. Destacam-se também a natureza dos dados existentes e compilados no levantamento deste estudo e, em sua maioria se apresentam como dados brutos. Erros e incertezas, aliados a uma limitada

disponibilidade temporal de dados, podem influenciar negativamente em análises e estimativas futuras.

Recomenda-se um estudo de viabilidade para a reativação da estação pluviométrica de código da ANA 1238064, e instalação de estações fluviométricas em trechos a montante do Rio Subaé. É necessário também a realização de estudos que visam analisar a qualidade dos dados, no que tange a confiabilidade dos mesmos, desta forma identificando a incidência de erros grosseiros e buscando assim, mitigar falhas que possam comprometer análises futuras.

A título de se ter um referencial quantitativo de totais pluviométricos que possa ser tomado como uma primeira indicação de chuvas significativas para a ocorrência de enxurradas, são apresentados valores que podem ser obtidos a partir da equação i-d-f (Intensidade x Duração x Frequência) utilizada neste estudo. Esta equação resulta de uma síntese da aplicação de modelos probabilísticos consagrados e ajustes, por métodos numéricos, de expressões que estimam risco de ocorrência de eventos de precipitação com alta intensidade. A equação i-d-f proposta pelo modelo Plúvio, para Feira de Santana é dada pela expressão:

$$i = \frac{5853{,}367 * TR^{0{,}212}}{(td + 51{,}823)^{1{,}021}}$$

Com base nesta expressão é possível construir uma relação que associa valores de totais precipitados (em mm) durante um intervalo de tempo t (em minutos ou horas) e o período médio (em anos), com que pode ser superado tal evento (TR). O Quadro 26 explicita os valores obtidos pela referida expressão.

Quadro 26 – Relação entre o total precipitado e diferentes tempos de retorno.

Duração	Intensidade média (mm/h) para tempos de retorno (TR) de 5, 10 e 25 anos.			Total precipitado no intervalo (mm)		
	TR 5	TR 10	TR 25	TR 5	TR 10	TR 25
15 minutos	112.81	130.66	158.68	28.20	32.67	39.67
30 minutos	91.74	106.26	129.04	45.87	53.13	64.52
1 hora	66.69	77.24	93.80	66.69	77.24	93.80
2 horas	43.01	49.82	60.50	86.02	99.64	121.00
3 horas	31.68	36.69	44.56	95.04	110.08	133.68
6 horas	17.62	20.41	24.78	105.71	122.44	148.70

Fonte: Elaboração própria.

Cada ponto de uma rede de drenagem possui uma determinada duração de precipitação que é a mais favorável à formação das suas condições limites de bom funcionamento. Diversos fatores concorrem para isto, entre eles porte da área de contribuição, declividade e o tipo de uso do solo.

Para os dispositivos de macrodrenagem da Sede Municipal de Feira de Santana que foram abordados neste estudo e, com a intenção de apresentar um primeiro referencial de situações críticas de precipitação, construiu-se um quadro que associa o total de precipitação em um tempo durante o qual este total foi precipitado. Tomou-se como base o tempo de concentração (tc) estimado nos estudos hidrológicos para cada microbacia inserida na área de drenagem do Rio

Subaé e seus respectivos canais associados. O tempo de concentração estima a duração necessária para um evento extremo de chuva de tal forma que toda a área de contribuição possa estar gerando a vazão que por ali escoa. O Quadro 27 apresenta esta relação.

Quadro 27 – Relação entre o total precipitado e o tempo de concentração (tc) para os canais inseridos na bacia hidrográfica do Rio Subaé.

Canal	Código	tc (h:min)	Intensidade média (mm/h) para tempos de retorno (TR) de 10, 25, 50 e 100 anos.				Total precipitado no intervalo (mm)			
			TR 10	TR 25	TR 50	TR 100	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
Canal 06	mb_sede_04	03:45	30.61	37.18	43.06	49.88	114.80	139.42	161.48	187.05
	mb_sede_07	01:29	61.04	74.13	85.86	99.45	90.54	109.95	127.36	147.52
	mb_sede_08	01:53	51.98	63.12	73.12	84.69	97.89	118.88	137.70	159.50
Canal 07	mb_sede_02	01:54	51.66	62.74	72.67	84.17	98.15	119.20	138.07	159.92
	mb_sede_03	04:08	28.22	34.27	39.69	45.98	116.63	141.64	164.06	190.03
	mb_sede_09	02:14	45.99	55.85	64.69	74.93	102.71	124.73	144.47	167.34
	mb_sede_11	01:48	53.64	65.14	75.45	87.40	96.55	117.25	135.81	157.31
	mb_sede_06	02:27	42.92	52.12	60.37	69.93	105.16	127.70	147.92	171.33
Canal 15	mb_sede_01	03:06	35.75	43.41	50.28	58.24	110.82	134.58	155.88	180.56

Fonte: Elaboração própria.

Vale salientar que estas estimativas dizem respeito às estruturas de macrodrenagem. Problemas associados a alagamentos nas vias resultantes de deficiência de estruturas de coleta estão associados a eventos bem mais curtos em sua duração.

4.2.3.4. Sistema proposto no PDMAPFS

Diante do exposto, propõe-se no âmbito do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de Feira de Santana, a implantação de um sistema de monitoramento e controle capaz identificar e definir ações em tempo real com o intuito de mitigar os efeitos dos eventos hidrológicos críticos que incidem sobre o território municipal.

É importante que o sistema a ser desenvolvido possibilite a integração de uma plataforma de contribuição colaborativa com o intuito de potencializar o processo de troca de informações entre a sociedade civil e os órgãos gestores. Desta forma, um usuário poderá informar sobre a ocorrência de um evento de cheias em sua localidade, dentro dos limites municipais de Feira de Santana, gerando relatórios, sejam eles escritos, fotográficos, ou em vídeo e que podem auxiliar nos processos de tomada de decisões, embasando soluções viáveis para mitigar a problemática apresentada.

Esta funcionalidade auxiliar pode ser desenvolvida de forma relativamente simples, visando a conciliação entre custo e benefício associado com o uso da plataforma de vigilância e controle Vicon SAGA, ferramenta nacional e livre de custos, desenvolvida e aprimorada constantemente pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – LAGEOP/UFRJ, em parceria com o Laboratório de Geoprocessamento Aplicado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, a mesma oferece suporte para utilização em aplicações para web

assim como aplicações mobile, permitindo também a sua integração em um servidor próprio. O Quadro 28 apresenta a seguir as características ímpares da plataforma, indicando um alto nível de customização e aplicabilidade ao sistema integrado para monitoramento e controle dos eventos de cheias proposto neste estudo.

Quadro 28 – Características e aplicabilidade da plataforma Vicon SAGA.

Características	Aplicabilidade
Acesso a multiusuários	A plataforma disponibilizada pelo Vicon SAGA permite que múltiplos usuários trabalhem simultaneamente, independente da localidade em que se encontram, tornando-a ideal para que os usuários colaborem com o sistema de monitoramento e controle indicando regiões onde estão ocorrendo fenômenos de cheias localizados.
Multiplataforma	Apresenta possibilidade de acesso através de desktop, tablet, aparelhos celulares ou notebook. A utilização do Vicon SAGA não exige conectividade com a internet, ou seja, permite que o usuário crie registros e submeta-os a plataforma assim que houver uma conexão estável com a internet.
Multi-idiomas	A plataforma é disponibilizada para atender a língua Portuguesa (BR) e Inglesa.
Importação de dados	Permite que dados sejam importados para a plataforma em diferentes formatos, como por exemplo, CSV, XLS, KML e SHP.
Inclusão de arquivos multimídia	Permite ao usuário agregar a um determinado relatório de evento arquivos multimídia, como fotos ou vídeos com legendas descritivas.
Múltiplos níveis de acesso	A plataforma Vicon SAGA oferece 4 níveis de acesso que possibilitam visualizar, criar, editar e gerenciar o projeto em questão. Essa funcionalidade apresenta boa adequação a natureza do sistema de monitoramento proposto neste estudo, criando diversos níveis de utilização e potencializando o gerenciamento do projeto colaborativo.
Geocodificador	Esta função permite transformar endereços em coordenadas geográficas.
Espacialização no Google Maps	Todos os registros são especializados na base cartográfica do Google Maps, possibilitando a visualização em 3 camadas: Mapa, Satélite e Terreno.
Customização de formulários	Permite criar formulários personalizados para atender as necessidades do projeto.

Características	Aplicabilidade
Elaboração de relatórios	Os registros realizados na plataforma Vicon SAGA podem ser exportados como relatórios nos seguintes formatos: XLS, PDF, KML, HTML, XML.
Consulta por raio	Permite a consulta de registros em um raio de distância, facilitando assim consultas localizadas.
Elaboração e exportação de mapas	Os registros podem ser exportados em diferentes formatos compatíveis com soluções de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), como por exemplo: PNG, KML, RS2, SHP.
Controle de alterações	Todas as alterações realizadas são armazenadas em formato de registros que podem ser visualizados pelo administrador do projeto.
Application Programing Interface (API)	Permite que funções sejam realizadas sem a necessidade de entrar no sistema, como por exemplo, criar, excluir, consultar usuários, registros e projetos.
Importação de postagens em redes sociais	A plataforma Vicon SAGA permite a busca por palavras-chave em diversas redes sociais que podem ser importadas a base de dados de um determinado projeto. Como por exemplo, uma postagem acerca de um evento de cheias em uma determinada localidade.

Fonte: Vicon SAGA, 2021. Adaptado.

Através do uso da ferramenta Vicon SAGA é possível gerar registros georreferenciados de eventos de cheias que ocorrem de forma isolada ou integrada, desta forma contemplando a natureza destes eventos assim como sua ocorrência e abrangência. A seguir serão apresentados modelos de registros, através do Quadro 29, que podem ser adotados e aplicados em um projeto da plataforma Vicon SAGA para integração ao sistema de monitoramento proposto neste estudo.

Quadro 29 – Tipos de registros propostos para aplicação na plataforma Vicon SAGA

Tipo de registro	Natureza do registro	Descrição do tipo de registro
Inundação	Podem ser condicionados por fatores naturais ou agravados devido à ação de fatores antrópicos.	Ocorre quando há o extravasamento das águas de um canal de drenagem, atingindo a planície de inundação. Caracteriza-se por possuir uma ocorrência periódica.
Alagamento	Podem ser eventos localizados, relacionados a obstruções nos dispositivos de drenagem ou em decorrência de processos de urbanização.	Ocorre quando há o acúmulo de água em decorrência de equívocos no dimensionamento dos dispositivos de drenagem urbana, obstáculos ou estrangulamentos ao longo de

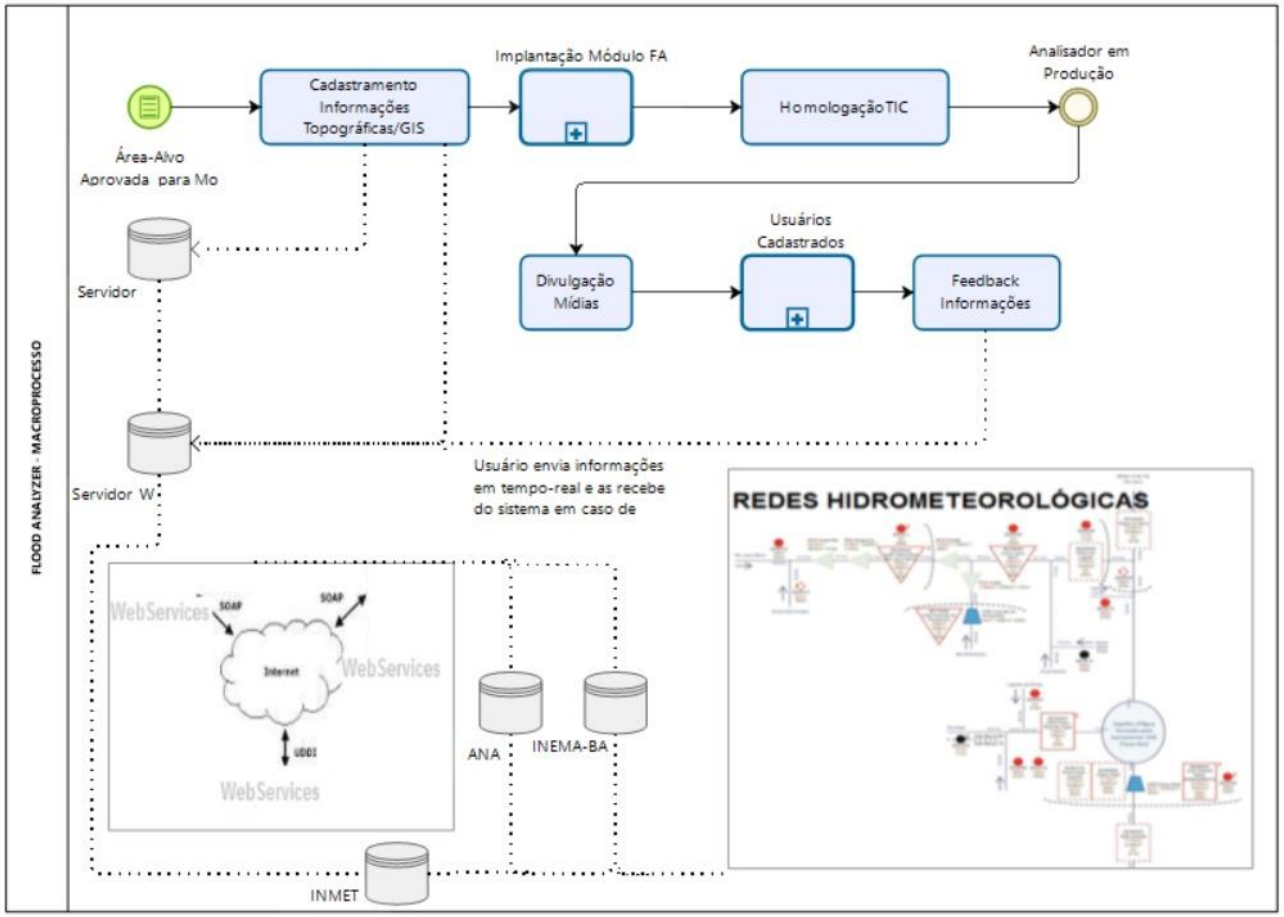
		seus trechos, ou ainda em decorrência da topografia aliada a demais fatores
Enchente	Podem ser eventos localizados, relacionados a obstruções nos dispositivos de drenagem ou em decorrência de processos de urbanização.	Ocorre quando há o aumento da cota do canal em decorrência do aumento de vazões, porém sem extravasar a cota máxima do leito maior.
Enxurrada	Podem ser eventos localizados, relacionados a obstruções nos dispositivos de drenagem ou em decorrência de processos de urbanização.	Ocorrência em bacias de pequena área de drenagem e de relevo mais acidentado, sendo também atribuídas a sua ocorrência em zonas altamente urbanizadas.

Fonte: Elaboração própria.

A arquitetura física do sistema proposto deverá agregar uma rede de equipamentos de monitoramento de dados hidrometeorológicos em tempo real, contemplando de forma conjunta uma interface computacional intuitiva, de fácil operação e manutenção, capaz de receber os dados coletados e estruturá-los em um banco de dados.

A interface computacional principal deverá ser capaz de realizar análises hidrológicas simples e complexas com base nos dados levantados em tempo real, possibilitando também a integração dos dados disponíveis através da Rede Hidrometeorológica Nacional, como os dados disponibilizados através da plataforma HidroWeb, da ANA e o SEIA, desenvolvido e disponibilizado pelo Inema e permitindo a integração dos dados aos sistemas de informações geográficas (SIG), por meio de mapas interativos e permitindo o consumo destes dados via Web Map Services (WMS). A Figura 35 apresenta a arquitetura do sistema Flood Analyser, um sistema de monitoramento em tempo real que contribui para tomadas de decisões e mitigação dos graves problemas causados por enchentes e principalmente inundações em tecidos urbanos. Alguns aspectos deste sistema podem ser adotados como elementos guia para concepção da arquitetura do sistema proposto neste estudo.

Figura 35 - Arquitetura do sistema

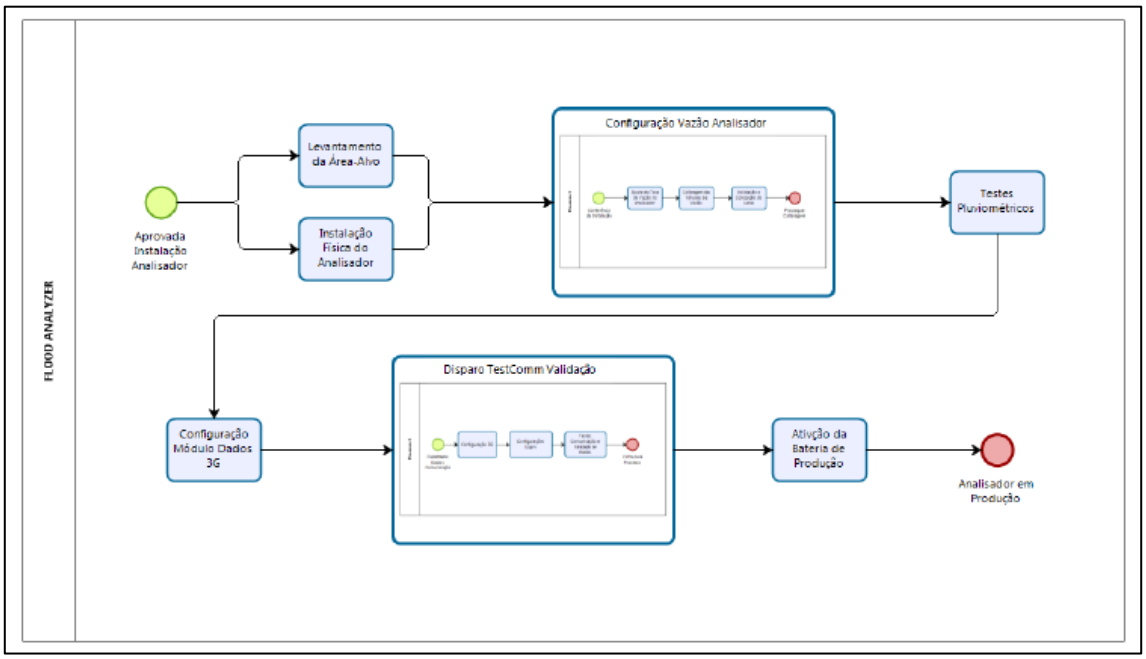


Fonte: Herbert Lopes, 2021

Como modelo conceitual, parte da concepção, desenho e arquitetura do sistema Flood Analyser é apoiada no uso de recursos tecnológicos de telemetria por sensores, das tecnologias da informação e comunicação, dos princípios e aplicações da internet das coisas e recursos SIG, na captura, tratamento, armazenamento, disponibilização de indicadores e mapas de riscos.

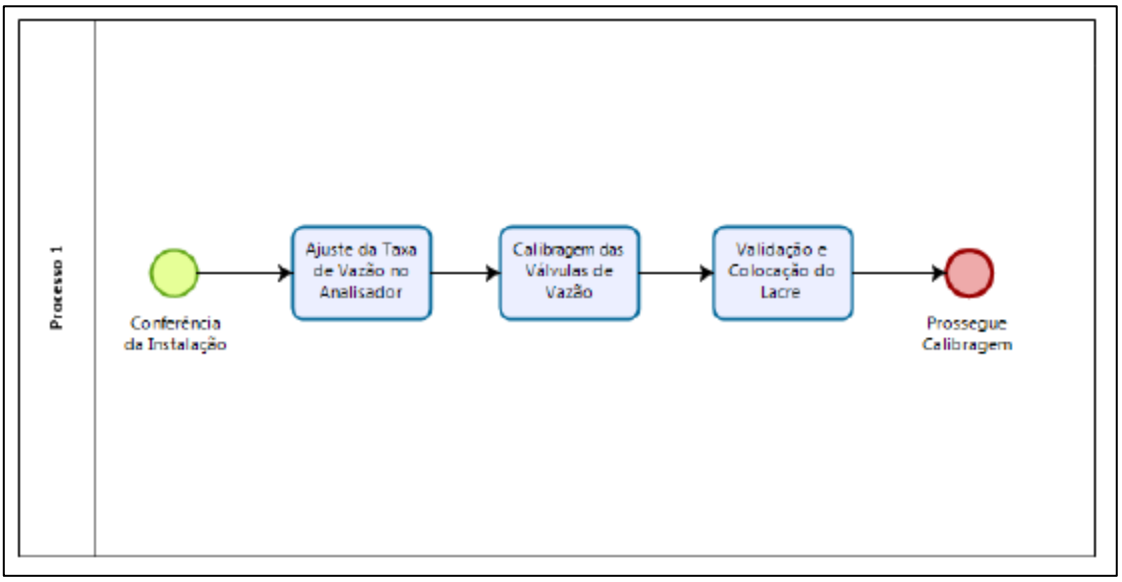
Devem ser espacializados módulos monitores em regiões a partir de criteriosa avaliação técnica, definidas no tecido urbano, com o intuito de monitorar a evolução de hidrogramas de respostas do ambiente urbano a eventos de chuvas intensas, em função das características intensidade, duração, quantidade, frequência de ocorrência, capacidade de drenagem instalada, volume de águas pluviais geradas e escoadas cotas abaixo, principalmente em pontos geradores de episódios de inundações e enchentes críticas já conhecidos, mitigando os danos materiais e os danos a vidas humanas. O detalhamento da arquitetura desse sistema pode ser observado a partir das Figuras Figura 36, Figura 37 e Figura 38 demonstrando as etapas processuais.

Figura 36 - Flood Analyzer



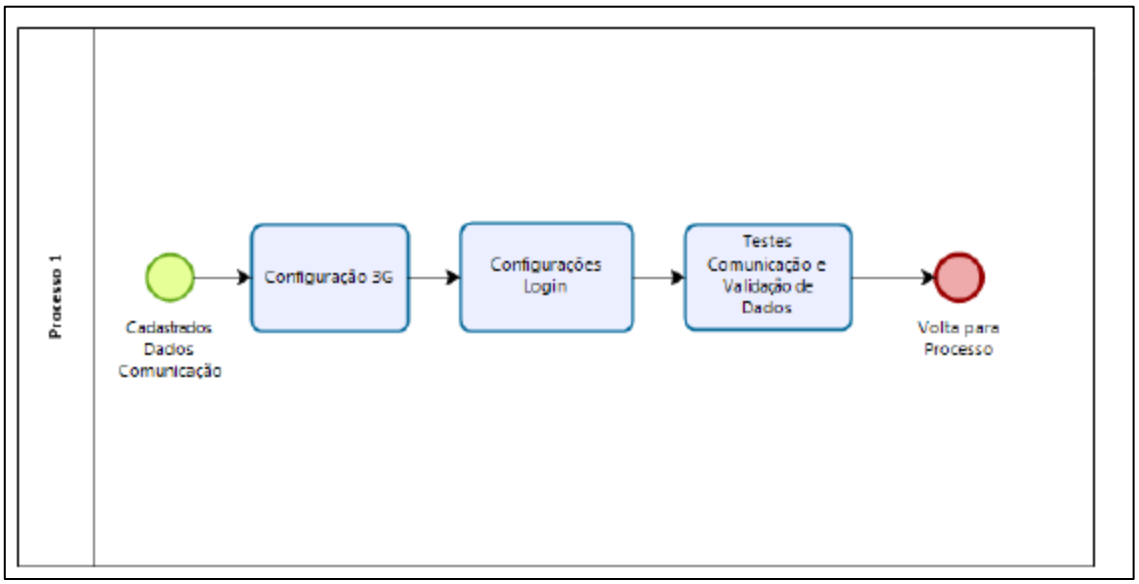
Fonte: Herbert Lopes, 2021

Figura 37 - Flood Rate - Processo 1



Fonte: Herbert Lopes, 2021

Figura 38 - Trigger test comm - Processo 1



Fonte: Herbert Lopes, 2021

Cada um dos módulos é dotado de um sistema de monitoramento que é calibrado *in loco* com dados de um estudo preliminar de regionalização, no tocante à pluviometria e capacidade instalada de drenagem para escoamento de águas pluviais.

A partir da calibração de partida da instalação o módulo permanece alerta acompanhando as precipitações e avaliando quando determinado evento meteorológico de padrão de chuvas começa e a resposta do tecido urbano se tornar perigosa, com riscos de enchentes, inundações e deslizamentos. O módulo funciona baseado em um microcontrolador da série PIC 16F, o qual faz comparações cada vez que tem início algum evento precipitação pluviométrica, e evolução do hidrograma para situação em que se avolume o suficiente para inspirar providências, o sistema envia por linha celular a informação do quadro pluviométrico para um servidor central onde já estão em operação um sistema GIS e uma base de dados pluviométricos/topográficos/geológicos característicos do meio físico e hidrografia.

Os dados enviados pelo módulo retroalimentam a base de dados, atualizando-a. Um importante aspecto deste sistema é a possibilidade de integrar a participação da sociedade civil, permitindo ingressar no site onde a interface do sistema está hospedado e enviar textos e imagens, após um rápido cadastro prévio.

Dessa forma, propõe-se que os recursos tecnológicos de coletas de dados em tempo real através de uma rede hidrométrica e meteorológica a ser instalada, deverão, portanto, ser calibrados para informar a evolução de hidrogramas de respostas das microbacias. As análises deverão agregar e considerar o estudo morfométrico de cada microbacia o qual embasará a análise do comportamento dos parâmetros alimentadores do sistema. A modelagem deverá considerar a na modelagem considerando a precipitação, coeficientes de permeabilidade, capacidade drenante, evolução de volumes e tempo de concentração gerador de inundações nos pontos críticos já mapeados neste estudo.

É interessante que sistema considere a sinergia entre as microbacias, a macrodrenagem, e microdrenagem, bem como o momento em que todo o tecido urbano esteja contribuindo para a geração de pico de volumes de águas pluviais, em eventos extremos de precipitação.

Podemos destacar um grupo de parâmetros que melhor se adequam a realização de modelagens hidrológicas a partir de análises sazonais dos fenômenos de cheias e que podem ser facilmente aplicados através da utilização de modelos matemáticos e probabilísticos para melhor compreender a natureza destes fenômenos e estimar indicadores de alerta para a ocorrência dos mesmos. Seriam estes padrões citados anteriormente:

- Medições de Vazões,
- Medições de cotas;
- Medições de precipitação;
- Medições de nível de água nos pontos críticos.

Através da correlação entre as variáveis hidrológicas apresentadas anteriormente, será possível gerar e disponibilizar através do sistema proposto os seguintes produtos:

- Hidrogramas, diário, semanal, mensal e anual;
- Gráfico de precipitação acumulada mensal e anual;
- Alerta para situações críticas por meio de indicadores do potencial formador de eventos hidrológicos críticos;
- Boletins diários;
- Boletins mensais, sintetizando as ocorrências no referido mês.

A aplicação e modelos hidrodinâmicos constitui um componente vital para o pleno funcionamento do sistema proposto, uma vez que será possível simular o comportamento das estruturas de drenagem assim como a abrangência dos fenômenos de cheias em zonas urbanas. Modelos como o *Stom Water Managemente Model* (SWMM) podem ser integrados ao sistema proposto, gerando indicadores que podem auxiliar na concepção de estratégias que visam mitigar os problemas decorrentes dos eventos de cheias, uma vez que este modelo proporciona uma análise chuva-vazão dinâmica, dessa forma, sendo bem aplicado na gestão do manejo das águas pluviais urbanas. Outro modelo que pode ser aplicado, tendo como insumos os dados de entrada definidos como parâmetros essenciais para o sistema proposto, seria o modelo HEC-RAS, desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros dos Estados Unidos (*United States Army Corps of Engineers* – USGS), proporcionando um indicador referente a manchas de inundação estimadas, permitindo assim identificar as áreas mais críticas onde podem ocorrer os eventos de cheias assim como a sua dimensão e impacto ambiental, social e econômico.

Quanto a operacionalização deste sistema, propõe-se a implementação de uma coordenação municipal multidisciplinar capaz de coletar, organizar e interpretar os dados gerados. É importante citar que o Quadro 30, apresentado a seguir constitui uma proposta de quadro técnico para operacionalização do sistema de monitoramento e controle de cheias para o município de Feira de Santana, entretanto, fica a critério da Prefeitura de Feira de Santana aderir ou alterar esta sugestão mediante as necessidades da mesma.

Quadro 30 – Quadro técnico proposto para compor a equipe de operacionalização do sistema de monitoramento e controle de cheias para o município de Feira de Santana.

Profissional (formação)	Nº Profissionais
Analista de sistemas	2
Engenheiro Civil/ Engenheiro Sanitarista	1
Meteorologista	1
Técnico em SIG	1
Técnico de campo	1

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

É fundamental para o bom funcionamento do sistema proposto neste estudo a integração com a Defesa Civil do município de Feira de Santana com o intuito de estabelecer estratégias e planos de ação para potencializar os processos de tomada de decisão, mitigando os impactos dos eventos hidrológicos críticos. A equipe também deverá estar integrada com a rede de monitoramento meteorológico do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), assim como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A empresa contratada para desenvolver e fornecer o sistema de monitoramento deverá capacitar a equipe responsável pela operacionalização do mesmo, bem como oferecer suporte para eventuais manutenções, ajustes e atualizações. O sistema deverá atualizar os parâmetros da rede de drenagem do município no primeiro ano do horizonte de médio prazo, devido a implantação das medidas estruturantes e estruturais propostas para melhoria da mesma.

A concepção do sistema de monitoramento proposto neste tópico está baseada nas necessidades mais urgentes quanto a natureza qualiquantitativa dos dados hidrometeorológicos, das modelagens aplicadas e da área e períodos de abrangência quanto ao monitoramento e controle de eventos de cheias para o município de Feira de Santana. Visando atender a essas necessidades, o tópico seguinte apresenta o Sistema FluxDrain e suas aplicações, capaz de atender aos requisitos físicos e computacionais propostos.

4.2.3.4.1. Exemplo de Mercado: Sistema *FluxDrain* para Monitoramento Online da Drenagem Urbana

Como exemplo de possibilidades de mercado de sistemas para Gestão da Drenagem Urbana, esse estudo traz o exemplo do Sistema *FluxDrain*.

O FluxDrain foi desenvolvido pela s*tartup* baiana chamada *EchoFlow Smart Water* em conjunto com o SENAI Cimatec, a partir da aprovação no edital SENAI Inovação para Cidades Resilientes de 2018. O sistema é um exemplo de produção de inovação nacional para a gestão de Cidades Resilientes. Sua proposta conversa com a presente estudo: montirar, operar, realizar predições e

controlar, pela geração de alertas e atuações online, sistemas de drenagem urbana de forma direncionado por dados e algoritmos de simulação.

O sistema traz a integração dos projetos em softwares padrões utilizados em pesquisas acadêmicas e pela iniciativa privada para projetos de drenagem e simulações hidrológicas, associando-os a um "Sistema de Gestão Inteligente" e "Algoritmos de Análise de Grande Quantidade de Dados" para serem utilizados com medições hidrométricas online na gestão de "Cidades Inteligentes".

O FluxDrain desenvolveu sistemas próprios de captação e transmissão de dados com uma moderna tecnologia de IoT (*Internet of Things* - Internet das Coisas) denominada de LPWAN (*Low Power Wide Area Network* - Redes de Baixo Consumo e para Grandes Áreas Geográficas). Os sistemas de sensoriamento desenvolvidos nesse sistema englobam o sensoriamento hidrológico (chuva e canais de macrodrenagem) e sensores de altura de lâmina d'água de ruas, descritos a seguir.

Sistemas de Sensoriamento Hidrológico

O FluxDrain pode ter pluviômetros online individuais ou associados à medição de nível de canais de macrodrenagem, denominado nesta forma de "**estação hidrológica**", ambos com módulo de comunicação com tecnologia IoT LPWAN.

O sistema **pluviométrico online** consiste em um medidor da quantidade de chuva tipo pluviómetro de báscula com um *reed switch* de contato seco que envia o sinal a um módulo de comunicação IoT LPWAN que adquire e transmite a uma central de dados em tecnologia LPWAN.

O sistema da **estação hidrológica** consiste de um **pluviométro online,** com funcioamento expresso acima em conjunto com um medidor de nível tipo ultrassônico ou radar eletromagnético para monitoramento dos canais de macrodrenagem. Ambos os sinais são enviados pelo módulo de comunicação IoT LPWAN a uma estação central de dados em tecnologia IoT LPWAN.

Sensores de Nível de Altura de Lâmina d'água de Ruas

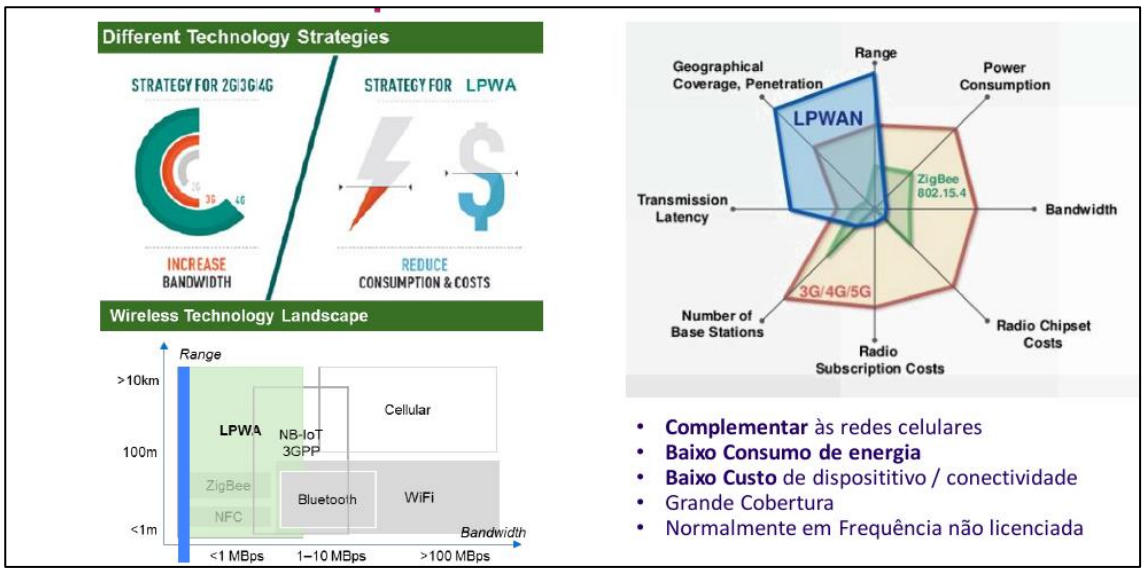
Os sensores de altura de Lâmina d'água online com módulo de comunicação com tecnologia LPWAN consiste em um sistema com um medidor ultrassônico de nível de alta resolução e foco amplo com sinal digital conectado a um módulo de comunicação IoT LPWAN que adquire, processa e transmite o dado medido que informa a altura de lâmina d'água, bem como a velocidade da enchente ou alagamento.

Comunicação IoT LPWAN

Todos os módulos associados aos sensores descritos se comunicam com protocolo de Internet das Coisas LPWAN. Essa tecnologia de modulação de sinais, desenvolvida em 2016, possui grandes vantagens para medições e comunicações de dados "curtos" em tamanho que os sensores geram. Com espalhamento espectral e criptografia de alta segurança, esse protocolo possui uma topologia de rede em estrela, em que uma única Estação Rádio-Base pode receber mensagens de até centenas de milhares de sensores ao mesmo tempo, com alta sensibilidade de recepção,

possibilitando uma grande área de cobertura e penetração de estruturas, além de um baixo consumo de potência dos módulos. Por outro lado, os sistemas de IoT LPWAN possuem um baixo custo de implantação e operação, devido à simplicidade da seus *modems* de comunicação, com pequena largura de banda, focados para mensagens de até 12 kbytes, que possibilitam uma forma de transmissão independente sem a necessidade de custos mensais por módulo de redes de celulares ou internet.

Figura 39 - Principais Características do LPWAN



Fonte: *EchoFlow*, 2021

Assim, os módulos que transmitem mensagens com os dados medidos podem estar localizados em um raio de 5km a 15km da posição da estação rádio-base IoT LPWAN, a depender da potência e sua configuração,instalada em local elavado na região de medição. Por outro lado, os sistemas dos módulos de captação e comunicação dos sensoriamentos foram desenhados para atuar com baixo consumo energético e auto alimentado com placas de energia solar em caso de necessidade de alimentação dos elemetos sensores.

Tais módulos podem ser configurados com variações em seus *firmwares,* para se programar, como se considerar interessante pelo projeto, o tempo e o momento de envio dos dados, como, por exemplo, alterar a frequência de envio das mensagens em caso de ocorrência de chuvas, enchentes e alagamentos.

Para os sensores de Chuva se adota a lógica utilizada pelos pluviômetros automáticos do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) com envio de informações sem chuva a cada 30min e com chuva a cada 5min. O mesmo tipo de lógica foi utilizado para os sensores de nível macrodrenagem e de altura de lâmina d'água de ruas, com a alteração da medição (nesse caso ativa) em períodos de alagamento para cada 1min, mas com envio de informações sem alterações de nível de alagamento a cada 30min e com alterações a cada 2min.

O Software *FluxDrain* que faz a gestão da drenagem urbana foi desenvolvido a partir das tecnologias mais modernas para lidar com a gestão da grande quantidade de dados para cidades inteligentes. O sistema é servidor em nuvem, com o serviço do tipo Web Service, acessados em

"*browsers*" comuns pelos cliente, adotando as tecnologias mais modernas de autenticação e segurança. O *FluxDrain* possui as seguintes características abaixo:

- Servidor em nuvem IoT LPWAN, que adquire e pré-processa os dados dos sensoriamentos de campo em um sistema de banco de dados com base na tecnologia de indexão NoSQL Logstash/ElasticSearch, com alta capacidade de escalar a quantidade de sensores e rápida responsividade para acesso aos dados;
- Possui suporte a upload de projetos de Modelo hidrológico em Software Open Source SWMM® da USEPA da sub-bacia hidrológica selecionada a ser monitorada, com a possibilidade de visualização dos dados gerados pelas simulações dos modelos hidrológico , além de prover a calibração destes a partir dos dados dos sensores online. O sistema também possibilidade a visualização geolocalizada da rede hidrológica projetada e possibilidade de realização de análises e configuração de gráficos e indicadores a partir dos de resultados;
- Possui suporte a upload de projetos do Software HEC-RTS (HEC-HMS, HEC-RAS, HEC-ResSim e HEC-FIA com a também possibilidade de configurações de como se apresenta os dados, calibração online dos modelos hidrológicos a partir dos dados dos sensores online, com os seguintes aspectos:
  - Sistema de drenagem projetado e os resultados modelos de Chuva-Vazão pelo HEC-HMS;
  - Dinâmica de Rios/Canais de Macrodrenagem pelo HEC-RAS - com previsão de área de alagamentos a partir das previsões de metereológicas;
  - Análise de Impacto de Alagamentos através de modelagem no HEC-FIA com possibilidade de análise de danos humanos e financeiros a cada previsão de alagamento.

O sistema conta com um "*frontend*" com Dashboards de ampla possibilidade de configuração, com a possibilidade de análise das camadas de projetos ou indicações configuradas pelo usuário em mapas da Bacia Hidrográfica Monitorada, além de prover predições e alertas via SMS e e-mail, ou até disparo de sirenes in loco;

Conta ainda com disponibilização e recebimento de dados em *endpoint* em JSON para *interface* com outros sistemas como o Hidroweb da ANA via tecnologia API Rest/Restful, além de disponibilização de Mapas em formatos padrões SIG ou de imagens.

4.2.3.4.2. Implantação de um Sistema de Monitoramento Online da Drenagem Urbana em Feira de Santana

Este tópico propõe uma descrição conceitual acerca da implantação e operação de um Sistema de Monitoramento Online da Drenagem Urbana para a cidade de Feira de Santana, visando atender as necessidades expostas neste trabalho quanto ao monitoramento e controle dos eventos de cheias.

A ideia é descrever as etapas necessárias para o órgão municipal conseguir implementar e gerir um sistema como essa finalidade, utilizando o conceito de "gestão direcionada por dados" como base, com o suporte de sensores com tecnologias modernas de internet das coisas, modelagens matemáticas de projetos metereológicos e hidrológicos.

Assim, um conceito de uma ferramenta para gestão da resiliência de bacias hidrográficas, com predições e análises elaboradas das sua dinâmicas e seu sistema de drenagem urbana, capaz de contar com o suporte de algoritmos de inteligência artificial e análises estatísticas capazes de prover suporte a ações de gestão pública e intervenções e prevenções na zona urbana monitorada.

Para isso, se dividiu esse programa de implantação e operação da drenagem urbana em 5 (cinco) fases descritas detalhamento abaixo:

- FASE 1 - Planejamento e Projetos;
- FASE 2 - Planejamento e Quantificação de Sistemas de Sensoriamento Hidrométrico;
- FASE 3 - Licitação, Instalação Comissionamento e Testes de Campo dos Sistemas Recebidos;
- FASE 4 - Calibrações de Modelos;
- FASE 5 - Operação do Sistema.

A fase 1 e 2 serão apresentadas neste documento para se ter uma ideia conceitual do projeto necessário de implantação do monitoramento online da drenagem urbana.

Fase 1 - Planejamento de Sistemas de Alertas e Projetos

A proposta de programa de implantação do sistema de monitoramento online da drenagem é a geração de uma metodologia para aquisição e análise de dados hidrométricos, com a formatação de uma gestão direcionada por estes dados. Para isso, o sistema deve abranger formas de simulação computacional para previsões meteorológicas, determinação de áreas de inundação e dados estatísticos relevantes, além de possibilitar a formulação de indicadores de processos de gestão de resiliência hidrológica de um centro urbano, com formas predições e alertas de eventos importantes na bacia hidrográfica.

Dessa maneira, a primeira necessidade de um município para ter um sistema como esse é a produção de um plano de resiliência urbana como o PDMAPFS, para se ter um estudo aprofundado de todos os aspectos relevantes para um programa de gestão dos ciclos hidrológicos cada vez mais agudos em frente ao quadro da mudança climática.

A primeira fase então deve se definir de forma clara quais as áreas a serem geridas para aumentar sua resiliência, subdividinda-as de acordo com as bacias do município para se construir modelos para o monitoramento.

Com isso, se deve definir as diretrizes e se propor a implatação de um órgão da gestão municipal, viculado á Defesa Civil, como a ideia de ser um “Centro de Monitoramento Online da Drenagem Urbana”.

Este Centro deve possuir em seu corpo de atribuições para o manejo de risco das áreas urbanas os elementos expressos no item 1.1.2 - Sistema de Gestão e Controle da Drenagem Pluvial:

- Programa de prevenção a curto, médio e longo prazo da área monitorada;
- Planejamento de proteção de ações estruturantes e não-estruturantes para a localidade;
- Programa de preparação da população e sociedade civil para lidar com os eventos agudos de chuva;
- Programa de resposta de emergência da gestão municipal para os eventos agudos de precipitação e por fim;
- Orograma de recuperação e aprendizados para lidar com o retorno à “normalidade” e evitar problemas repetidos na vida urbana na bacia.

Para a formulação e operação deste Centro, este relatório propõe a implantação de órgão viculado à Defesa Civil que opere a gestão online da drenagem urbana por um sistema moderno com os conceitos de “Internet das Coisas”, “Análise de Grande Quantidade de Dados” e “Gestão Inteligente”.

O sistema de monitoramento deve ter integrado na sua estrutura as funcionalidades de aquisição, transmissão de dados, fornecendo sensores e módulos de transmissão da informação com capacidade para grandes áreas de monitoramento, baixa necessidade de manutenção e consumo de energia, sendo auto-alimentados quando necessário por energia solar.

No que tange à armazenagem e gestão de dados em um “banco”, o sistema deve possuir com análise semântica própria para SIG e análises hidrológicas. Tal “backend” deve poder obter e repassar os dados de sensores hidrométricos bem como dos seus mapeamentos geoespaciais SIG para outros software ou servidores em objetos JSON ou Geo-JSON através de interfaces de API/Restful.

O sistema também deve se preocupar com a autenticação dos usuários usando conceitos moderno de segurança como Oauth 2.0, além de encriptação dos dados para segurança das informações de gestão urbana.

Além disso, o sistema deve possuir serviço de incorporação de projetos hidrológicos geo-referenciados em no mínimo modelagem SWMM (domínio público) com a importação e de toda a base de dados de uma bacia hidrográfica para que assim seja possível se realizar de forma integrada simulações e análises estatísticas, com a catalogação de infraestrutura projetada de drenagem urbana.

Modelos meteorológicos e hidrológicos a partir de dados online medidos por infraestrutura hidrométrica devem estar disponíveis no sistema para os técnicos do Centro de Monitoramento, os quais devem ser capazes de calibra-los e realizar seus resultados constantemente. Com base nesses modelos online, atualizados diariamente, deve-se ter a possibilidade de previsão de chuva com resolução suficiente para predições de eventos nas sub-bacias hidrográficas do munícipio de Feira de Santana, bem como ter predições de inundações e alagamentos de áreas do município. Por outro lado, o sistema deve prover monitoramento constante de ruas inundadas, bem como a dinâmica desses eventos. Além disso, deve possuír suporte para alertas por e-mails, SMS, bem como de alertas in loco das áreas de risco, através de sirenes instaladas nos locais.

O sistema de monitoramento online da drenagem deve ser capaz de gerir o balanço de massa das bacia modeladas, com acesso aos dados simulados para análises estatísticas disponíveis nesses modelos e deve possuir suporte para uma gestão direcionada por dados.

Para isso, o sistema deve ter um suporte de criação de um Data Warehouse (DW) e de um sistema de Business Intelligence (BI), capazes de extrair dos dados simulados e medidos e realizar correlação, análises e criação de Indicadores Chaves do processo de análise de resiliência para lidar da melhor forma com predições, gestão e planejamento nas regiões analisadas para proposição de ações estruturantes e não estruturantes capazes de tornar mais resiliente a localidade monitorada aos eventos climáticos agudos.

Assim, dentro dessas perspectivas, para uma ideia conceitual do processo de implantação de um sistema de Monitoramento Online da Drenagem Urbana a ser implantado em Feira de Santana, os seguintes projetos e ações são funcionalidade essenciais e devem ser acompanhados pelo Centro de Monitoramento da Drenagem Urbana a ser criado:

Projeto de Modelo Meteorológico

O Modelo WRF

Para a possibilidade de previsões apuradas da incidência de precipitações, este relatório propõe a necessidade de uma modelagem metereológica como padrão para o Centro de Monitoramento com base no modelo (WRF) Weather Research and Forecasting da NOAA, que é um sistema de última geração de mesoescala de previsão numérica de tempo. Ele possui dois núcleos dinâmicos, um sistema de assimilação de dados, e uma arquitetura de software que permite a computação paralela e extensibilidade do sistema.

Previsão Numérica de Tempo (PNT), é um método no qual tem a finalidade de prever o tempo em até vários dias de antecedência. "O comportamento da atmosfera é governado por leis físicas que podem ser expressas por equações matemáticas. Tais equações, entretanto, são muito complexas e não possuem soluções exatas para os valores futuros. Por esta razão, técnicas de modelagem numérica são utilizadas, dando origem aos Modelos Numéricos de Previsão do Tempo" (UNESP, 2015).

Os modelos de previsão numérica do tempo podem ser globais ou de área limitada, sendo esse último, o modelo que deve ser elaborado para a cidade de Feira de Santana. A proposta é ter um modelo de PNT sendo executado todos os dias a partir do servidor da empresa contratada, tendo a necessidade de ter capacidade de processamento superior aos convencionais.

A necessidade do uso de computadores de alto desempenho, está ligado ao fato de que esse método de prever tempo executa muitas operações, necessitando de toda potência disponível.

VARIÁVEIS OBTIDAS PELA SIMULAÇÃO

- Previsão de Temperatura a 2m (C)
- Previsão de Temperatura Máxima (C)
- Previsão de Temperatura Mínima (C)
- Previsão para Precipitação Acumulada (mm)
- Previsão para Umidade Relativa (%)
- Previsão para Lin. Cor. e Magn. do vento a 10m (m/s) e PRNMM (hPa)
- Previsão para Lin. Cor. e Magn. em 850 (hPa)
- Linhas de Corrente e Magnitude do vento (m/s) em 200 hPa

A configuração mais detalhada do projeto meterológico será apresentada no projeto básico do sistema monitoramento online da drenagem.

A Figura 40 traz um exemplo em projeto por modelagem no Software SWMM.

Figura 40 - Exemplo de Aerofotografia de área de Monitoramento

Fonte: *EchoFlow*, 2021

O segundo projeto necessário para uma metodologia de monitoramento online da drenagem é a utilização e configuração do modelo hidrológico, que tem o papel fundamental de transformar dados de precipitação (chuva), em totais escoados (vazão). Basicamente é o processo de cálculo para a determinação da quantidade de água que infiltrou no solo, bem como o que não infiltrou e eventualmente irá gerar escoamento superficial.

Tal sistema deve prever dentre outras coisas, as características geomórficas e topográficas da bacia, uso e ocupação do solo, e análise da evolução da urbanização.

Deve-se avaliar por este modelo os aumentos da quantidade de água escoada pelas ruas e rede de macrodrenagem, ocasionando eventos de cheias em áreas próximas aos dispositivos de macrodrenagem, ameaçando o bem-estar dos moradores próximos.

Existem diversas metodologias para tal, aqui como proposta é adotada para elucidação o exemplo do método SCS-CN (Soil Conservation Service – Curve Number), que é um método aproximado.

Para sua utilização do modelo hidrológico na Gestão Online da Drenagem, são fundamentais as entradas de dados atualizados dados de uso e ocupação do solo, previsões metereológicas, dados de chuvas online por pluviômetros automáticos, nível de rios/canais e dados online de existência e velocidade de com lâmina d'água em ruas.

Avaliação de Uso e Ocupação do Solo

A gestão do Centro de Monitoramento a ser criado deve contratar ou elaborar a partir aerofotografias municipais atualizadas um mapa com as regiões de uso e ocupação do solo, convenientemente classificado, permitindo identificar para cada quadra qual o percentual de área impermeável, bem como o valor do parâmetro CN, necessário para o cálculo do modelo chuva-vazão. Tal processo precisa ter uma rotina de atualização para manutenção da qualidade da modelagem. A Figura 41 traz o exemplo de mapa de uso e ocupação do solo prar uma fração de área de estudo, que podem ser gerados para avaliação e monitoramento, bem como obtenção de novos parametros para as modelagens.

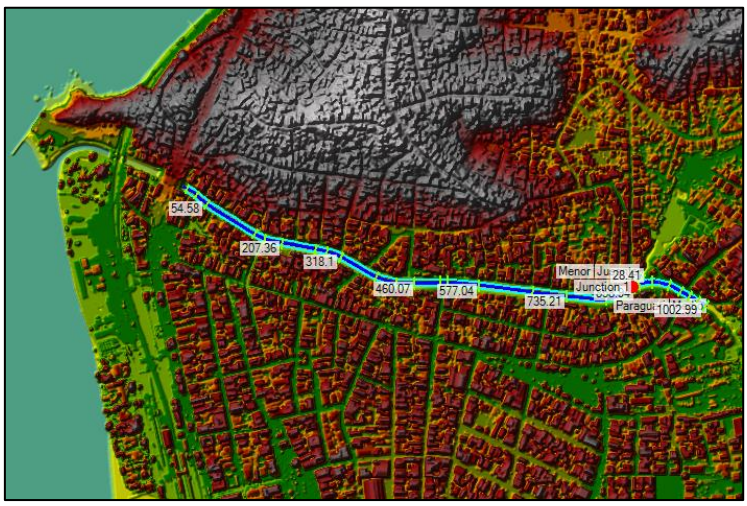
Figura 41 - Exemplo de Mapa de uso e ocupação do solo para uma fração da área de estudo.

Fonte: *EchoFlow*, 2021

Projeto Topográfico / Batimetria de Canais de Macrodrenagem

Além da análise de ocupação do solo, dados topográficos atualizados são cruciais para o desenvolvimento do modelo hidráulico. Para o sistema de monitoramento da drenagem urbana, é preciso rasterizar um modelo digital do terreno (Figura 42), com resolução requerida para este tipo de simulação e extração de diversas informações, como o formato geométrico dos rios ou canais de macrodrenagem, bem como os subcanais de bairros ao redor, através de batimetria ou sistemas de projetos topográficos com a tecnologia LiDAR a uma resolução espacial de 0,5m.

Figura 42 - Exemplo de Modelo Digital de Superfície



Fonte: *EchoFlow*, 2021

É valido destacar que além da manipulação de dados topográficos para a geração de dos produtos mínimos necessários (como o mapa de uso do solo da região), outros produtos podem ser utilizados com referência para o monitoramento da drenagem urbana, tais como mapas de arruamento,

quadras e possíveis pontos da rede de drenagem consequentes de ocupação desordenada para seu monitoramento e controle.

Dados Hidrométricos e Calibrações

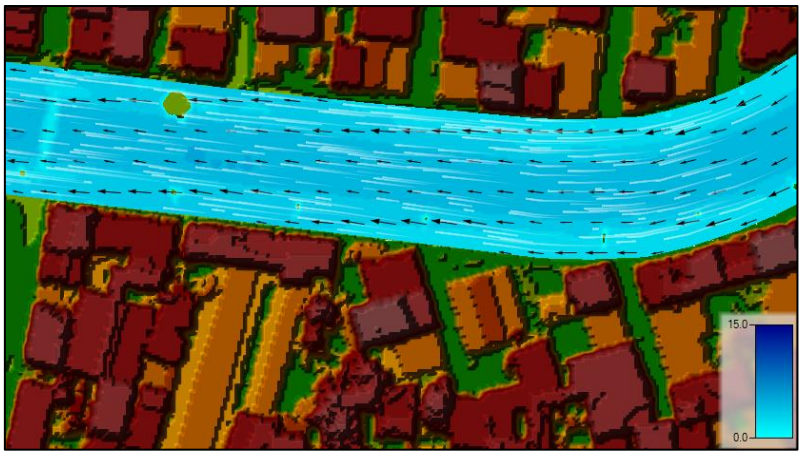
Dados iniciais de preciptação históricos da bacia monitorada, devem ser obtidos pela gestão municipal em análise dos arquivos da defesa civil ou solicitados a outras esferas do poder público, tais como dados de pluviômetros sub-horários instalados. Neste caso, os dados devem ser catalogados e inseridos no modelo hidrológico. O sistema de monitoramento deve ser capaz de lidar com essa inserção manual. Os eventos de chuva com melhor discretização devem ser separados do todo, para posterior utilização na calibração inicial do modelo.

Por fim, o projeto deve realizar as configurações do modelo com a infraestrutura existentes e projetados, adicionando todos estes dados em softwares destacados com o SWMM e o HEC-HMS/HEC-RAS, incluindo os dados vetoriais dos canais, seções transversais, rugosidade do terreno e área de contribuição das bacias hidrográficas, bem como os seus índices de permeabilidade e valores de CN.

Simulações Iniciais

Por fim, com o conjunto de dados disponíveis, devem ser realizadas simulações testes, onde se consegue verificar o fluxo nos canais principais de macrodrenagem e em seus arredores. Tais dados darão uma análise inicial da situação da bacia monitorada. Porém, essa fase terá dados com menor acurácia do que a partir dos dados online de sensoriamento hidrométrico, uma vez que mais informações de entrada ainda são requeridas, tais como as provenites da instalação de sensores de nível de água na região de jusante, fechando as condições de contorno da simulação. A Figura 43 apresenta um exemplo de simulação do SWMM, que poderá ser aplicada no processo de monitoramento.

Figura 43 - Exemplo de Simulação Teste em Software SWMM



Fonte: *EchoFlow*, 2021

Após a modelagem das bacias a serem monitoradas pelo “Centro de Monitoramento Online da Drenagem Urbana”, tais modelos dever ser assimilados pela empresa contratada em uma arquitetura de banco de dados e microserviços única, capaz de utilizar a modelagem para a gestão online da drenagem urbana.

Projeto de Simulação de Cobertura da Rede IoT LPWAN na Bacia Hidrográfica (Enlace de Rádio)

Após a fase de modelagem, se faz necessário os projetos e monitoramento dos sistemas hidrométricos.

O planejamento da cobertura da estação ou estações rádio-base do sistema de IoT LPWAN a ser implantado é o primeiro passo dessa fase. Nele, a segurança da qualidade da transmissão de dados dos sistemas hidrométricos deve ser avaliada e o mesmo deve ser exigido como requisito mínimo à empresa contratada pela Cental de Monitoramento Online da Drenagem Urbana.

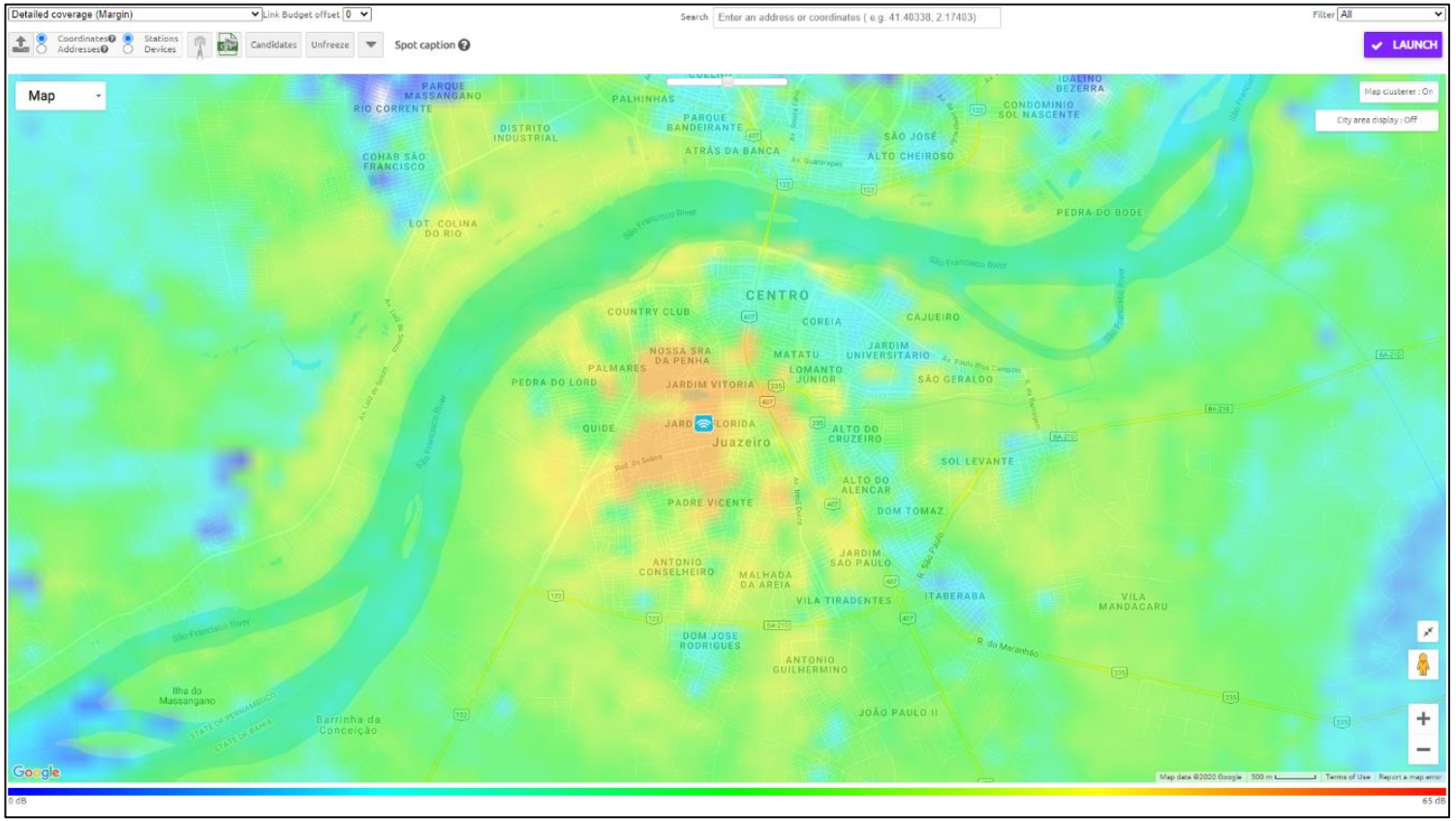
Tal projeto é realizado como uma simulação e deve indicar através de “mapas de calor” a qualidade mínima de transmissão do sinais do sensores em relação a critérios de projeto, demonstrando opções de locais de instalação de sistemas estações rádio-base na área monitorada em questão. Estas análises buscam levar em consideração os conceitos particulares de cada bacia e da infraestrutura a ser utilizada tais como a topografia do terreno, altura do local proposto para instalação, centralização da estação rádio-base tendo em vista os locais de sensoriamento necessários e custo de alugueis para operação do sistema.

A comparação entre diversas opções desse projeto deve ser realizada pela empresa contratada em conjunto com o Centro de Monitoramento a ser implantado pela prefeitura de Feira de Santana através de um “mapa de calor” da cobertura em toda a cidade, o qual varia em escala dBi do RSSI de transmissão, cujas cores indicam que comportam a comunicação dos módulos IoT LPWAN com o valor mínimo de classes de transmissão escolhidas. Assim, será possível planejamento de antenas e evitar locais de “sombra” de comunicação.

A Figura 44 e Figura 45 exemplificam uma simulação com a classe de potência de sinais no valor de 24 dBm (Class 0) para referência, com base na seguinte classificação:

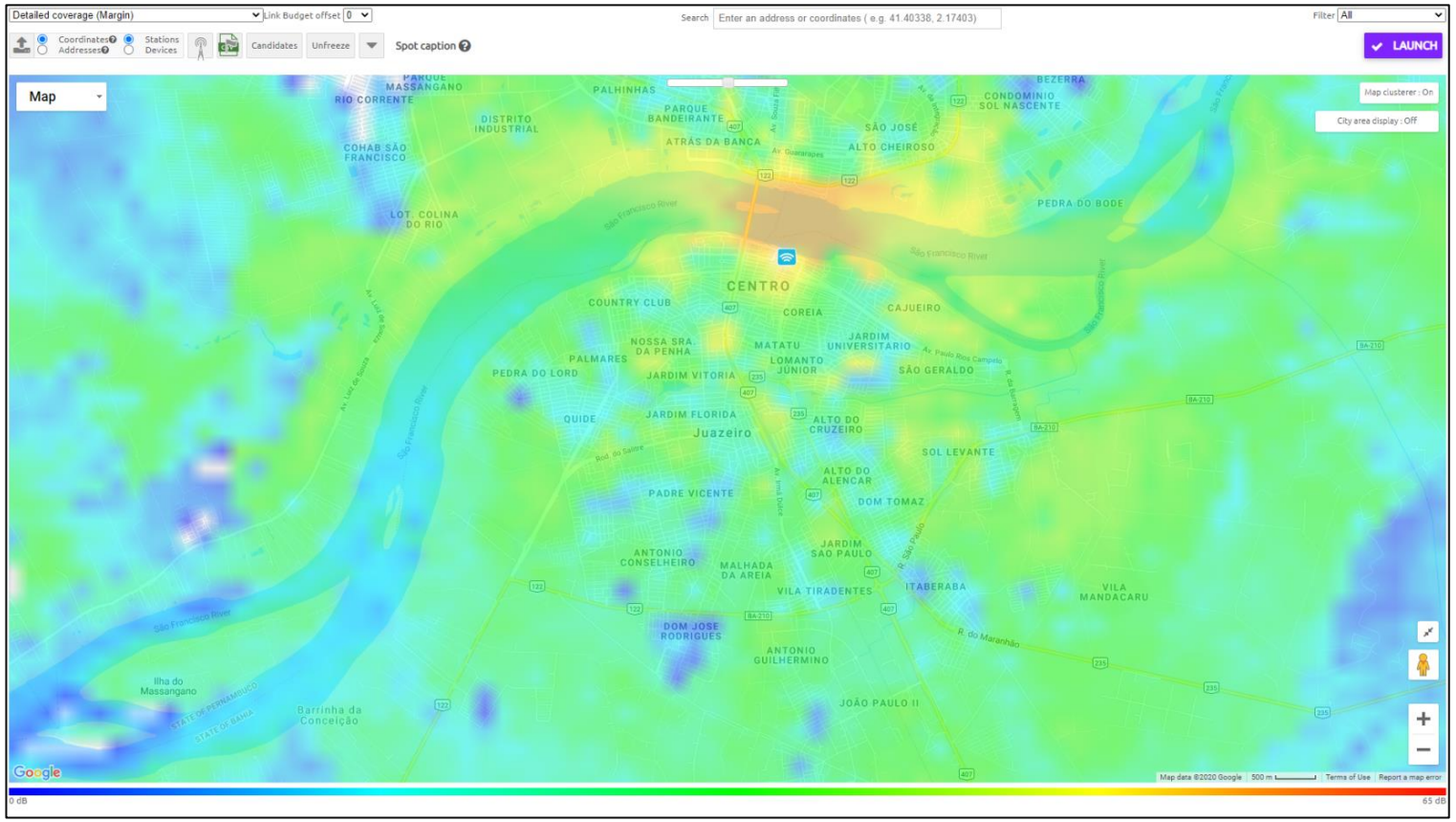
- Vermelho/Alaranjado - excelente;
- Amarelo/verde - ótimo;
- Azul claro - suficiente;
- Azul escuro - não recomendado;
- Azul escuro - não recomendado.

Figura 44 - Exemplo de Opção 1 - Localização 1 - Altura: 20m



Fonte: *EchoFlow*, 2021

Figura 45 - Exemplo de Opção 2 - Localização 2 - Altura: 12m



Fonte: *EchoFlow*, 2021

Sistema de BI, DW e ETL

Para a criação de uma gestão orientada por dados, o Centro de Monitoramento da Drenagem Urbana deve ter um sistema com a possibilidade da criação de um Data Warehouse (DW) e um sistema de Business Intelligence (BI) para extrair dos dados simulados e medidos a melhor forma de lidar com as regiões analisadas.

Tal sistema deve ser capaz de criar um processo de ETL. Essa sigla significa Extração, Transformação e Carga (em inglês Extract, Transform and Load) e trata da sistematização do tratamento e limpeza dos dados oriundos dos diversos sistemas organizacionais (OLTP) para a inserção, geralmente, em um DW ou Data Mart.

Para isso, o Centro de Monitoramento deve seguir três etapas. A primeira é a extração (extract), a segunda a transformação (transform) e por fim, a carga (load). Cada uma delas possui grande importância para o sucesso da transição dos dados dos sistemas de origem para o DW.

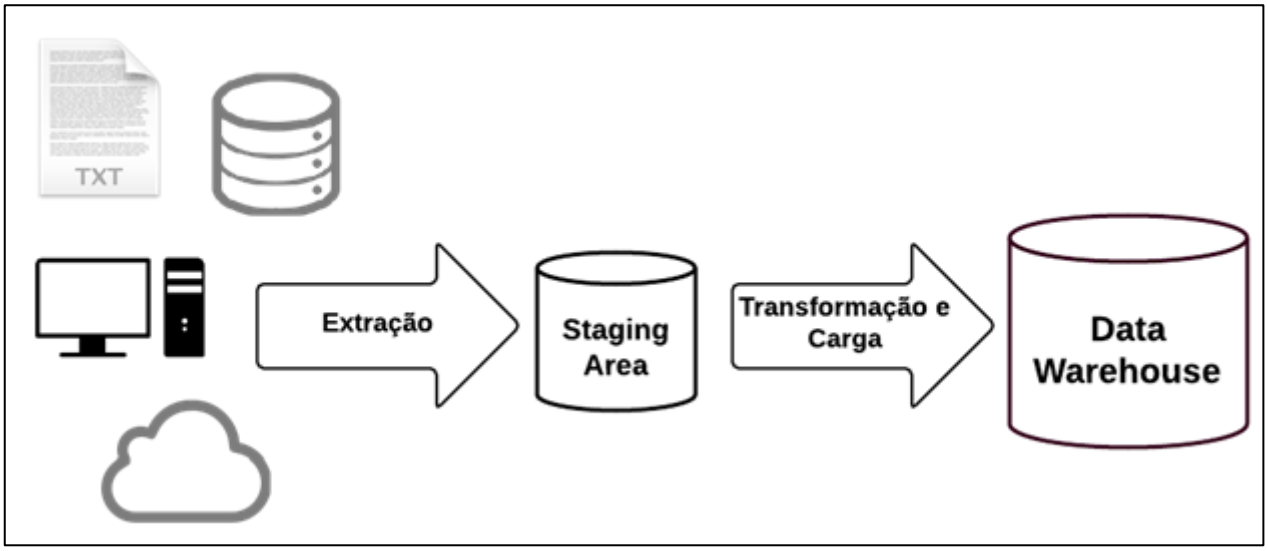
A etapa de extração pode ser entendida como a fase onde os dados são extraídos dos OLTPs e conduzidos para a staging area (área de transição ou área temporária), onde são convertidos para um único formato. A conversão se faz necessária devido a heterogeneidade existente nas informações oriundas desses sistemas, sendo essencial a conformação prévia para o tratamento adequado.

Após a extração, teremos subsídios para iniciar a etapa de transformação e limpeza dos dados. Nessa fase são corrigidos, padronizados e tratados os desvios e inconsistências, transformando os dados de acordo com as regras do negócio.

A etapa de carga ocorre em sequência com a de transformação. Assim que são efetuados os tratamentos necessários nos dados, a carga no DW é iniciada. Essa fase se resume na persistência dos dados na base consolidada.

De forma geral, o ETL pode ser representado na Figura 46.

Figura 46 - Arquitetura de um ETL



Fonte: *EchoFlow*, 2021

O processo de ETL, por exemplo, é essencial para a criação das estruturas de Dimensões e Fatos no ambiente do DW. É ele que faz a “ponte” de ligação entre o operacional e o DW. Devemos escolher bem as ferramentas que darão suporte ao processo, pois são essenciais para a correta execução das atividades do ETL.

O ETL é fundamental para qualquer iniciativa de DW. Porém deve ser planejado com cuidado para não comprometer os sistemas transacionais (OLTP) das empresas. Um bom ETL deve ter escalabilidade e ser manutenível.

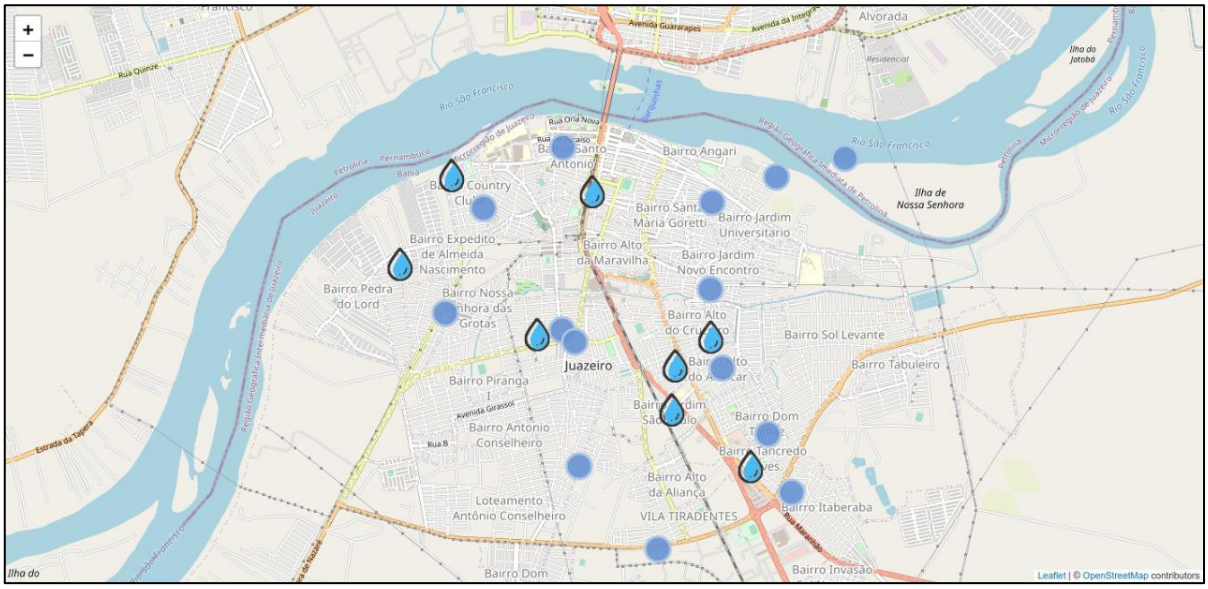
Além disso, devemos analisar a janela de operação do ETL. Não é em qualquer momento que ele poderá ser executado. Do mesmo modo, devemos analisar a periodicidade de execução, como também definir qual será o alcance de dados que o ETL irá abranger. Esses detalhes são críticos para o sucesso do processo.

Portanto, devemos tratar o ETL como sendo o “cordão umbilical” que une e possibilita a condução dos dados ao DW. O processo deve ser bem planejado para evitar transtornos futuros e até mesmo para que não ocasione, em casos extremos, a interrupção dos sistemas operacionais da empresa. Dessa forma, o DW terá informações tratadas, com qualidade e grande valor para apoiar as decisões organizacionais.

Telas - Gráficos, e Mapas e Dashboards

A empresa fornecedora do sistema deve realizar a configuração dos locais geolocalizados escolhidos pelo Centro de Monitoramento bem como todo o trabalho de Configuração de Telas, DW e ETL dos dados. A Figura 47 exemplifica locais de instalação e configuração de pontos para recebimento de sinais.

Figura 47 - Exemplo de Locais de Instalações Solicitadas (círculo azul) e Configuração dos pontos para Recebimento de Sinais (gota d'água)



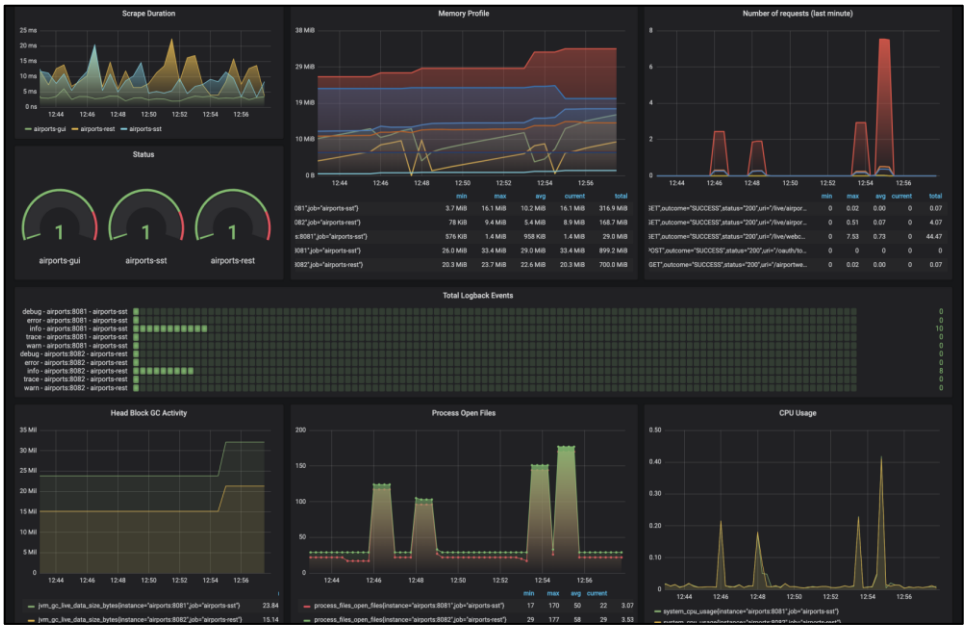
Fonte: *EchoFlow*, 2021

As informações estratégicas de resiliência precisam definir os KPIs (*"Key Performance Indicators"* – Indicadores Chave de Desempenho) para ser possível gerenciar com uma ferramenta de Business Intelligence (Inteligência de Negócios).

Os KPIs em Business Intelligence servem para medir o alcance das metas relacionadas aos objetivos estratégicos do Centro de Monitoramento. Nem sempre os dados necessários para apuração dos KPIs estão disponíveis de forma organizada e centralizada, geralmente estão dispersos em diversas planilhas e sistemas não integrados. Para ter informações que agregam valor, é necessário desenvolver uma metodologia de análise de dados com o uso de recursos para inteligência de monitoramento da drenagem urbana. Sem isso, os gestores não têm o exato panorama do que acontece nas áreas analisadas

Os KPIs possibilitam aos gestores avaliar o quanto a empresa está perto ou longe de alcançar os seus objetivos estratégicos e, desta forma, ter base para a tomada de decisões que poderão reverter tendências negativas e possibilitar bons resultados.A Figura 48 traz um exemplo de Telas e KPI's para Gestão Inteligente Online da Drenagem Urbana.

Figura 48 - Exemplo Telas e KPI's para Gestão Inteligente Online da Drenagem Urbana

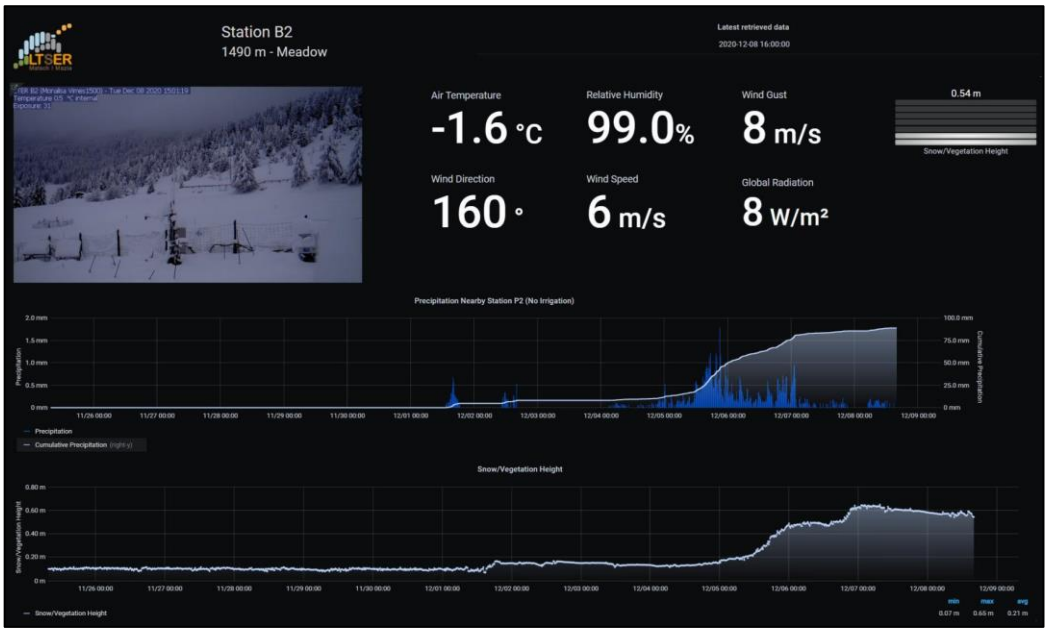


Fonte: *EchoFlow*, 2021

Na Figura 48 pode-se observar um conjunto de gráficos e indicadores que resumem para um processo de gestão direcionado por dados os principais aspectos referente aos aspectos de monitoramento e controle.

Todo o gráfico representa um sistema de Business Intelligence (BI), vinculado ao um sistema de tratamento de dados de Data Warehouse (DW) de tratamento de dados de diversos sistemas transacionais (OLTP) por uma ETL - Extração, Transformação e Carga para geração de alertas, gŕaficos e com capacidade de realizar processos analíticos e estatísticos, com o emprego de inteligência artificial, otimização de processos, etc. A Figura 49 traz exemplo de telas e KPI's para Sensores Hidrométricos

Figura 49 - Exemplo Telas e KPI's para Sensores Hidrométricos

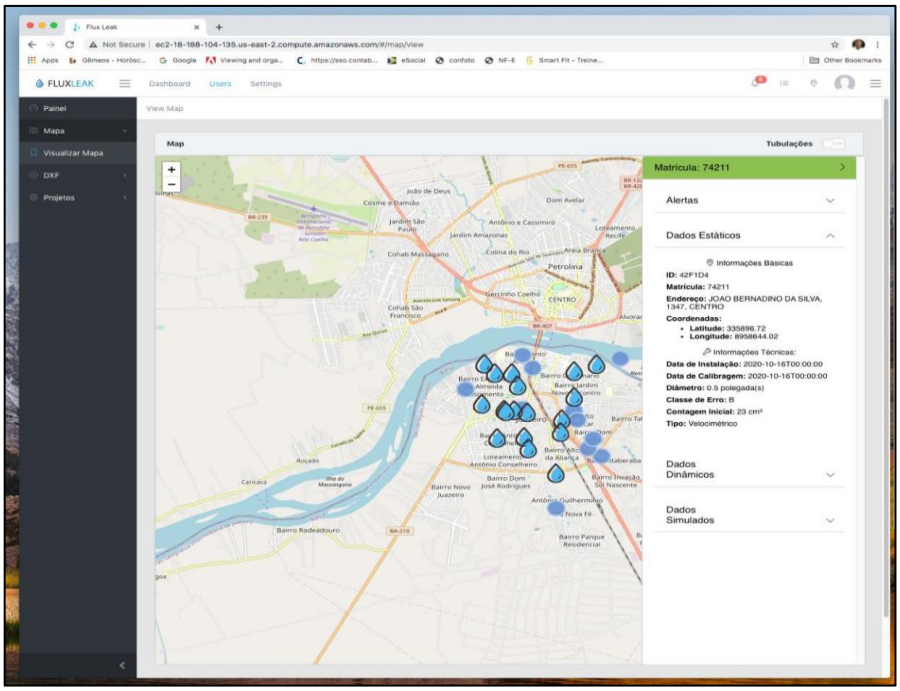


Fonte: *EchoFlow*, 2021

Na Figura 49 um exemplo de uma tela de monitoramento com os dados de uma estação meteorológica, na qual se pode ver de forma amigável todos os dados medidos.

Já a Figura 50 traz exemplo de Mapas com Elementos de Sensoriamento Geolocalizados:

Figura 50 - Distribuição Geolocalizada de Sensores Hidrométricos em Mapa com Aba Lateral Visualizando Dados Estáticos

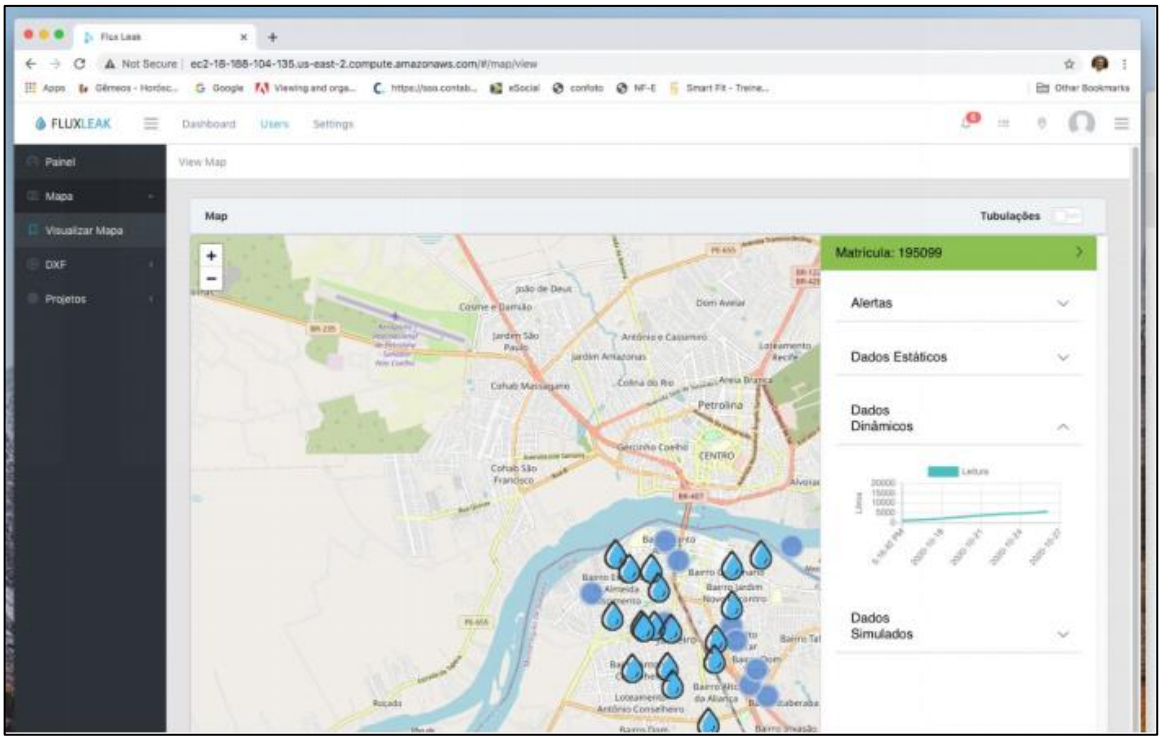


Fonte: *EchoFlow*, 2021

A Figura 50 exemplifica um exemplo de configuração de pontos de medição em mapa de forma geolocalizada, com os dados de projeto, um sistema de gestão online da drenagem urbana.

A Figura 51 demonstra um exemplo de pontos de medição em mapa de forma geolocalizada com os dados medidos em um sistema de gestão online da drenagem urbana.

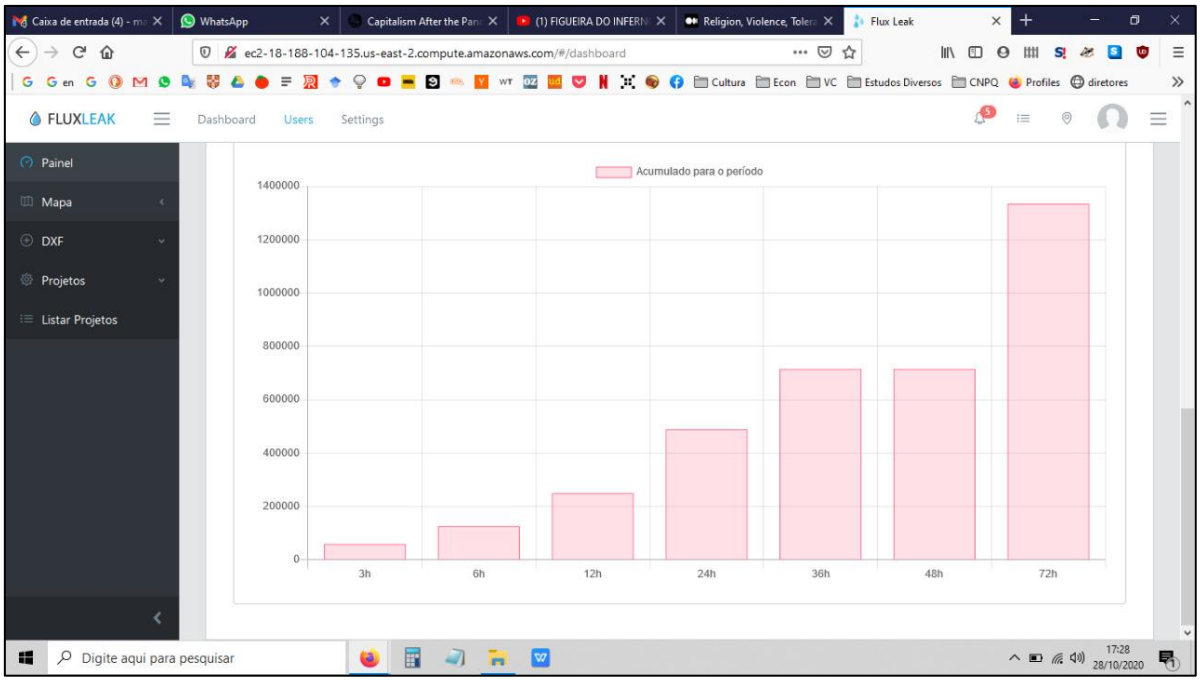
Figura 51 - Distribuição Geolocalizada de Sensores Hidrométricos em Mapa com Aba Lateral Visualizando Dados Temporais



Fonte: *EchoFlow*, 2021

A Figura 52 demonstra um exemplo de uma configuração de dados acumulados de chuva de 3 horas de medição até 72h de um pluviômetro um sistema de gestão online da drenagem urbana;

Figura 52 - Gráfico Acumulado de Dados Temporais de Sensores Hidrométricos de Precipitação em Intervalos de Tempos Selecionados7



Fonte: *EchoFlow*, 2021

Fase 2 - Planejamento e Quantificação de Sistemas de Sensoriamento Hidrométrico

Para o monitoramento da das bacias hidrográficas do rio Jacuípe, Subaé e Pojuca, a prefeitura da cidade de Feira de Santana tem que executar uma fase de seleção e escolha dos sistemas de monitoramento de campo.

As especificações de seleção serão apresentadas no Produto 6. Entretanto, a partir da análise de sistemas mercado realizada pela FEP, será necessário no mínimo os seguintes sistemas:

- Estações Metereológicas Online;
- Pluviômetros Online Individuais;
- Rádio Base IoT-LPWAN;
- Estações Hidrológicas (Pluviômetro + Sensor de Nível tipo Radar Eletromagnético);
- Sistemas de Altura de Lâmina d'água;
- Sirenes de Alerta Online de alta potência;
- Software Aquisição de Dados e Monitoramento e Alertas;
- Software Modelagens Hidráulicas e Meteorológicas;

- Manutenção Corretiva e Preventivas dos Sistemas.

A Figura 53 demonstra um exemplo de uma estação hidrológica proposta em que se pode observar o sensoriamento do nível dos canais de macrodreagem e pluviômetro online. A estação é autoalimentada por painel solar.

Figura 53 - Exemplo Estação Hidrológica Online - Pluviômetros e Sensor de Nível de Canal de Macrodrenagem

Fonte: *EchoFlow*, 2021

A Figura 54 demonstra um exemplo de uma sensor de altura de lâmina d'água em ruas, em que se pode observar o sensoriamento do nível de lâminas d'água em tempo-real. O sistema é capaz de observar os eventos de ruas alagadas, bem como a velocidade de "subida" dessas lâminas, dando uma informação relevante para o monitoramento online da drenagem urbana.

Figura 54 - Exemplo Sensor Online de Nível de Lâmida d'água em Ruas

Fonte: *EchoFlow*, 2021

As FASE 3 - “Licitação, Instalação Comissionamento e Testes de Campo dos Sistemas Recebidos”, FASE 4 - “Calibrações de Modelos” e FASE 5 - “Operação do Sistema” terão sua conceitualização detalhada em projeto básico da implantação de monitoramento online da drenagem urbana.

4.2.3.4.3. Custos para desenvolvimento, aplicação e manutenção

Os custos dos sistemas de medição foram levantados no mercado pela FEP usando pesquisa com mais de 3 fornecedores.

Foram utilizado como critério para estimativas do custo dos sistemas de Monitoramento da Drenagem Urbana as seguintes definições:

- Estações Metereológicas Online - 10 para toda cidade;
- Pluviômetros Online Individuais - A cada 2,5km de raio um pluviômetro - critério ideal do CEMADEN e nas Zonas de Inundação e Transbordamento - 30 para toda cidade;
- Rádio Base IoT-LPWAN - 3 para toda cidade.

- Estações Hidrológicas nos canais de Macrodrenagem jusante dos canais e subcanais de macro - 10 para toda cidade;
- Sistemas de Altura de Lâmina d'água - Zonas de Alagamento e Inundação - 100 para toda cidade;
- Sirenes de Alerta Onlinede alta potência vinculadas ao Software de Monitoramento Online - Regiões mais críticas com Zonas de Alagamento e Inundação - 5 para toda cidade;
- Software Aquisição de Dados e Monitoramento e Alertas (até 500 pontos de medição) - 36 meses
- Software Modelagens Hidráulicas e Meteorológicas, com configuração e calibração - 36 meses
- Manutenção Corretiva e Preventivas dos Sistemas - 36 meses

Figura 55 - Estimativa de custos

ITEM	QTD	UN (R$)	VL. TOTAL
Estações Metereológicas	10	8.000,00	80.000,00
Pluviômetros Online Individuais	30	5.000,00	150.000,00
Estações Hidrológicas	10	40.000,00	400.000,00
Sensor de Altura de Lamina dágua	100	1.500,00	150.000,00
Sirenes de Alertas	5	70.000,00	350.000,00
Rádio-bases LPWAN (Raio 7km)	3	8.000,00	24.000,00
Software Aquisição de Dados e Monitoramento e Alertas (até 500 pontos de medição) - 36 meses	36	10.000,00	360.000,00
Software Modelagens Hidráulicas e Meteorológicas, com configuração e calibração - 36 meses	36	20.000,00	720.000,00
Manutenção Corretiva e Preventivas dos Sistemas	36 (meses) x 158 = 5688	50,00 (11.060,00 por mês)	398.160,00
TOTAL	158 sens.		2.732.160,00

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia, 2021

4.3. PROGRAMAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS

4.3.1. Diretrizes Gerais

As diretrizes de drenagem urbana sustentável, educação ambiental e qualidade ambiental urbana e rural, têm como objetivo geral qualificar o município mediante a mitigação no curto, médio e longo prazo, das incertezas críticas, mediante estratégias propostas nas diretrizes setoriais, e medidas e ações definidas através dos planos e programas.

As diretrizes gerais de drenagem urbana de águas pluviais, relativas ao meio ambiente e sustentabilidade, são:

I. Gestão do uso e ocupação do solo, com implementação de mecanismos de restrição da expansão e ocupação urbana desordenada em áreas de interesse ambiental e/ou áreas de risco;
II. Requalificação de áreas verdes urbanas a partir da preservação/conservação de áreas de interesse ambiental e urbanização sustentável com a criação de parques, praças e outras áreas destinadas ao desenvolvimento de infraestruturas verdes, paisagismo, espaço de lazer, caminhadas, esporte, turismo ecológico, entre outros;
III. Mitigação e redução progressiva de passivos e impactos ambientais decorrentes das alterações na drenagem natural pela ocupação urbana tais como erosões, transporte de sedimentos, assoreamento, poluição difusa, disposição de efluentes de esgoto, entre outros;
IV. Implementação de um sistema de gestão e controle da drenagem pluvial e recursos hídricos urbanos, capaz de prever e alertar em tempo real o risco de ocorrência de eventos críticos de inundação e desastres naturais;
V. Regulamentação do uso de mananciais hídricos subterrâneos e superficiais, mitigando as fontes causadoras dos impactos ambientais;
VI. Determinação e monitoramento de indicadores para controle e avaliação dos elementos componentes do *Plano Diretor de Drenagem Urbana*;
VII. Regulamentação de atividades de movimentação de terra, prevenindo alteração do regime de drenagem natural, em decorrência de obras, atividades agrossilvopastoris, extrativismo mineral, entre outras, exigindo licenciamentos e cumprimento de condicionantes, como Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e medidas estruturais compensatórias;
VIII. Qualificação das vias vicinais urbanas e distritais, com adaptação do greide ao relevo natural, incorporando pavimentos permeáveis, medidas de drenagem sustentável e ações de recuperação ambiental em áreas afetadas;
IX. Promoção da educação, conscientização e desenvolvimento de senso crítico da população e dos agentes envolvidos, através de ações de educação ambiental, para tratar temas relativos à drenagem urbana, inundações e ações necessárias para preservação dos recursos naturais;
X. Garantir a participação e controle social no processo de planejamento e gestão da drenagem de águas pluviais no município de Feira de Santana.

4.3.1.1. Diretrizes Específicas: Recursos Hídricos

Feira de Santana encontra-se em um sítio marcado pela presença de diversas lagoas e nascentes urbanas, além da presença dos rios Pojuca, Subaé Jacuípe, de grande importância histórica e ambiental no desenvolvimento do município. Atualmente, grande parte encontra-se em processo de degradação em decorrência, principalmente, do processo de expansão urbana desordenada e por passivos ambientais decorrentes da urbanização e alteração do fluxo de drenagem natural pré-ocupação; motivo pelo qual é prioritária a implementação de medidas e ações para recuperação e preservação das lagoas, nascentes e rios urbanos do município.

Através do *Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais,* propõem-se ações diretas e indiretas para conservação dos recursos hídricos, pautadas, principalmente, no controle do uso do solo, principalmente em áreas ribeirinhas; além de esforços para preservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e matas ciliares, com ações para regulação e fiscalização.

Nesse sentido, a preservação e recuperação do conjunto de lagoas e rios que compõe o inventário urbano devem ser o principal foco de captação de recursos para projetos de revitalização, que levem em conta o manejo regenerativo desses ecossistemas, com potencial de atuação como infraestruturas verdes capazes de contribuir para o amortecimento de cheias e picos de vazão, cooperando amplamente para a melhoria na eficiência do sistema de manejo de águas pluviais urbanas, contribuindo também para melhorias de âmbito sócio- ambiental.

Integrando tanto com a criação de parques nas cabeceiras dos rios principais, quanto com a criação de corredores ecológicos e parques lineares multifuncionais, para preservação de corpos hídricos e vegetação, prevenindo contra impactos ambientais e propiciando a implantação de infraestruturas verdes para manejo de águas pluviais e paisagismo, com criação de áreas para esporte, lazer, convivência e realização de atividades educativas.

É necessário o controle de impactos ambientais sobre os corpos hídricos urbanos, a partir de ações efetivas para mitigação dos passivos e fonte causadoras, além do monitoramento quali-quatitativo da água, através de estações e sensores instalados pela própria prefeitura ou por instituições competentes, como o Inema e ANA.

No Quadro 31 são detalhadas as diretrizes e objetivos específicos sobre a Conservação de Recursos Hídricos.

Quadro 31 – Diretrizes Específicas: Conservação de Recursos Hídricos

Tema geral:	**Meio Ambiente**
Tema específico	**Conservação de Recursos Hídricos**
Estratégia	
As incertezas críticas associadas aos recursos hídricos das bacias hidrográficas do Pojuca, Subaé e Jacuípe estão relacionadas, no município, especialmente à degradação ambiental em áreas de manancial hídrico, ao comprometimento de nascentes e rios por erosão, assoreamento e contaminação, ao controle e fiscalização ineficiente e ineficaz das ocupações irregulares. É preciso compreender que legalmente, as ações do município associadas aos recursos hídricos são indiretas, principalmente por meio do controle do uso do solo.	

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	Conservação de Recursos Hídricos

Sendo assim, a estratégia proposta para avançar no sentido de aumentar a qualidade e a disponibilidade das águas superficiais no município associa-se, especialmente, ao controle do uso do solo, aos esforços para preservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e suas matas ciliares e ao monitoramento e à fiscalização.

Diretrizes	
✓ Recuperação e valorização dos corpos hídricos das em áreas rurais e urbanas/urbanizadas, possibilitando os usos múltiplos de acordo com o que estabelece a Política de Recursos Hídricos; ✓ Controle efetivo do uso do solo, coibindo a implementação de atividades que possam causar ou intensificar efeitos deletérios sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, incluindo procedimentos e medidas de proteção através de licenciamento de parcelamentos, obras e atividades; ✓ Garantia de um papel mais ativo por parte do município na gestão e regulamentação dos recursos hídricos superficiais do seu território; ✓ Difusão e utilização medidas compensatórias e sistemas de drenagem sustentável, a fim de mitigar impactos ambientais derivados do sistema de drenagem atual.	
Objetivo geral:	Propor ações a serem executadas pelo Poder Público Municipal que visem recuperar e garantir a preservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do seu território.
Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	ODS 6 – Água Limpa e Saneamento, ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, ODS 13 – Combate à Alterações Climáticas
Objetivos específicos:	✓ Criar rotina de fiscalização, monitoramento e gestão da situação de uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, mitigando ações de poluição, contaminação e desmatamento; ✓ Gerir a ocupação dos espaços urbanos, bem como as medidas de drenagem, de forma a evitar impactos ambientais, especialmente a ocupação de áreas de APP, o lançamento irregular de efluentes e resíduos, assoreamento e erosões de corpos hídricos urbanos; ✓ Realizar ações de comunicação e educação ambiental que orientem as populações rural e urbana sobre a importância da preservação dos recursos hídricos; ✓ Estabelecer diálogo com o Órgão Ambiental estadual (Inema) para possibilitar ações de fiscalização e ações de recuperação de nascentes e APP; ✓ Estimular a participação do município, usuários e sociedade civil na gestão das águas por meio dos Comitês de Bacia; ✓ Fomentar adoção de medidas compensatórias, drenagem sustentável e práticas mais eficientes e de menor impacto ambiental;

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	Conservação de Recursos Hídricos
	✓ Monitorar de maneira contínua e sistemática a qualidade hídrica dos mananciais urbanos, bem como dados pluviométricos e fluviométricos; ✓ Controlar o uso de recursos hídricos subterrâneos, a partir do cadastramento e mapeamento dos poços existentes, estabelecendo sistema efetivo acompanhamento de outorgas e de exigência, avaliação e monitoramento de licenças ambientais.
Instrumentos	
✓ Zoneamento Ecológico Econômico do Estado (Estatuto da Cidade/Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (Estatuto da Cidade) ✓ Lei de Uso do Solo (Estatuto da Cidade) ✓ Zoneamento Ambiental Municipal (Estatuto da Cidade) ✓ Gestão Orçamentária Participativa (Estatuto da Cidade) ✓ Plano de Recursos Hídricos (Política Estadual de Recursos Hídricos) ✓ Enquadramento dos Recursos Hídricos Superficiais (Política Estadual de Recursos Hídricos) ✓ Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos (SEIA) (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade / Política Estadual de Recursos Hídricos) ✓ Educação Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Avaliação dos Impactos Ambientais (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Zoneamento das Unidades de Conservação Municipais (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Licenciamento Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Fiscalização Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade / Política Estadual de Recursos Hídricos)	
Planos a serem elaborados	
✓ Plano de Manejo de Áreas Verdes Urbanas ✓ Plano de Manejo Integrada de Bacias Hidrográficas ✓ Plano de Manejo de Estradas Vicinais ✓ Plano de Gestão e Prevenção de Inundações	
Programas a serem elaborados	
✓ Programa de Educação Ambiental ✓ Programa de Manejo e Conservação das Águas Municipais ✓ Programa de Regularização das Estradas Vicinais do Município ✓ Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis ✓ Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável	
Projetos a serem elaborados	
✓ Projetos de requalificação das lagoas e áreas de amortecimento das mesmas; ✓ Projeto de urbanização ecológica de lagoas e rios urbanos, com criação de parques lineares no entorno de rio e lagoas;	

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	**Conservação de Recursos Hídricos**
✓ Projeto de concepção de sistema de controle de cheias a partir da integração e utilização das lagoas como locais para detenção e amortecimento de picos de vazão;	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.1.2. Diretrizes Específicas: Gestão de Áreas Verdes Urbanas

Os espaços verdes caracterizam-se pela predominância de espécies vegetais, sendo elementos de integração entre o meio natural e o meio urbano. Esses espaços visam, além da proteção de áreas ambientalmente sensíveis, aliar a oferta de áreas para uso público, destinadas a atividades lúdicas, esportivas, culturais e de integração social, a promoção do conforto ambiental urbano, ou seja, regulação térmica, ventilação natural, iluminação natural e níveis de umidade adequados.

A manutenção e criação de espaços verdes visa o fortalecimento da estratégia de criação de corredores verdes; para manutenção de permeabilidade do solo para recarga dos aquíferos; proteção do solo e taludes; e a conciliação do desenvolvimento urbano com a conservação dos recursos naturais e a qualidade de vida.

O Quadro 32 descreve categorias de áreas verdes urbanas.

Quadro 32 – Classes de uso de áreas verdes urbanas.

Classe	Objetivo	Tipo de Espaço
Espaços de Interesse Ambiental	Conservação e/ou preservação da natureza e recursos ambientais	Unidades de Conservação (Unidades de Proteção Integral ou Unidades de Uso Sustentável, conforme o disposto no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, Lei Federal n° 9.985/2000) de âmbito federal, Áreas de Preservação Permanente - APP; Áreas de Conservação; Outras áreas instituídas por normas específicas.

Espaços Públicos	Propiciar áreas de lazer e recreação para a população associado à presença de vegetação, nativa ou não.	- <u>Áreas Verdes:</u> são espaços "com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais". É elemento urbanístico vital que alia função recreativa a promoção do equilíbrio do meio ambiente urbano, de forma a contribuir com qualidade de vida da população. "O que caracteriza as áreas verdes é a existência de vegetação contínua, amplamente livre de edificações, ainda que recortada de caminhos, vielas, brinquedos infantis e outros meios de passeios e divertimentos leves....", admitindo-se certos tipos de construção, mas em proporção reduzida. A vegetação nessas áreas é, portanto, destinada, em regra, à recreação e ao lazer, configurando em elemento essencial ao conceito. - <u>Parques Urbanos</u>: espaços delimitados que conjugam funções vivenciais à qualidade do ambiente urbano. A constituição de um sistema de parques urbanos deve estar associada à manutenção de áreas de vegetação natural ou não. Os parques urbanos buscam criar um atrativo paisagístico para a cidade, qualificando-a ambientalmente, e provendo os parcelamentos de áreas adequadas para a prática de esporte, cultura, recreação e lazer contemplativo. Isto proporcionará uma maior qualidade de vida para os seus usuários. Os parques urbanos podem ser classificados em dois grupos: parque de âmbito local, de uso dos moradores do setor ou bairro; e parque de âmbito regional, de uso dos moradores da cidade, independentemente de sua proximidade.

Fonte: Distrito Federal, 2013.

No Quadro 33 são detalhadas as diretrizes e objetivos específicos para a Gestão de Áreas Verdes Urbanas:

Quadro 33 – Diretrizes Específicas: Gestão de Áreas Verdes Urbanas

Tema geral:	**MEIO AMBIENTE**
Tema específico	**Gestão de Áreas Verdes Urbanas**
Estratégia	
As incertezas críticas associadas às áreas verdes urbanas e áreas de remanescentes de vegetação nativa do município, com bioma de caatinga e poucos fragmentos de florestas estacional decidual (mata de cipó), constituem ambientes de grande relevância para manutenção da qualidade ambiental tanto na área urbana quanto no meio rural. Os fragmentos encontram-se dispersos em áreas de topo de morros, matas ciliares e áreas ribeirinhas, reservas legais e outras áreas protegidas, já praticamente inexistentes em função de ações de desmatamento, queimadas, atividades agrossilvopastoris exploratórias e práticas insustentáveis de uso e ocupação terra, corroboradas pela insuficiência de ações de regulação e fiscalização efetiva do processo de expansão urbana desordenada. No meio urbano, as principais incertezas críticas são relativas a existência de poucas áreas verdes ainda permeáveis, resumidas principalmente a áreas de lagoas, terrenos	

Tema geral:	MEIO AMBIENTE
Tema específico	Gestão de Áreas Verdes Urbanas

ainda não edificados, e parcialmente, em margem de rios, em grande parte já ocupadas desordenadamente, aliado ao estado de marginalização e vulnerabilidade ambiental ao qual as áreas verdes se encontram, em decorrência da falta de controle de uso e ocupação do solo e manejo dessas áreas e ações efetivas para proteção, manutenção e gestão das áreas. O alto índice de impermeabilização do solo, assim como a supressão da vegetação existente, contribui para redução do processo natural de infiltração e retenção da água no solo, aumentando os picos de vazão e enxurradas, com ocorrência de impactos ambientais associados, principalmente, à erosão hídrica do solo.

Com isso, as principais estratégias propostas para preservar as áreas verdes e remanescentes de vegetação ainda existentes no território municipal, compreendem especialmente o efetivo controle do uso e ocupação do solo, com esforços para preservação e recuperação de áreas de interesse existentes, através do monitoramento e a fiscalização do seus territórios, com aplicação da legislação vigente e seus respectivos instrumentos de controle, com auxílio de tecnologias e técnicas disponíveis para monitoramento integrado, através de ferramentas de geoprocessamento.

Diretrizes

- ✓ Recuperação e valorização dos fragmentos florestais existentes em áreas rurais e urbanas, integrando quando possível com áreas de preservação/conservação, com a implantação de parques lineares, corredores ecológicos, com a finalidade de assegurar espaços para acomodação das cheias e contribuir para a melhoria da qualidade ambiental urbana;
- ✓ Controle efetivo do uso do solo, coibindo a implementação de atividades que possam causar ou intensificar pressões e impactos deletérios sobre áreas verdes urbanas e remanescentes de vegetação nativa, principalmente na zona rural;
- ✓ Garantia de uma atuação mais ativa por parte do município na gestão das áreas verdes e remanescente de vegetação, principalmente na área urbana/urbanizada, através do cumprimento de legislação e instrumentos de controle disponíveis como o Código Florestal Brasileiro e o que estabelece a Política de Nacional de Meio Ambiente;
- ✓ Mitigação de efeitos da fragmentação e formação de mosaicos da cobertura vegetal do território, promovendo a criação de corredores ecológicos, áreas de conservação e preservação;
- ✓ Fomento ao desenvolvimento de projetos e atividades compatíveis com a manutenção do equilíbrio entre expansão urbana e econômica, com a manutenção das áreas verdes, necessárias para garantia da qualidade urbanística e paisagística do meio urbano;
- ✓ Ampliar medidas de recomposição e expansão da cobertura vegetal, abrangendo o fomento à revegetação dos lotes, glebas e o plantio nas ruas, praças e demais áreas e equipamentos públicos.

Objetivo geral:	Propor ações a serem executadas pelo Poder Público Municipal para efetivar a gestão e o controle ambiental, recuperando e garantindo a preservação das áreas de interesse ambiental e os fragmentos de vegetação nativa remanescentes em seu território.

Tema geral:	MEIO AMBIENTE
Tema específico	Gestão de Áreas Verdes Urbanas
Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	ODS 6 – Água Limpa e Saneamento, ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, ODS 13 – Combate à Alterações Climáticas
Objetivos específicos:	✓ Criar rotina de monitoramento das áreas de cobertura vegetal do território municipal, para fiscalizar e controlar impactos como queimadas e desmatamento. ✓ Estabelecer diálogo com o Órgão Ambiental estadual (Inema) para possibilitar ações de fiscalização e recuperação de áreas de remanescentes florestais e de APPs; ✓ Realizar ações de comunicação e educação ambiental que orientem as populações população rural e urbana sobre a necessidade da preservação; ✓ Estimular a participação do município, instituições e da sociedade civil na gestão das áreas verdes; ✓ Promover a preservação de remanescentes florestais através da manutenção e gestão das áreas de interesse ambiental (APPs, UCs e áreas de reserva legal); ✓ Promover a difusão de informações e tecnologias para o manejo sustentável da vegetação e solo, em atividades agrossilvopastoris e atividades urbanas; ✓ Aumentar o índice de permeabilidade do solo urbano, através da manutenção e expansão de áreas verdes, contribuindo para processos de infiltração e retenção de água no solo; ✓ Criação de parques multifuncionais, para lazer, exercício, ciclismo, ao mesmo tempo que podem atuar como infraestruturas funcionais para amortecimento de picos de vazão e controle de cheias, como bacias de detenção e infiltração;
Instrumentos	
✓ Zoneamento Ecológico Econômico do Estado (Estatuto da Cidade/Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (Estatuto da Cidade) ✓ Lei de Uso do Solo (Estatuto da Cidade) ✓ Zoneamento Ambiental Municipal (Estatuto da Cidade) ✓ Educação Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Avaliação dos Impactos Ambientais (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Zoneamento das Unidades de Conservação Municipais (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Licenciamento Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Código Florestal Brasileiro	

Tema geral:	MEIO AMBIENTE
Tema específico	**Gestão de Áreas Verdes Urbanas**
✓ Fiscalização Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade)	
Planos a serem elaborados	
✓ Plano de Manejo de Áreas Verdes Urbanas ✓ Plano de Manejo Integrada de Bacias Hidrográficas ✓ Plano de Manejo de Estradas Vicinais ✓ Plano de Gestão e Prevenção de Inundações	
Programas a serem elaborados	
✓ Programa de Educação Ambiental ✓ Programa de Manejo e Conservação das Águas Municipais ✓ Programa de Regularização das Estradas Vicinais do Município ✓ Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis ✓ Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável	
Projetos a serem elaborados	
✓ Projetos de proteção e requalificação das áreas de proteção e amortecimento de lagoas e rios urbanos, com criação de parques lineares no entorno de rio e lagoas; Projeto para redução do índice de impermeabilização do solo urbano, através da manutenção e criação de áreas naturais; ✓ Projeto e estudos para concepção de parques e áreas multifuncionais, concebidas para controle de enchentes no período de cheias e como espaços de lazer e esportes em períodos de estiagem;	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.1.3. Diretrizes Específicas: Drenagem Urbana Sustentável

O manejo inteligente da água compõe uma das principais abordagens dentro do conceito de cidades inteligentes e cidades sensíveis a água, bem como corresponde ao objetivo 6 do ODS (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas – ONU em 2015, agenda 2030).

O plano de ação indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, e 169 metas, visando a erradicação da pobreza e promover vida digna para todos. São objetivos e metas claras, para que todos os países adotem conforme suas prioridades e atuem em parceria global, guiando as escolhas necessárias para melhorar a vida das pessoas (PNUD, 2015).

Dentre os 17 ODS recomendados no plano de ação, no que se refere a aplicação das técnicas sustentáveis em drenagem urbana, enquadram-se nos ODS 6, 11 e 13, e respectivas metas 6.b, 11.b e 13.2. Apresentadas para programar políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação à mudança do clima, a resiliência a desastres; e tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos nas comunidades, além de incentivar o reuso da água.

A seguir, no Quadro 34, é descrita a síntese de cada indicador.

Quadro 34 – Síntese dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionadas à Drenagem Sustentável.

Objetivo	Síntese
ODS 6	**Objetivo 6:** Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos.
	Meta 6.b: Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.
ODS 11	**Objetivo 11:** Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis
	Meta 11.b: até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis.
ODS 13	**Objetivo 13:** Tomar medidas urgentes para combater mudança do clima e seus impactos.
	Meta 13.2: Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais.

Fonte: PNUD, 2015.

Com isso a implementação de medidas para manejo sustentável da água no meio urbano, através de sistemas como Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID), Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SuDS), Melhores Prática de Manejo (BMP), termos traduzidos do inglês, que abarcam práticas voltadas para o manejo e conservacionismo do recursos hídricos no meio urbano, a partir da disseminação de técnicas, tecnologias e conceitos relativos a medidas estruturantes e não estruturantes relativas a drenagem de águas pluviais que valorizam a água como recurso.

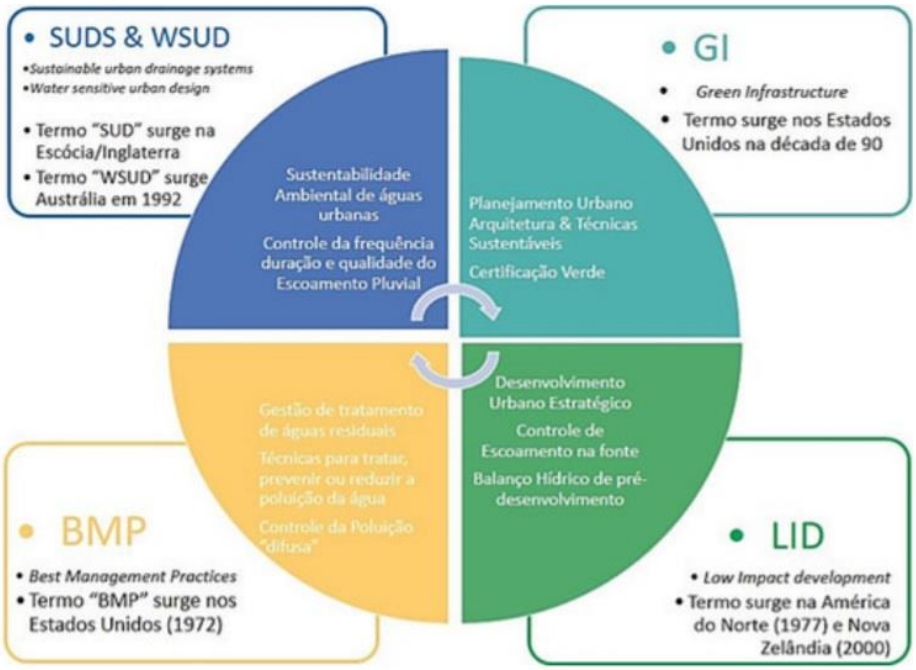
O Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID – *Low Impact Development*), conforme Coffman et al (1998) são projetos com objetivo de criar uma "paisagem funcional" capaz de agrupar características de projeto que buscam simular as funções de infiltração e armazenamento da bacia pré-urbanizada.

Miguez (2005) define BMP (*Best Management Practices)* como um conjunto de ações planejadas sobre a bacia, com o objetivo de mitigar os impactos da urbanização, considerando não somente preocupações com a quantidade de água, mas também aspectos de qualidade.

SuDS é definido como elementos integrantes da infraestrutura hidráulica urbana, preferivelmente vegetados (naturalizados), e destinados a filtrar, reter, infiltrar, transportar e armazenar água de chuva, de forma que não sofra nenhuma degradação, ou inclusive permita a eliminação, de forma natural, de parte da carga contaminante que possa ter adquirido por processos de escoamento urbano prévio" (Gonzalo, 2008).

A Figura 56 – Diagrama conceitual de sistemas de drenagem sustentável. A Figura 56 exibe um diagrama conceitual com o resumo dos termos mais utilizado para classificar soluções e sistemas de drenagem sustentável.

Figura 56 – Diagrama conceitual de sistemas de drenagem sustentável.



Fonte: Gutierrez, A. I.; Ramos, I. (2019).

Estes além de representarem conceitualmente a drenagem urbana sustentável, vão além, dialogando com abordagens sobre cidades resilientes, sensíveis a água, infraestruturas verdes, dentre outras, até uma abordagem macro, na qual se insere dentre as cidades inteligentes, através da abordagem sistêmica e holística, que dentre outros elementos, preconiza o manejo eficiente da água no meio urbano.

Além das recomendações e práticas ordinárias de drenagem pluvial, baseada na captação, canalização e descarga, as práticas de drenagem sustentável elencam diversas técnicas e tecnologias que contribuem diretamente para a mitigação dos picos de vazão, através do incremento nos processos de infiltração e reservação das águas pluviais no solo, motivo pelo qual se originou o termo “cidades sensíveis a água”, relacionando à capacidade do ambiente urbanizado receber e absorver o montante pluvial.

O Quadro 35 exibe um comparativo entre as características de sistemas baseados em canalização e reservação.

Quadro 35 – Comparativo entre características de sistemas baseados em canalização x reservação.

Característica	Canalização	Reservação
Função	Remoção rápida de escoamentos	Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes principais	Canais abertos/galerias	Reservatório a superfície livre, reservatórios subterrâneos, retenção subsuperficial
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas, construção por fases, ampliação de capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos)	Áreas novas (em implantação), construção por fases, áreas existentes (à superfície ou subterrâneas)
Impactos nos trechos a jusante (quantidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior, maiores obras nos sistemas a jusante	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero (Legislação EUA) Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível
Impactos nos trechos a jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluente	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação
Manutenção/Operação	Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorres excesso de assoreamento e resíduos), manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso)	Necessária limpeza periódica Necessária fiscalização Sistemas de bombeamento requerem operação/manutenção Desinfecção eventual (insetos)
Estudos Hidrológicos/hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente	Requer definição dos hidrogramas (volumes das enchentes)

Fonte: Canholi (2014).

As medidas estruturantes como implementação da utilização de pavimentos permeáveis, telhados verdes, bacias de retenção e infiltração, reservatórios de detenção, jardins drenantes, poços de infiltração, valas verdes são exemplos de algumas dessas estruturas, que contribuem diretamente para aspectos urbanísticos e paisagísticos, e principalmente, para o controle de enchentes e picos de vazão.

As medidas não estruturantes relativas a práticas de manejo sustentável da água pluvial no meio urbano correspondem, principalmente, à utilização de tecnologias e softwares para modelagem, controle e monitoramento da infraestrutura hídrica urbana, dentro de uma perspectiva de Cidades Inteligentes, a partir da aplicação de sistemas de informação geográfica e outras ferramentas para gestão integrada dos componentes urbanos, incluindo o manejo de águas pluviais, sistemas de prevenção de enchente em tempo real, sistemas virtuais automatizados de monitoramento, entre outros.

Tal manejo abrange tanto a mudança de paradigma em relação à drenagem, para valorização da água como recursos, em prol do desenvolvimento e qualidade ambiental

urbana, quanto a utilização de tecnologias e sistemas virtuais para monitoramento, controle e manejo de águas pluviais no meio urbano, assim como a mitigação de passivos ambientais, através de medidas para controle da qualidade da água, contaminação, erosões, e a implementação de medidas estruturais para manejo sustentável da água no meio urbano, através de sistemas como LID (Desenvolvimento de baixo impacto), SuDS (Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável) e BMP (Boas Práticas de Gestão).

No Quadro 36 são detalhadas as diretrizes e objetivos específicos para a Drenagem Urbana Sustentável:

Quadro 36 – Drenagem Urbana Sustentável

Tema geral:	**Meio Ambiente**
Tema específico	**Drenagem Urbana Sustentável**
Estratégia	
A incertezas críticas relacionadas ao desenvolvimento do sistema de drenagem sustentável no município, estão relacionadas à vulnerabilidade do sistema atual devido a alteração das condições de drenagem natural, por sistema que passa a ser formado por ruas, bueiros, condutos e canais. O sistema atual é baseado apenas em medidas usuais de canalização e descarga a jusante, que aceleram o escoamento e aumentam significativamente vazões máximas, com ocorrência de enxurradas acompanhadas por fenômenos deletérios como erosão hídrica com transporte de sedimento, resíduos e poluentes, principalmente oriundos de emissões de veículos, indústrias, postos de gasolina, entre outros; que são transportando para os corpos receptores, causando impactos em ampla escala a nível social, ambiental e financeiro. Diante de eventos pluviométricos severos, o sistema atual é ineficiente para controlar e manejar de maneira integrada a ocorrência de inundações, devido principalmente à redução e minimização das áreas e infraestruturas disponíveis para infiltração, sendo necessária a implantação de sistemas urbanos de drenagem sustentável (SuDS) para a inserção de estruturas e medidas de baixo impacto, que potencializam o retardamento, detenção e infiltração das águas pluviais no solo e no lençol freático, buscando também o aumento dos índices de permeabilidade do solo.	
Diretrizes	
✓ Modernização das soluções técnicas adotadas para microdrenagem e macrodrenagem, proporcionando segurança sanitária, patrimonial e ambiental, por intermédio de soluções técnicas que agreguem capacidades e qualidades necessárias para o desenvolvimento de cidades resilientes, inteligentes e sensíveis à água; ✓ Fomento a projetos e medidas de drenagem baseado em soluções estruturais e não estruturais de baixo impacto, baseadas em soluções de drenagem sustentável e medidas compensatórias, para gestão e controle de inundações, também mitigação impactos ambientais, sociais e econômicos; ✓ Atuação efetiva da gestão pública municipal e órgão gestores, no planejamento e controle do cumprimento das medidas propostas no Plano Diretor de Drenagem, relativas à drenagem sustentável; ✓ Implementar medidas de controle na fonte para aproveitamento das águas das chuvas, abrangendo diferentes categorias de lotes, edificações e de	

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	**Drenagem Urbana Sustentável**
consumidores, articulado ao uso dos reservatórios requeridos para compensação dos impactos da impermeabilização do solo.	
Objetivo geral:	Implementar medidas para controle de enchentes e manejo eficiente da água no meio urbano, através sistemas baseados em soluções de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID), Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SuDS), Melhores Prática de Manejo (BMP), medidas compensatórias, monitoramento digital, entre outras práticas voltadas para o manejo e conservacionismo dos recursos hídricos no meio urbano, a partir da disseminação de medidas, técnicas e tecnologias voltadas para processos de amortecimento por retenção, infiltração, controle na fonte, entre outros.
Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	ODS 6 – Água Limpa e Saneamento, ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, ODS 13 – Combate à Alterações Climáticas
Objetivos específicos:	✓ Estabelecer diálogo com os órgãos de transporte e estradas, para possibilitar captação de recursos, ações e projetos para melhorias no sistema viário; ✓ Promover esforços para a preservação da vegetação e corpos hídricos presentes nas faixas de servidão e zonas de influência das vias; ✓ Construir parques, praças e áreas públicas que além da função urbanística, incorporem infraestruturas para drenagem sustentável de forma multifuncional; ✓ Georreferenciar áreas urbanas favoráveis à implantação de estruturas de drenagem sustentável, ✓ Promover a drenagem sustentável das vias vicinais, com captação e reaproveitamento de efluentes de drenagem para recarga de aquíferos e corpos hídricos, conforme especificações da ANA; ✓ Promover projetos e obras que incorporem medidas de drenagem sustentável na sua concepção, considerando a declividade natural do terreno, a proteção e recuperação de fundos de vale (talvegue) e corpos hídricos; ✓ Priorizar a utilização de pavimentos permeáveis outras medidas compensatórias visando redução dos impactos da urbanização; ✓ Propor medidas para controlar lançamentos clandestinos de esgoto na rede de drenagem, bem como a contaminação difusa e transporte de resíduos;
Instrumentos	
✓ Zoneamento Ecológico Econômico do Estado (Estatuto da Cidade/Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade)	

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	**Drenagem Urbana Sustentável**
✓ Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (Estatuto da Cidade) ✓ Lei de Uso do Solo (Estatuto da Cidade) ✓ Zoneamento Ambiental Municipal (Estatuto da Cidade) ✓ Gestão Orçamentária Participativa (Estatuto da Cidade) ✓ Plano de Recursos Hídricos (Política Estadual de Recursos Hídricos) ✓ Enquadramento dos Recursos Hídricos Superficiais (Política Estadual de Recursos Hídricos) ✓ Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos (SEIA) (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade / Política Estadual de Recursos Hídricos) ✓ Educação Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Avaliação dos Impactos Ambientais (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Zoneamento das Unidades de Conservação Municipais (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Licenciamento Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Fiscalização Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade / Política Estadual de Recursos Hídricos)	
Planos a serem elaborados	
✓ Plano de Manejo de Áreas Verdes Urbanas ✓ Plano de Manejo Integrada de Bacias Hidrográficas ✓ Plano de Manejo de Estradas Vicinais ✓ Plano de Gestão e Prevenção de Inundações ✓ Plano de Requalificação do Sistema de Drenagem	
Programas a serem elaborados	
✓ Programa de Educação Ambiental ✓ Programa de Manejo e Conservação das Águas Municipais ✓ Programa de Regularização das Estradas Vicinais do Município ✓ Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis ✓ Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável	
Projetos a serem elaborados	
✓ Projeto para requalificação do sistema de drenagem existentes, através da construção de estruturas de drenagem sustentável;	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.1.4. Diretrizes Específicas: Gestão e Prevenção de Enchentes

Um sistema de alerta de enchentes deve ser capaz de implementar medidas de emergência para proteger ou evacuar áreas durante eventos de maior gravidade. Eles existem, principalmente, em cidades de condições climáticas e ambientais mais extremas, como presença de neve, risco de tufões, tsunamis e chuva de monções, bem como locais de vulnerabilidade, próximo a rios e litoral.

O Quadro 37 exibe a síntese dos planos de Contingência e Emergência conforme a origem do risco potencial.

Quadro 37 – Riscos potenciais e plano de ação para o sistema de drenagem e manejo de águas pluviais.

Ocorrência	Origem	Plano de Contingência/Emergência
1. Alagamento e problemas relacionados à microdrenagem	· Inexistência da rede de drenagem urbana; · Precipitação de intensidade acima da capacidade de escoamento do sistema; · Mau funcionamento do sistema por presença de resíduos, comprometendo a capacidade de escoamento. · Ações de vandalismo e/ou sinistro.	· Comunicar ao setor de planejamento a necessidade de ampliação ou correção da rede de drenagem; · Mobilizar os órgãos competentes para a realização da manutenção e limpeza da microdrenagem; · Acionar a autoridade de trânsito para que sejam traçadas rotas alternativas a fim de evitar o agravamento do problema; · Acionar o técnico responsável designado para verificar a existência de risco à população (danos a edificações, vias, risco de propagação de doenças, etc.); · Propor soluções para resolução do problema, com a participação da população e informando a mesma sobre a importância de se preservar o sistema de drenagem.
2. Inundações, enchentes provocadas pelo transbordamento de rios, córregos ou canais de drenagem.	·Precipitação de intensidade acima da capacidade de escoamento do sistema e grande contribuição de montante, tendo em vista a área da bacia; ·Quebra de equipamentos eletromecânicos por fadiga ou falta de manutenção; ·Mau funcionamento do sistema por presença de resíduos e entulhos, comprometendo a capacidade de escoamento; ·Ações de vandalismo e/ou sinistro.	·Criar sistema de monitoramento que possa identificar “a priori” a intensidade da enchente e acionar o sistema de alerta respectivo, bem como dar partida às ações preventivas, inclusive remoção da população potencialmente atingível; ·Comunicar o setor responsável (prefeitura ou defesa civil) para verificação de danos e riscos a população; ·Comunicar o setor de assistência social para que sejam mobilizadas as equipes necessárias e a formação dos abrigos; ·Estudo para controle das cheias nas bacias. · Medidas para proteger pessoas e bens situados nas zonas críticas de inundação.
3. Deslizamento de encostas e movimento do solo	·Precipitação de significativa intensidade em períodos intercalados com precipitações de menor intensidade, e prolongados; ·Desmoronamento de taludes ou paredes de canais; ·Erosões de fundos de vale; ·Rompimento de travessias; ·Desmatamento e ocupação irregular de áreas de morros e encostas.	·Comunicar o setor responsável (prefeitura ou defesa civil) para verificação de danos e riscos a população; ·Remoção da população potencialmente atingível; ·Reparo das instalações danificadas; ·Medidas para o controle do uso e ocupação do solo.

Fonte: FESPSP, 2015.

A formatação desses sistemas utiliza informações a partir de medidores de vazão, pluviômetros, radares meteorológicos, modelagem hidrológica digital para determinar e prever impactos de inundações.

Eles também se apoiam no zoneamento das bacias urbanas por classe de risco, identificando áreas vulneráveis, baseando-se também em características físico-ambientais das mesmas - geologia, uso e ocupação, geomorfologia, hidrogeologia, etc.

No Quadro 38 são detalhadas as diretrizes e objetivos específicos para Gestão e Prevenção de Enchentes.

Quadro 38 – Diretrizes Específicas: Gestão e Prevenção de Enchentes

Tema geral:	**Meio Ambiente**
Tema específico	**Gestão e Prevenção de Enchentes**
Estratégia	
Durante um evento de inundação deverão ser levados a cabo, primeiramente, o plano e ações emergenciais para reduzir danos durante o evento, conduzidas pela defesa civil e outras entidades responsáveis, seguido pelos planos de recuperação para auxiliar no retorno à normalidade, dentro das devidas possibilidades, a fim de mitigar impactos sociais, físico-ambientais e econômicos. Manejo de águas pluviais e inundações no meio urbano, através de medidas não estruturantes, como o sistema de monitoramento e controle de inundações em tempo real, e medidas estruturais complementares relativas ao controle de picos de vazão e inundações, relacionados principalmente a medidas compensatórias e drenagem sustentável da água no meio urbano.	
Diretrizes	
✓ Atuação de maneira preventiva na gestão de danos causados por enchentes, evitando a ocupação de fundos de vale, áreas ribeirinhas e locais de risco, adaptando projetos para levar em conta o risco de inundação e atualizando permanentemente o mapeamento de moradias em áreas de risco prioritárias nos programas habitacionais para famílias de baixa renda; ✓ Elaboração do plano de drenagem e projetos estruturantes; controle do uso e ocupação do solo na agricultura, indústria e expansão urbana. ✓ Implementar plano de gestão ligado à Defesa Civil, contemplando medidas de prevenção e de resposta de emergência contra eventos de inundações, a partir de medidas estruturais e não estruturais focadas na redução de danos sociais, ambientais e econômicos, a partir da previsão, alerta e ações de emergência e contingência para recuperação de situações de risco; ✓ Fomento a projetos e medidas de drenagem baseado em soluções estruturais e não estruturas de baixo impacto, baseadas em soluções de drenagem sustentável e medidas compensatórias, para gestão e controle de inundações, também mitigação impactos ambientais, sociais e econômicos; ✓ Implementação e cumprimento efetivo de planos e programas para gestão da drenagem propostos no Plano de Diretor de Drenagem do município, e em outros instrumentos de referência; ✓ Empoderamento da gestão pública municipal, comitês, concessionárias, tomadores de decisão e outros agentes envolvidos, para acompanhar e cumprir de maneira efetiva o seu papel no planejamento e gestão do sistema de drenagem e controle de inundações.	
Objetivo geral:	Controlar preventivamente e em tempo real da drenagem de águas pluviais, inundações e outras temas relativos, visando reduzir a probabilidade e os impactos sociais,

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	**Gestão e Prevenção de Enchentes**
	ambientais e econômicos decorrentes das inundações; baseado em abordagem holística efetiva de prevenção, proteção, preparo, resposta de emergência e recuperação frente a eventos.
Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	ODS 6 – Água Limpa e Saneamento, ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, ODS 13 – Combate à Alterações Climáticas
Objetivos específicos:	✓ Elaborar de plano e ações emergenciais para reduzir danos durante o evento críticos e para auxiliar no retorno à normalidade, mitigando impactos sociais, físico-ambientais e econômicos; ✓ Prevenir danos causados por enchentes evitando a ocupação de áreas ribeirinhas; ✓ Adaptar de projetos levando em conta o risco de inundação, elaboração do plano de drenagem e projetos estruturantes; ✓ Gerir de maneira efetiva do uso e ocupação do solo, com intuito de prevenir a ocorrência de atividades e ocupações irregulares; ✓ Garantir o cumprimento e implementação dos programas, projetos e ações prescritas pelo Plano Diretor de Drenagem; ✓ Conceber sistema de prevenção e alerta de inundações em tempo real, para prever, alertar e atuar a partir dos planos de resposta de emergência na ocorrência de inundações; ✓ Desenvolver uma rede de infraestruturas verdes a partir de medidas compensatórias e soluções de drenagem sustentável, que contribuem diretamente para aspectos urbanísticos e paisagísticos, e principalmente, para o controle de enchentes e picos de vazão. ✓ Desenvolver junto à defesa civil planos de resposta de emergência em caso de inundação;
Instrumentos	
✓ Zoneamento Ecológico Econômico do Estado (Estatuto da Cidade/Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (Estatuto da Cidade) ✓ Lei de Uso do Solo (Estatuto da Cidade) ✓ Zoneamento Ambiental Municipal (Estatuto da Cidade) ✓ Gestão Orçamentária Participativa (Estatuto da Cidade) ✓ Plano de Recursos Hídricos (Política Estadual de Recursos Hídricos) ✓ Enquadramento dos Recursos Hídricos Superficiais (Política Estadual de Recursos Hídricos) ✓ Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos (SEIA) (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade / Política Estadual de Recursos Hídricos)	

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	**Gestão e Prevenção de Enchentes**
✓ Educação Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Avaliação dos Impactos Ambientais (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Zoneamento das Unidades de Conservação Municipais (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Licenciamento Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Fiscalização Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade / Política Estadual de Recursos Hídricos)	
Planos a serem elaborados	
✓ Plano de Manejo de Áreas Verdes Urbanas ✓ Plano de Manejo Integrada de Bacias Hidrográficas ✓ Plano de Manejo de Estradas Vicinais ✓ Plano de Gestão e Prevenção de Inundações ✓ Plano de Requalificação do Sistema de Drenagem	
Programas a serem elaborados	
✓ Programa de Educação Ambiental ✓ Programa de Manejo e Conservação das Águas Municipais ✓ Programa de Regularização das Estradas Vicinais do Município ✓ Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis ✓ Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável	
Projetos a serem elaborados	
✓ Projeto de implantação de sistema de prevenção e alerta de inundações em tempo real, baseado em modelagens digitais sobre dados climáticos de radares de micro, meso e macro escala, e medidas de estações pluviométricas e fluviométricas, processados e interpretados para alerta, tomada de decisão e resposta de emergência em eventos críticos;	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.1.5. Diretrizes Específicas: Sistema Viário Vicinal

As estradas rurais são importantes focos de erosão e degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, motivo pelo qual é de grande relevância a proposição de diretrizes e objetivos específicos a serem executadas pelo Poder Público Municipal e órgão associados, para qualificar o sistema viário existente quanto às incertezas críticas para implementação de uma política de gestão e manejo efetivo da malha viária vicinal, urbana e rural, através do planejamento de ações e aplicação de recursos direcionados à manutenção e ao desenvolvimento de projetos que incorporem fatores de resiliência e tecnologias de baixo impacto para o manejo de águas pluviais em vias vicinais.

As melhorias na gestão do sistema viário vicinal torna-se relevante, frente à ocorrência generalizada de processos de degradação do estado de conservação das estradas vicinais, faixas de servidão e áreas de influência, com inexistência e ineficiência de infraestruturas de drenagem de águas pluviais, falta de manutenção adequada, e até

mesmo pela concepção de projetos viários mal planejados e executados, que além de gerar gastos elevados para a gestão pública em reparar e manter rede viária em condições de tráfego, prejudicam a mobilidade, gerando risco de acidentes e bloqueio de vias em períodos crítico de chuva; somados aos impactos ambientais nas faixas de servidão e área próximas.

Com isso, as diretrizes específicas do sistema viário vicinal se baseiam na requalificação e manejo do sistema viário, com alterações estruturais que agreguem características e qualidades que contribuam para que a estradas sejam mais resilientes aos processos de deterioração por erosão hídrica e fenômenos associados, como a formação de sulcos, ravinas e voçorocas, transporte e acúmulo de sedimentos, contaminação difusa, entre outros impactos, que geram danos aos ecossistemas locais e comprometem a qualidade ambiental do solo e corpos hídricos.

O Programa Produtor de Água, da Agência Nacional de Águas (ANA), pode ser aplicado como ferramenta de relevância para o controle da erosão e da poluição difusa, a partir de um modelo de incentivo através de compensação financeira aos agentes que, comprovadamente, contribuem para a proteção e recuperação de mananciais, gerando benefícios para a bacia e sua população. Contempla recomendações visando práticas de manejo e conservação do solo que contribuam para melhorais na qualidade da cobertura vegetal, dos recursos hídricos, mitigando problemas de erosão hídrica e sedimentação do solo, e aumentando o aproveitamento e infiltração das águas no solo; e propondo diversas medidas de manejo sustentável da água em estradas vicinais.

Segundo diretrizes do programa, as vias localizadas em terrenos íngremes e declivosos devem receber especial atenção quanto à sua manutenção, pois têm maior potencial de erodibilidade e os custos para adequação também tende a ser significativamente maiores.

As intervenções executadas nas estradas no âmbito do Programa Produtor de Água diferem substancialmente daquelas rotineiramente realizadas pelas prefeituras municipais. Estas têm o único intuito de promover a trafegabilidade das estradas, enquanto aquelas têm propósito conservacionista, visando transformar as vias em verdadeiras “estradas ecológicas”. Dessa forma, a intenção, é muito mais do que prover a trafegabilidade, é proteger a pista de rolamento dos efeitos danosos da enxurrada, drenando a água de forma mais rápida possível do leito e destinando para recarga de aquífero e lençol freático, através da implantação de sistemas especiais para o escoamento e acumulação de água, de modo a não provocar impactos ao meio ambiente, através da aplicação de estruturas adjacentes como camalhões, terraços, barraginhas, sarjetas e os dissipadores de energia. (ANA, 2018)

No Quadro 39 são detalhadas as diretrizes e objetivos específicos para o Sistema Viário Vicinal.

Quadro 39 – Diretrizes Específicas: Sistema Viário Vicinal

Tema geral:	**Meio Ambiente**
Tema específico	**Sistema Viário Vicinal**
Estratégia	
As incertezas críticas relacionadas ao sistema viário vicinal da área rural e distrital de Feira de Santana estão relacionadas principalmente à carência de manutenção e qualificação das infraestruturas viárias através de obras e serviços de recuperação,	

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	**Sistema Viário Vicinal**

pavimentação, drenagem, melhorias nas condições do greide e da qualidade ambiental das faixas marginais e infraestruturas complementares, com ocorrência efeitos deletérios decorrentes principalmente da inexistência ou ineficiência dos sistemas de drenagem pluvial corroboram para o estado de conservação das vias, com ocorrência de pontos críticos onde a mobilidade é afetada, com risco de acidentes e impossibilidade de deslocamento em períodos mais críticos de chuva, dificultando principalmente a dinâmica de transporte entre meio rural e urbano.

A presença de situações de vulnerabilidade ambiental nas vias e áreas de influência das mesmas, com pressões e impactos sobre solo, recursos hídricos e vegetação, com custo elevado para a gestão pública em reparos e manutenção da malha vicinal e danos imensuráveis ao estado de conservação ambiental; corroborados pela falta de atuação efetiva dos órgãos públicos, instituições e sociedade civil no controle e gestão da situação, agravando ainda mais os problemas existentes.

Dessa forma, a estratégia proposta para avançar no sentido de qualificar o sistema existente e enfrentar as incertezas críticas, é direcionada para implementação de uma política de gestão e manejo eficiente das vias e áreas de influência, através do planejamento de ações, projetos e aplicação de recursos, direcionados à manutenção da malha vicinal e ao desenvolvimento de projetos que incorporem resiliência e baixo impacto no manejo de águas pluviais em vias vicinais, reduzindo gastos de recursos para manutenção das vias vicinais e danos ao meio ambiente.

Diretrizes

- ✓ Revitalização e valorização das áreas verdes, mananciais hídricos, fragmento florestais e outras áreas de relevância ambiental, na zona de influência e amortecimento de vias vicinais;
- ✓ Requalificação e reestruturação da malha vicinal, buscando aumentar a permeabilidade, durabilidade e resiliência das mesmas aos eventos hídricos, aumentando a vida útil e reduzindo os gastos com manutenção;
- ✓ Garantia de uma atuação mais ativa por parte do município na gestão do sistema viário vicinal;
- ✓ Promoção de melhorias e estruturação da malha de vias vicinais do município, garantindo a mobilidade com segurança, qualidade e sustentabilidade dos nas zonas de influência;
- ✓ Controle e mitigação de efeitos deletérios causados ao meio ambiente em decorrência de eventos pluviométricos, a partir do fomento a aplicação de técnicas de drenagem sustentável e medidas compensatórias que contribuam para o incremento da qualidade ambiental e redução da ocorrência de passivos ambientais;
- ✓ Converter as enxurradas em um recurso para recarga de mananciais hídricos, através de intervenções que aumentem a resiliência e promovam o incremento na captação e infiltração da água.

Objetivo geral:	Propor ações a serem executadas pelo Poder Público Municipal e órgão associados, para efetivar a gestão a regularização do sistema viário rural.

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	**Sistema Viário Vicinal**
Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	ODS 6 – Água Limpa e Saneamento, ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, ODS 13 – Combate à Alterações Climáticas
Objetivos específicos:	✓ Estabelecer diálogo com os órgãos de transporte e estradas, para possibilitar captação de recursos, ações e projetos para melhorias no sistema viário; ✓ Promover esforços para a preservação/conservação de área de maior sensibilidade ambiental, (vegetação e corpos hídricos) presentes nas faixas de servidão e zonas de influência das vias; ✓ Mitigar os impactos ambientais em vias vicinais de acordo com o grau de urgência; ✓ Controlar e fiscalizar ações de ocupação e uso indevido de áreas de vias e faixas de servidão; ✓ Melhorar a acessibilidade rural através da manutenção periódica da qualidade das vias; ✓ Promover o uso sustentável das vias, com captação e reaproveitamento de efluentes de drenagem para recarga de aquíferos e corpos hídricos, conforme especificações da ANA; ✓ Promover projetos e obras para pavimentação, drenagem sustentável e qualificação de vias, adaptado o traçado ao relevo;
Instrumentos	
✓ Zoneamento Ecológico Econômico do Estado (Estatuto da Cidade/Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (Estatuto da Cidade) ✓ Lei de Uso do Solo (Estatuto da Cidade) ✓ Zoneamento Ambiental Municipal (Estatuto da Cidade) ✓ Avaliação dos Impactos Ambientais (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Licenciamento e Fiscalização Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Política Nacional de Mobilidade Urbana	
Planos a serem elaborados	
✓ Plano de Manejo de Áreas Verdes Urbanas ✓ Plano de Manejo Integrada de Bacias Hidrográficas ✓ Plano de Manejo de Estradas Vicinais ✓ Plano de Gestão e Prevenção de Inundações ✓ Plano de Requalificação do Sistema de Drenagem	
Programas a serem elaborados	
✓ Programa de Educação Ambiental ✓ Programa de Manejo e Conservação das Águas Municipais ✓ Programa de Regularização das Estradas Vicinais do Município ✓ Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis ✓ Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável	

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	**Sistema Viário Vicinal**
✓ Programa de integração ao Programa Produtor de Água (ANA)	
Projetos a serem elaborados	
✓ Projeto de Educação Ambiental para capacitação de agricultores e agentes ✓ Projeto de recuperação e reestruturação das vias vicinais, com implementação de práticas conservacionistas; ✓ Projeto de captação de recursos e implantação do Programa Produtor de Água (ANA), para adequação da malha vicinal e construção das infraestruturas prescritas;	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.1.6. Diretrizes Específicas: Movimentações de terra e controle de erosões

O presente item trata de aspectos relativos a processos de movimentação de terra, rochas, materiais inertes e relacionados aos fenômenos erosivos, visto que ambos estão relacionados em condição recíproca de causa e efeito, contribuindo de maneira mútua para a ocorrência de processos erosivos associados à drenagem superficial de águas pluviais.

As alterações nas caraterísticas naturais do terreno a partir de ações de supressão da cobertura vegetal, remoção de horizontes superficiais e subsuperficiais de solo por obras de terraplanagem, mineração e remoção de material de empréstimo, acúmulo de materiais excedentes da construção civil, contribuem diretamente para alteração das características da drenagem natural do local, devido a alteração de características do relevo e do solo. Dessa forma, contribuindo para a ocorrência de processos erosivos como: lixiviação, ravinamento, transporte de sedimentos, rochas e assoreamento de corpos hídricos, instabilidade de taludes, alteração de características físicas e mecânicas do solo, entre outros.

Com isso, considera-se de grande relevância a definição de diretrizes e medidas focadas no controle das atividades e ações causadoras de impactos relacionadas aos processos erosivos e à drenagem urbana. Iwasa e Fendrich (2001) e DEP/PMPA (2005) listam algumas recomendações preventivas para implantação de novos loteamentos e urbanização:

- ✓ Manter desocupadas as cabeceiras e linhas de drenagem natural, utilizando-as como áreas verdes;
- ✓ O traçado viário deve ser implantado de forma a evitar ruas longas situadas perpendicularmente às curvas de nível;
- ✓ Procurar situar as vias principais paralelamente às curvas de nível;
- ✓ A implantação de loteamentos deve ser realizada de jusante para montante;
- ✓ As obras de terraplenagem devem ser realizadas simultaneamente com as obras de proteção superficial;
- ✓ Durante a execução das obras, as redes de drenagem devem estar devidamente protegidas contra o assoreamento e a obstrução;
- ✓ Nos movimentos de terra de grande porte, devem-se prever sistemas provisórios de drenagem;
- ✓ Evitar a execução das obras de terra e implantação do sistema de drenagem nos períodos chuvosos.
- ✓ Os sistemas de drenagem devem ser periodicamente inspecionados, realizando-se os reparos das partes destruídas, a desobstrução e o desassoreamento dos coletores;
- ✓ As vias de circulação e os demais espaços públicos devem ser mantidos limpos;
- ✓ Efluentes sanitários e/ou industriais só podem ser encaminhados à rede pluvial pública após tratamento adequado, em se tratando de sistemas unitários;
- ✓ Proibição da construção sobre galerias pluviais públicas, talvegues e cursos d'água, devendo também ser respeitadas as faixas de preservação e faixas não edificáveis;
- ✓ Imposição da implantação de sistema de drenagem, em novos loteamentos, conjuntos residenciais e condomínios, sendo os custos de projeto e das obras necessárias de inteira responsabilidade do empreendedor,
- ✓ Imposição aos empreendedores de loteamentos, conjuntos residenciais e condomínios que não se encontram próximos à rede pública pluvial de promover a

urbanização e execução da rede à jusante, até um ponto de lançamento autorizado pelo órgão ambiental competente.

Recomendam-se análise de medidas previstas no Programa Produtor de Água, da ANA, que elenca diversas medidas para controle de erosões em bacias hidrográficas, descrito com maiores detalhes no item referente ao programa.

No Quadro 40 são detalhadas as diretrizes e objetivos específicos relativos a Movimentações de Terra e Controle de Erosões.

Quadro 40 – Diretrizes Específicas: Movimentações de Terra e Controle de Erosões

<table>
<tr><td>Tema geral:</td><td>Meio Ambiente</td></tr>
<tr><td>Tema específico</td><td>Movimentações de terra e Controle de Erosões</td></tr>
<tr><td colspan="2">Estratégia</td></tr>
<tr><td colspan="2">As incertezas críticas associadas às pressões ambientais e aos conflitos de uso ocorrentes no cenário atual no território municipal estão relacionadas aos impactos decorrentes da alteração da drenagem natural, associado a movimentação de terra, decorrente de processos que envolvem escavações (cortes e aterros), transportes de solos e/ou rochas, resíduos de construção e demolição necessários em obras civis, áreas de empréstimo, depósitos de material excedente e mineração, causadores de alterações na superfície e/ou topografia local e consequentemente alterando o regime de escoamento de águas pluviais.

Nesse contexto, a estratégia proposta para enfrentar a incertezas críticas relacionadas às pressões ambientais estão associadas especialmente ao controle do uso e ocupação do solo, por meio de esforços para recuperação ambiental das áreas de passivos e mitigação de fontes causadoras, buscando efetivar uma política de gestão através da regulamentação, monitoramento e fiscalização das atividades, aplicando as legislações cabíveis.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Diretrizes</td></tr>
<tr><td colspan="2">✓ Controlar efetivamente o uso e ocupação do solo, regulamentando os usos e atividades que possam causar ou intensificar processos que impactam o meio ambiente;
✓ Garantia de uma atuação mais ativa por parte do município na gestão dos recursos ambientais do seu território;
✓ Contenção da expansão aumento dos focos de pressão ambiental, regulamentado as fontes geradoras;
✓ Controlar de maneira efetiva erosões, movimentações de terra e processos de degradação do solo;
✓ Gestão e mapeamento de áreas de risco a danos materiais ou sociais advindos de escorregamentos e movimentação de massas de solo ou rocha, integrando informações ao sistema de prevenção e alerta de inundações e desastres naturais;
✓ Disciplinamento do descarte e acúmulo de materiais inertes, tais como solos, rochas, sedimentos e resíduos de construção e demolição.</td></tr>
<tr><td>Objetivo geral:</td><td>Propor ações a serem executadas pelo Poder Público Municipal que visem garantir o controle e disciplinamento do uso do solo e mitigação de efeitos deletérios relacionados a erosão hídrica e movimentações de terra,</td></tr>
</table>

Tema geral:	**Meio Ambiente**
Tema específico	**Movimentações de terra e Controle de Erosões**
	decorrentes principalmente às alterações no regime de escoamento e condições de drenagem natural pré-urbanização.
Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	ODS 6 – Água Limpa e Saneamento, ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, ODS 13 – Combate à Alterações Climáticas
Objetivos específicos:	✓ Evitar a formação de processos erosivos e consequentemente, o carreamento de sedimentos para os corpos d'água; ✓ Reduzir a perda de solos férteis, promovendo sua preservação e reutilização em áreas verdes; ✓ Evitar a movimentação de terra abusiva, que envolva excesso de volumes de cortes e aterro além da exposição do solo; ✓ Aproveitar ao máximo os solos disponíveis na área do empreendimento, evitando a importação de materiais de empréstimos; ✓ Preservar a vegetação de acordo com os dispositivos legais e incentivar a expansão e a conservação da cobertura vegetal; ✓ Disciplinar o uso adequado de áreas destinadas a depósitos de materiais excedentes exigindo medidas de controle previstas em lei; ✓ Evitar a retirada abusiva de materiais de empréstimo, disciplinando a sua exploração; ✓ Evitar a execução de movimentação de terra que gerem estabilizações de taludes; ✓ Assegurar a recuperação de áreas degradadas causadas por movimentação de terra; ✓ Reduzir e mitigar os impactos negativos gerados pelo movimento de terra, especialmente as alterações paisagísticas capazes de gerar impactos visuais.
Instrumentos	
✓ Zoneamento Ecológico Econômico do Estado (Estatuto da Cidade/Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (Estatuto da Cidade) ✓ Lei de Uso do Solo (Estatuto da Cidade) ✓ Zoneamento Ambiental Municipal (Estatuto da Cidade) ✓ Avaliação dos Impactos Ambientais (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Licenciamento e Fiscalização Ambiental (Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade) ✓ Política Nacional de Mobilidade Urbana	
Planos a serem elaborados	
✓ Plano de Manejo de Áreas Verdes Urbanas ✓ Plano de Manejo Integrada de Bacias Hidrográficas	

Tema geral:	Meio Ambiente
Tema específico	**Movimentações de terra e Controle de Erosões**
✓ Plano de Manejo de Estradas Vicinais ✓ Plano de Gestão e Prevenção de Inundações ✓ Plano de Requalificação do Sistema de Drenagem	
Programas a serem elaborados	
✓ Programa de Educação Ambiental ✓ Programa de Manejo e Conservação das Águas Municipais ✓ Programa de Regularização das Estradas Vicinais do Município ✓ Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis ✓ Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável ✓ Programa de integração ao Produtor de Água (ANA)	
Projetos a serem elaborados	
Será detalhado a posteriori.	

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.2. Programas de Meio Ambiente e Sustentabilidade

No presente item do documento são detalhados os programas propostos pelo *Plano Diretor de Drenagem Urbana*, através das diretrizes e planos setoriais descritas no capítulo anterior. Dessa forma, elenca os programas setoriais relativos ao meio ambiente e sustentabilidade, no que tange a abordagem da drenagem de águas pluviais urbanas. São estes:

- Programa de Manejo e Conservação das Águas Municipais
- Programa de Regularização de Estradas Vicinais
- Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis
- Programa de Educação Ambiental
- Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável
- Programa de Prevenção de Inundações em Tempo Real
- Programa de Controle de Movimentações de Terra e Erosões
- Programa de implantação do Produtor de Água (ANA)

Os quadros do item a seguir, contém informações detalhadas sobre os programas, com descrição de objetivos, ações diretas e indiretas, horizonte de implementação, indicadores e estratégias de monitoramento, além da indicação de agentes envolvidos e possíveis fontes de financiamento. Subprogramas, indicadores e projetos deverão ser detalhados em etapa *a posteriori*.

Além dos programas setoriais propostos, também está elencado a integração ao Programa Produtor de Água, da Agência Nacional de Águas, visto a relevância do mesmo quanto à recomendação de práticas voltadas para conservação de bacias.

4.3.2.1. Programa de Manejo e Conservação das Águas Municipais

No Quadro 41 são detalhadas as informações sobre o Programa de Conservação das Águas Municipais:

Quadro 41 – Programa de Conservação das Águas Municipais.

Tema geral:	**Meio Ambiente**
Nome do Programa	***Programa de Conservação das Águas Municipais***
Justificativa	
O Programa é proposto devido ao crescente aumento do comprometimento de mananciais hídricos e suas áreas de influência por impactos oriundos de ações antrópicas e expansão de áreas de ocupação e uso desordenado solo, com riscos para a manutenção e preservação da qualidade ambiental e dos recursos hídricos locais. Tal programa abrangerá o conjunto de ações e políticas para a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, através de ações para recuperação e preservação de mananciais nas grandes bacias, e nas sub e microbacias presentes no território de Feira de Santana. Inclui ações que são necessárias para mitigar de maneira preventiva e corretiva as pressões ambientais sobre corpos hídricos fluviais, lagoas, açudes e aquíferos, valorizando as infraestruturas naturais formadas nesses locais de grande relevância para o amortecimento das águas pluviais, preservação da qualidade ambiental e principalmente como locais com potencial paisagístico e urbanístico.	
Objetivos	
✓ Promover a conservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; ✓ Controlar efetivamente o uso do solo, coibindo atividades que possam causar ou intensificar efeitos deletérios sobre os mananciais hídricos; ✓ Proteger de rios, lagoas, nascentes, através de ações medidas para redução de impactos derivados da drenagem de águas pluviais, por contaminação difusa e transporte de resíduos; ✓ Monitorar continuamente a qualidade hidro-ambiental dos corpos hídricos urbanos, a partir de análises de pontos de monitoramento e controle de inventário de corpos hídricos georreferenciados; ✓ Disciplinar o uso de recursos hídricos superficiais e subterrâneos por usos múltiplos, através da regulamentação do uso da água, utilizando instrumentos como outorga e licenciamento ambiental, além de exigência de medidas compensatórias para atividades de grande impacto, bem como multas para crimes ambientais.	
Ações diretas	✓ Identificar e caracterizar através do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, os pressupostos para ações de qualificação e recuperação ambiental dos corpos hídricos urbanos; ✓ Capacitar e treinar agentes, usuários e outros envolvidos na gestão dos recursos hídricos;

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Conservação das Águas Municipais***
	✓ Implementar política de compensação por serviços ambientais, através de pagamentos aos beneficiários prestadores de serviços de conservação do meio ambiente e dos recursos naturais; ✓ Formular e aprovar base legal para regulamentação do programa; ✓ Implantação de estruturas e dispositivos de drenagem sustentável, capazes de mitigar poluentes e contaminação difusa; ✓ Saneamento dos rios, nascentes e corpos hídricos que formam as bacias do Município, coibindo despejos de efluentes, uso e ocupação inadequados; ✓ Controlar erosão nas margens de rios e lagoas através de práticas conservacionistas; ✓ Monitorar e regulamentar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do Município; ✓ Recompor as matas ciliares e executar controle do uso do solo nas margens dos cursos d'água, assim como nas demais Áreas de Preservação Permanente; ✓ Proteger e recuperar bordo de lagoas, nascentes e rios urbanos com a criação de parques fluviais lineares no entorno até mesmo de nascentes urbanas, com intuito de preservar ao mesmo tempo que permite usos como áreas de lazer, atividades físicas, ciclovias, entre outros; ✓ Instalar de dispositivos hidráulicos para retenção de sedimentos e resíduos; ✓ Implementar no município os princípios do Programa Produtor de Água, da ANA.
Ações indiretas	✓ Executar ações dos demais planos setoriais dos serviços de saneamento básico; ✓ Requalificar a rede viária vicinal; promovendo o manejo adequado de águas pluviais, para que possibilite converter escoamento pluvial que degrada a via e promove o assoreamento de nascentes e corpos hídricos, em volume de infiltração recarga; ✓ Planejar captação de recursos a partir de programas estaduais, federais e internacionais, voltados para conservação de recursos hídricos a exemplo do Programa Produtor de Água, da ANA; ✓ Capacitar a gestão pública municipal e conselhos gestores para gerir, planejar e executar as medidas propostas no Plano de Drenagem, com controle social.
Programação e horizonte de implementação	
✓ Programa de médio a longo prazo ✓ <u>Prazo:</u> 2041	

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Conservação das Águas Municipais***
Agentes envolvidos	
✓ PMFS, Inema, Embasa, SIHS, ANA, DNIT, Comitê de Bacias.	
Estratégia de Monitoramento	
✓ Monitoramento da qualidade das águas de corpos hídricos, através da coleta e análise de indicadores em pontos de controle; ✓ Monitoramento e mapeamento sistemático das áreas de expansão urbana irregular, sobre áreas de preservação e conservação; ✓ Monitoramento de biota, a exemplo de aves migratórias;	
Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração	
✓ Índice de ocupação de áreas de ribeirinhas e APP; ✓ Coleta e análise físico-químicas periódicas de amostras dos corpos hídricos;	
Prováveis fontes de financiamento	✓ Recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos; ✓ Recursos de empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários; ✓ Dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos; ✓ Do Fundo Nacional de Meio Ambiente; ✓ Do Orçamento Geral da União; ✓ Do orçamento de Estados, Municípios e Comitês de Bacias; ✓ Compensação financeira por parte de usuários beneficiados; ✓ Mecanismo de Desenvolvimento Limpo / Protocolo de Kyoto; ✓ Organismos Internacionais (ONG's, GEF, BIRD, etc.); ✓ Financiamento de bancos de investimento oficiais (Banco do Brasil e BNDES);
Custos	Para estimativa dos custos serão necessários estudos específicos.

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.2.2. Programa de Regularização de Estradas Vicinais

No Quadro 42 são detalhadas a informações sobre o Programa de Regularização de Estradas Vicinais:

Quadro 42 – Programa de Regularização de Estradas Vicinais

Tema geral:	**Meio Ambiente**
Nome do Programa	***Programa de Regularização de Estradas Vicinais***
Justificativa	
A ocorrência generalizada de processos de degradação do estado de conservação das estradas vicinais, rurais e urbanas, dificulta a dinâmica de transporte, e compromete a mobilidade, trazendo risco de acidentes e impossibilidade de deslocamento em períodos crítico de chuva. Tais ocorrências são potencializadas pela inexistência ou ineficiência de infraestruturas de drenagem, falta de manutenção adequada, e até mesmo pela concepção de projetos viários mal planejados ou executados, que geram gastos elevados para a gestão pública em reparar e manter a rede viária, além de impactos severos ao estado de conservação ambiental nas faixas de servidão e áreas próximas. Os processos de degradação via erosão hídrica provocam fenômenos como a formação de sulcos, ravinas e voçorocas, transporte e acúmulo de sedimentos, contaminação difusa, entre outros impactos, que geram danos imensuráveis aos ecossistemas locais e que comprometem a qualidade ambiental do solo e corpos hídricos próximos. Dessa forma, o programa prevê então o planejamento e ações para aprimoramento da qualidade das infraestruturas viárias em zonas rurais e urbanas, e se baseia em um conjunto práticas para estruturação e manejo do sistema viário, para que sejam mais resilientes aos processos de erosão hídrica.	
Objetivos	
✓ Garantir melhores condições de mobilidade, segurança e sustentabilidade do sistema de viário vicinal, aumentando a eficiência e a durabilidade frente aos fenômenos hídricos; ✓ Conter e mitigar processos de degradação do solo por erosão hídrica; ✓ Realizar requalificação e manutenção do estado de conservação da infraestrutura viária; ✓ Converter as enxurradas em um recurso para recarga de mananciais hídricos, através de intervenções que aumentem a resiliência e ainda promovam o incremento na captação e infiltração da água.	
Ações diretas	✓ Capacitar e treinar agentes envolvidos na gestão do sistema viário vicinal, para aprimorar a capacidade de tomada de decisão, planejamento e manutenção do sistema; ✓ Elaborar projetos específicos para implementação do Programa; ✓ Definir estratégia para aplicação dos recursos e para planejamento das ações; ✓ Realizar manutenção e recuperação da infraestrutura de vias vicinais, com incremento da qualidade dos leitos de

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Regularização de Estradas Vicinais***
	rolamento e dos mecanismos de drenagem de águas pluviais; ✓ Realizar mitigação de pressões e impactos ambientais em áreas de influência de vias; ✓ Recuperar taludes e vertentes de morros comprometidos por processos de degradação; ✓ Realizar obras de terraplanagem, pavimentação, drenagem sustentável de estradas, a partir de projetos planejados para maior resiliência e eficiência ambiental; ✓ Adquirir ou alugar maquinas, ferramentas e insumos, além de operadores para realização de serviços de manutenção contínua do sistema viário municipal; ✓ Aplicar soluções para controle de poluição difusa, para pré-condicionamento da água pluvial previamente à descarga em corpos receptores, prevenindo contaminação de mananciais. ✓ Utilizar pavimentos drenantes e soluções que contribuam para redução do índice de impermeabilização do solo.
Ações indiretas	✓ Executar ações dos demais planos setoriais dos serviços de saneamento básico; ✓ Melhorar sistema de mobilidade terrestre; ✓ Executar manejo adequado das vias que possibilite converter escoamento pluvial que degrada a via e promove o assoreamento de nascentes e corpos hídricos, em volume de infiltração recarga; ✓ Planejar captação de recursos a partir de programas estaduais, federais e internacionais, voltados para conservação de recursos hídricos a exemplo do Programa Produtor de Água, da ANA; ✓ Capacitar a gestão pública municipal e conselhos gestores em gerir, planejar e executar as medidas propostas no Plano de Drenagem, com controle social.
Programação e horizonte de implementação	
✓ Programa de médio a longo prazo. ✓ <u>Prazo:</u> 2041	
Agentes envolvidos	
✓ PMFS, Inema, Embasa, SIHS, ANA, DNIT	
Estratégia de Monitoramento	
Será detalhado *a posteriori*.	
Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração	
Será detalhado *a posteriori*.	

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Regularização de Estradas Vicinais***
Prováveis fontes de financiamento	✓ Recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos; ✓ Das empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários; ✓ Dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos; ✓ Do Fundo Nacional de Meio Ambiente; ✓ Do Orçamento Geral da União; ✓ Do orçamento de Estados, Municípios e Comitês de Bacias; ✓ Compensação financeira por parte de usuários beneficiados; ✓ Mecanismo de Desenvolvimento Limpo / Protocolo de Kyoto; ✓ Organismos Internacionais (ONG's, GEF, BIRD, etc.); ✓ Financiamento de bancos de investimento oficiais (Banco do Brasil e BNDES);
Custos	Para estimativa dos custos serão necessários estudos específicos.

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.2.3. Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis

No Quadro 43 são apresentadas as informações sobre o Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis:

Quadro 43 – Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis***
Justificativa	
O programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis se mostra relevante devido à perda da qualidade ambiental pela crescente depreciação das áreas verdes e áreas protegidas existentes em zona urbana e periurbana, com aumento de intervenções para supressão e remoção de árvores, depreciação de praças, lagoas e outras áreas de vulnerabilidade ambiental, ações de ocupação irregular, associadas a problemas de saneamento. O programa destinado às zonas urbanas/urbanizadas na sede de Feira de Santana e nas povoações distritais, tem como objetivo de criar e requalificar os espaços existentes, suprindo a carência de praças, parques, jardins e áreas públicas arborizadas, que contribuem diretamente para qualidade ambiental ao meio urbano e para a qualidade de vida aos seus habitante, com aumento do conforto térmico, incremento de locais sombreados, áreas de esporte e lazer, atuando também como áreas de amortecimento e infiltração de água pluviais, aumentando o índice de permeabilidade do solo urbano e mitigando problemas de drenagem e enxurradas.	
Objetivos	

<table>
<tr><td>Tema geral:</td><td colspan="2">Meio Ambiente</td></tr>
<tr><td>Nome do Programa</td><td colspan="2">Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis</td></tr>
<tr><td colspan="3">✓ Implementar programa de conscientização da população quanto ao uso e preservação de seus recursos naturais, para melhoria da qualidade ambiental e qualidade de vida de seus habitantes;
✓ Promover projetos de ações integradas, por parte de entidades governamentais, civis e empresariais, para garantir a qualidade ambiental e urbana, com níveis compatíveis com o que é estabelecido pela legislação;
✓ Promover a recuperação de áreas verdes urbanas, em bases socialmente justas e ecologicamente sustentáveis, através do reforço e aperfeiçoamento da educação e desenvolvimento de projetos voltados para técnicas de baixo impacto e para o aumento da resiliência e capacidade do meio urbano de lidas com o manejo de águas pluviais.</td></tr>
<tr><td>Ações diretas</td><td colspan="2">✓ Elaborar e detalhar de projetos específicos para implementação do Programa;
✓ Elaborar projetos e construção de espaços para atividades de lazer, como praças, parques lineares e parques ecológicos projetados para amortecimento de águas pluviais;
✓ Capacitar entidades e agentes municipais e também da sociedade civil, para atuar na proteção do meio ambiente e na gestão da cidade;
✓ Realizar produção e plantio de mudas de árvores, em áreas verdes urbanas na sede e nos distritos;
✓ Implantar estruturas verdes de paisagismo e drenagem sustentável como jardins filtrantes, valas de infiltração, bacias de detenção, pavimentos drenantes, para incremento da taxa de permeabilidade do solo;
✓ Contribuir com ações de adoção de áreas verdes, praças e canteiros urbanos, por moradores dos bairros e comunidades.</td></tr>
<tr><td>Ações indiretas</td><td colspan="2">✓ Elaborar e implementar programa de educação ambiental;
✓ Garantir a função social das áreas e espaços verdes do município;
✓ Garantir a manutenção e sustentabilidade desses espaços assim como de outras áreas verdes
✓ Identificar e caracterizar através do Plano Diretor Urbano, de pressupostos e estratégias de ação e aplicação dos recursos para qualificação e recuperação ambiental do território municipal;
✓ Efetuar monitoramento e controle integrado efetivo por parte da gestão pública municipal sobre o uso e ocupação do solo.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Programação e horizonte de implementação</td></tr>
<tr><td colspan="3">✓ Programa de curto e médio prazo
✓ <u>Prazo:</u> 2041</td></tr>
</table>

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Manutenção de Áreas Verdes Permeáveis***
Agentes envolvidos	
✓ PMFS, Inema, Embasa, SIHS, ANA, DNIT	
Estratégia de Monitoramento	
Será detalhado *a posteriori.*	
Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração	
Será detalhado *a posteriori*.	
Prováveis fontes de financiamento	✓ Recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos; ✓ Das empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários; ✓ Dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos; ✓ Do Fundo Nacional de Meio Ambiente; ✓ Do Orçamento Geral da União; ✓ Do orçamento de Estados, Municípios e Comitês de Bacias; ✓ Compensação financeira por parte de usuários beneficiados; ✓ Mecanismo de Desenvolvimento Limpo / Protocolo de Kyoto; ✓ Organismos Internacionais (ONG's, GEF, BIRD, etc.); ✓ Financiamento de bancos de investimento oficiais (Banco do Brasil e BNDES);
Custos	Para estimativa dos custos serão necessários estudos específicos.

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.2.4. Programa de Educação Ambiental

No Quadro 44 são apresentadas as informações sobre o Programa de Educação Ambiental:

Quadro 44 – Programa de Educação Ambiental

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Educação Ambiental***
Justificativa	
O programa consiste na proposta de implementação de um programa para a melhoria das condições ambientais na zona urbana e rural de Feira de Santana, através de medidas e ações para dotar o município de estratégias para mobilizar e viabilizar a atuação conjunta entre órgãos municipais, estaduais e federais, sociedade civil, ONG´s e instituições relacionadas. As referidas ações visam garantir uma política de gestão ambiental, democrática, sustentável e socialmente justa, através da realização de atividades educacionais, para	

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Educação Ambiental***
todos os níveis de ensino, voltadas para conscientizar e capacitar pessoas sobre assuntos relativos aos temas como meio ambiente, recursos hídricos, drenagem de águas pluviais, preservação e conservação de recursos, desenvolvimento sustentável, entre outros; realizando atividades práticas e informativas sobre temas de relevância para a conscientização e mudança de atitude individual e coletiva, em prol de melhorias na qualidade de vida.	
Objetivos	
✓ Implementar programa de conscientização da população quanto ao uso e preservação de seus recursos naturais, patrimoniais e culturais, para melhoria da qualidade ambiental e qualidade de vida de seus habitantes; ✓ Promover projetos de ações integradas, por parte de entidades governamentais, civis e empresariais, destinadas à mudança do cenário atual, para atingir a qualidade ambiental e de vida dos habitantes; ✓ Promover o desenvolvimento em bases socialmente justas e ecologicamente sustentáveis, através do reforço e aperfeiçoamento da educação, infraestrutura socioeconômica e do sistema produtivo, num processo envolvendo parcerias das mais diversas.	
Ações diretas	✓ Identificar e caracterizar através do Plano Diretor Urbano, os pressupostos para ações de qualificação e recuperação ambiental do território municipal; ✓ Capacitar e treinar agentes envolvidos na gestão da drenagem e meio ambiente, bem como usuários e atores envolvidos diretamente na utilização, manejo e tomada de decisão; ✓ Elaborar e projetos específicos e detalhado para implementação do Programa; ✓ Definir estratégia para aplicação dos recursos e para planejamento das ações; ✓ Educar e conscientizar a população sobre medidas corretas de manejo de resíduos e efluentes de esgoto doméstico, sobre a importância de não dispor na rede de drenagem; ✓ Realizar coleta seletiva e iniciativas de reciclagem; ✓ Desenvolver atividades e projetos de incentivo ao turismo ecológico e valorização de áreas verdes urbanas; ✓ Organizar eventos colaborativos, feiras livres, e atividades de esporte e lazer preferencialmente em parques, praças e áreas verdes.
Ações indiretas	✓ Disciplinar a ocupação rural e urbana, com fomento de atividades públicas e privadas compatíveis com a manutenção o do equilíbrio ecológico e o crescimento econômico; ✓ Formar de grupos e comitês para mobilização social, envolvendo sociedade civil organizada, gestão pública e

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Educação Ambiental***
	demais agentes sociais, para realização de ações para promoção de melhorias socioambientais no município.
Programação e horizonte de implementação	
✓ Programa de curto e médio prazo ✓ Prazo: 2041	
Agentes envolvidos	
✓ PMFS, Inema, Embasa, SIHS, ANA, DNIT	
Estratégia de Monitoramento	
Será detalhado *a posteriori*.	
Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração	
Será detalhado *a posteriori*.	
Prováveis fontes de financiamento	✓ Recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos; ✓ Das empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários; ✓ Dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos; ✓ Do Fundo Nacional de Meio Ambiente; ✓ Do Orçamento Geral da União; ✓ Do orçamento de Estados, Municípios e Comitês de Bacias; ✓ Compensação financeira por parte de usuários beneficiados; ✓ Mecanismo de Desenvolvimento Limpo / Protocolo de Kyoto; ✓ Organismos Internacionais (ONG's, GEF, BIRD, etc.); ✓ Financiamento de bancos de investimento oficiais (Banco do Brasil e BNDES);
Custos	Para estimativa dos custos serão necessários estudos específicos.

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.2.5. Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável

No Quadro 45 são apresentadas as informações sobre o Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável:

Quadro 45 – Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável.

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável***
Justificativa	

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	*Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável*

O programa consiste no conjunto de medidas e ações direcionadas ao manejo de águas pluviais no meio urbano, visando a requalificação do sistema de drenagem existente. Tal sistema é composto basicamente por medidas tradicionais de captação e canalização; e o programa visa o incentivo a inserção de estrutura e técnicas de baixo impacto, que privilegiam a redução, o retardamento, detenção e infiltração das águas pluviais no solo e no lençol freático, com incremento dos índices de permeabilidade do solo.

Dessa forma, busca-se contribuir diretamente para a regularização de vazões, prevenção e controle de inundações, e manutenção da qualidade ambiental urbana, partir da aplicação de medidas compensatórias e sistemas urbanos de drenagem sustentável.

O programa contempla intervenções necessárias à ampliação e a melhoria dos sistemas existentes, através da modernização das soluções técnicas adotadas na microdrenagem e macrodrenagem, proporcionando segurança sanitária, patrimonial e ambiental, por intermédio de soluções técnicas que agreguem capacidades e qualidades necessárias para o desenvolvimento de resiliência e cidades inteligentes e sensíveis à água.

Objetivos

- ✓ Planejamento para captação de recursos e elaboração de projetos baseadas em soluções de baixo impacto (LID´s), Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS), entre outras, para desenvolvimento de uma rede de infraestruturas verdes para manejo das águas pluviais;
- ✓ Desenvolvimento de um projeto urbanístico que contemple a integração multifuncional de infraestruturas de drenagem sustentável ao espaço urbano, solucionando demandas de drenagem, urbanísticas e ambientais de maneira simultânea;

Ações diretas	✓ Implantar de estruturas para amortecimento de cheias e drenagem sustentável; ✓ Adequar canais para a redução da velocidade de escoamento e aumento de capacidade relativa às vazões; ✓ Construir parques lineares, recuperação de várzeas e a recuperação de cursos de água; captar recursos para realização de projetos e obras para requalificação da rede de drenagem; ✓ Desenvolver um sistema virtual integrado para monitoramento e controle da rede de drenagem urbana, para prevenção contra inundações; ✓ Firmar parcerias e acordos de cooperação com instituições nacionais e internacionais, em projetos voltados ao controle de inundações e fomento a medidas de baixo impacto; ✓ Realizar manutenção periódica e recuperação de estruturas e dispositivos existentes, fazendo adaptações e melhorias quando necessário;
Ações indiretas	✓ Garantir a manutenção e a sustentabilidade do sistema de drenagem de águas pluviais existente;

Tema geral:	Meio Ambiente
Nome do Programa	***Programa de Fomento a Medidas de Drenagem Sustentável***
	✓ Realizar manutenção periódica e recuperação de estruturas e dispositivos existentes; ✓ Aplicar de metodologias de modelagem hidráulica-hidrológica que levem em consideração o cálculo de contribuições se soluções de baixo impacto;
Programação e horizonte de implementação	
✓ Programa de curto e médio prazo ✓ Prazo: 2041	
Agentes envolvidos	
✓ PMFS, Inema, Embasa, SIHS, ANA, DNIT	
Estratégia de Monitoramento	
Monitoramento e análises do sistema de drenagem existente, de áreas não edificadas disponíveis e dos recursos e estratégias políticas necessárias para implantação de soluções de baixo impacto e drenagem sustentável no horizonte estipulado para o programa.	
Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração	
✓ Índices (%) de impermeabilização e declividades em área urbana; ✓ Medição de áreas (m²) não edificadas e áreas verdes; ✓ Medição de peso (t) ou volumes (m³) de sedimentos e resíduos sólidos na rede de drenagem; ✓ Análise físico-química da qualidade da área em corpos receptores;	
Prováveis fontes de financiamento	✓ Recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos; ✓ Das empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários; ✓ Dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos; ✓ Do Fundo Nacional de Meio Ambiente; ✓ Do Orçamento Geral da União; ✓ Do orçamento de Estados, Municípios e Comitês de Bacias; ✓ Compensação financeira por parte de usuários beneficiados; ✓ Mecanismo de Desenvolvimento Limpo / Protocolo de Kyoto; ✓ Organismos Internacionais (ONG's, GEF, BIRD, etc.); ✓ Financiamento de bancos de investimento oficiais (Banco do Brasil e BNDES);
Custos	Para estimativa dos custos serão necessários estudos específicos.

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.2.6. Programa de Prevenção de Inundações em Tempo Real

No Quadro 46 são apresentadas as informações sobre o Programa de Prevenção e Alerta de Inundações em Tempo Real:

Quadro 46 – Programa de Prevenção e Alerta de Inundações em Tempo Real.

Tema geral:	**Meio Ambiente**
Nome do Programa	***Programa de Prevenção e Alerta de Inundações em Tempo Real***
Justificativa	
O programa envolve o conjunto de ações necessárias para desenvolvimento de uma plataforma de apoio à tomada de decisão, baseado em sistema de prevenção e alerta de inundações e eventos críticos. Tais ações ocorrem a partir do monitoramento e controle climático em tempo real a partir de radares de micro, meso e macro escala; sensores e dispositivos medidores fluviométrico e pluviométrico. Esse monitoramento irá gerar inputs de informação armazenada e processada em banco de dados, que por sua vez passam por processo de modelagem e manipulação para gerar relatórios e outputs, subsídio para análise, tomada de decisão e resposta de emergência através de planos de emergência e contingência, e outras medidas programadas, planejadas juntamente à defesa civil, corpo de bombeiros e gestão pública municipal.	
Objetivos	
✓ Desenvolvimento de uma plataforma de apoio à tomada de decisão, baseada em sistema de prevenção e alerta em tempo real contra eventos climáticos severos e risco de inundações, prevenindo a ocorrência de danos sociais, ambientais e econômicos decorrentes de eventos; ✓ Implementação de conjunto de medidas estruturais e não estruturais para manejo e controle de cheias; priorizando soluções de baixo impacto; ✓ Prevenção e alerta de catástrofes naturais como movimentações de solo, deslizamentos de taludes, enchentes e enxurradas decorrentes de eventos pluviométricos severos.	
Ações diretas	✓ Informar a população sobre os riscos de inundações e o que fazer no caso de um evento; ✓ Implantar programa de recuperação das várzeas e das APPs ao longo dos cursos d'água e lagoas, de acordo com as diretrizes da Resolução Conama 369/06; ✓ Avaliar e mapear a situação das áreas mais críticas de inundação no contexto das sub bacias, para tomada de decisão quanto locais prioritários para remoção da população de áreas de risco e realização de projetos estruturantes emergências; ✓ Requalificar lagoas através de projetos paisagísticos sustentáveis, integrando essas áreas para servirem ao amortecimento de cheias;

	✓ Implantar sistema digital de monitoramento e controle de inundações, baseado em previsão, alerta e resposta de Planos de Emergência e Contingência, junto à defesa civil.
Ações indiretas	✓ Desenvolver atividades da Cemaden, na disponibilização de dados e suporte para implantação sistemas de monitoramento climático; ✓ Criar banco de dados municipal, para disponibilização de informações geoespaciais.
Programação e horizonte de implementação	
✓ Programa de curto e médio prazo ✓ Prazo: 2041	
Agentes envolvidos	
✓ PMFS, Inema, Embasa, SIHS, ANA, DNIT, CEMADEN, INMET	
Estratégia de Monitoramento	
Será detalhado *a posteriori*.	
Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração	
Será detalhado *a posteriori*.	
Prováveis fontes de financiamento	✓ Recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos; ✓ Das empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários; ✓ Dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos; ✓ Do Fundo Nacional de Meio Ambiente; ✓ Do Orçamento Geral da União; ✓ Do orçamento de Estados, Municípios e Comitês de Bacias; ✓ Compensação financeira por parte de usuários beneficiados; ✓ Mecanismo de Desenvolvimento Limpo / Protocolo de Kyoto; ✓ Organismos Internacionais (ONG's, GEF, BIRD, etc.); ✓ Financiamento de bancos de investimento oficiais (Banco do Brasil e BNDES);
Custos	Para estimativa dos custos serão necessários estudos específicos.

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.2.7. Programa de Controle de Movimentações de Terra e Erosões

No Quadro 47 são apresentadas as informações sobre o Programa de Controle de Movimentações de Terra e Erosões:

Quadro 47 – Programa de Controle de Movimentações de Terra e Erosões

Tema geral:	**MEIO AMBIENTE**

Nome do Programa	*Programa de Controle de Movimentações de Terra e Erosões*
Justificativa	
Esse programa envolve o conjunto de processos relativos à movimentação de terra e erosões, causadores de alterações na superfície ou topografia, e no sistema de drenagem, associados a processos que envolvem escavações cortes-aterros, transportes de solos e/ou rochas, resíduos de construção e demolição de obras civis, áreas de empréstimo, depósitos de material excedente e mineração. As ações citadas geram diversos tipos de impactos e efeitos deletérios ao ambiente, motivo pelo qual o município deve adotar medidas para mitigação de atividades e ações causadoras de impactos e passivos ambientais.	
Objetivos	
✓ Evitar a formação de processos erosivos e consequentemente o carreamento de sedimentos para os corpos d'água; ✓ Evitar a movimentação de terra abusiva, que envolva excesso de volumes de cortes e aterro e retirada de materiais de empréstimo, além da exposição do solo, disciplinando atividades e ações causadoras de impactos; ✓ Preservar a vegetação de acordo com os dispositivos legais e incentivar a expansão de áreas verdes, para proteção contra fenômenos erosivos, lixiviação e perda de estrados de solo fértil; ✓ Disciplinar o uso, transporte e descarte de escombros e materiais inertes, adequando áreas destinadas à deposição de materiais excedentes conforme estabelecido e exigências previstas em lei; assegurando a recuperação de áreas afetadas irregularmente; ✓ Evitar a execução de movimentação de terra que gerem desestabilização de taludes; ✓ Reduzir e mitigar os impactos negativos gerados pelo movimento de terra, especialmente as alterações paisagísticas capazes de gerar impactos visuais e o assoreamento de corpos hídricos; ✓ Identificar e mapear área de risco de movimentação de massas de solo ou rocha, para levar a cabo medidas preventivas e mitigadoras, integradas ao sistema de prevenção e alerta contra enchentes e desastres naturais.	
Ações diretas	✓ Fiscalizar e controlar da ação de carroceiros e transportistas, que fazem o transporte e descarte irregular de materiais excedentes em áreas verdes, terrenos baldios, margens de lagoas e rios, canais, praças e faixas de servidão de vias; buscando regulamentar a atividade e oferecer apoio social; ✓ Realizar regulamentação e controle de áreas de extração de materiais para empréstimo, para cumprimento de exigências legais e dos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD); ✓ Regulamentar obras de movimentação de terra exigindo cumprimento de medidas compensatórias em função das alterações no regime de vazões no local de implantação de novos empreendimentos e construções; ✓ Recuperar taludes e áreas com solo exposto; ✓ Recuperar vegetação de áreas de bordo de lagoas, rios e áreas verdes;

	✓ Realizar manutenção de áreas públicas para recuperação de locais afetados por acúmulo de escombros e resíduos, erosões e movimentações de terra, tomando medidas para evitar futuras ocorrências; ✓ Criar sinalizações e barreiras para impedir o acesso a áreas de descarte e acúmulo de materiais; ✓ Instalar dispositivos hidráulicos para retenção de sedimentos e resíduos; ✓ Implantar mecanismos de dissipação de energia cinética na rede de drenagem, evitando impactos a jusante; ✓ Georreferenciar e medição das áreas afetadas por passivos de movimentações de terra, erosão e desmatamento.
Ações indiretas	✓ Urbanizar e construir de parques e praças em áreas verdes, canteiros e terrenos baldios, etc; ✓ Realizar manutenção e requalificação do sistema viário vicinal, com adaptação do greide à topografia natural do terreno, implantação de soluções de drenagem sustentável, manutenção de vegetação e cobertura do solo marginal; ✓ Implementar o Programa de Educação Ambiental para a conscientização e informação da sociedade sobre medidas de conservação de recursos e boas práticas; ✓ Implantar sistema digital de monitoramento e controle de inundações e desastres naturais, baseado em previsão, alerta e Planos de Emergência e Contingência, junto à defesa civil; ✓ Efetivar a aplicação e cumprimento de instrumentos para regulamentação de atividades que envolvam supressão de vegetação, terraplanagem, captação de recursos hídricos, através de licenciamentos, outorgas, etc.
Programação e horizonte de implementação	
✓ Programa de curto e médio prazo ✓ <u>Prazo:</u> 2041	
Agentes envolvidos	
✓ PMFS, Inema, Embasa, SIHS, ANA, DNIT	
Estratégia de Monitoramento	
Controle do uso e ocupação do solo, buscando efetivar uma política de gestão através da regulamentação, monitoramento e fiscalização das atividades, aplicando as legislações cabíveis. Abrangerá o planejamento estratégico de monitoramento contínuo dos indicadores junto aos envolvidos na limpeza pública e manutenção de áreas verdes urbanas.	
Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração	
✓ Índices (%) de impermeabilização e declividades em área urbana; ✓ Áreas (m²) afetadas por passivos de movimentações de terra e erosão, áreas desmatadas; ✓ Medição de volumes (m³) de corte, aterro e pilhas de escombros;	

✓ Estimação da alteração de vazões máximas decorrentes de alterações no solo;	
Prováveis fontes de financiamento	✓ Recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos; ✓ Das empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários; ✓ Dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos; ✓ Do Fundo Nacional de Meio Ambiente; ✓ Do Orçamento Geral da União; ✓ Do orçamento de Estados, Municípios e Comitês de Bacias; ✓ Compensação financeira por parte de usuários beneficiados; ✓ Mecanismo de Desenvolvimento Limpo / Protocolo de Kyoto; ✓ Organismos Internacionais (ONG's, GEF, BIRD, etc.); ✓ Financiamento de bancos de investimento oficiais (Banco do Brasil e BNDES);
Custos	Para estimativa dos custos serão necessários estudos específicos

Fonte: Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP, 2021

4.3.2.8. Programa de implementação do Produtor de Água (ANA)

O presente item caracteriza o Programa Produtor de Água, da Agência Nacional de Águas, desenvolvido com o objetivo de criar incentivos para que os produtores rurais que implementem, no âmbito das bacias hidrográficas, práticas e manejos conservacionistas que contribuam para ampliar a oferta de água e a melhoria de sua qualidade. Sendo que essas práticas podem vir a contribuir para o abatimento efetivo da erosão e da sedimentação e para o aumento da infiltração de água em sua propriedade.

É um programa voluntário de controle da poluição difusa rural, dirigido prioritariamente a bacias hidrográficas de importância estratégica para o país. Conforme descrito no Manual Operativo do Programa, este se enquadra na política de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), baseado em conceito que utiliza as forças de mercado para obter maiores resultados ambientais.

Esse tipo de pagamento enquadra-se no princípio do provedor-recebedor, baseado no mesmo fundamento teórico de externalidade, base do conceito do usuário/poluidor-pagador, que sustenta a cobrança pelo uso da água; no caso do provedor-recebedor gerando uma externalidade positiva, e no poluidor-pagador, uma externalidade negativa.

Dessa forma, o produtor rural recebe pagamentos por serviços ambientais ao executar adequadamente um programa de conservação de água e solo. Essas ações ainda contribuem com a redução da poluição difusa e erosões, e aumenta a capacidade de retenção e infiltração da maior parcela da água da chuva nos solos de sua propriedade, contribuindo para a recarga de aquíferos e lençol freático, dessa maneira prestando um serviço ambiental à bacia e devendo receber por isso.

A conservação de água e solo, para ser efetiva, deve se apoiar no uso de diversas tecnologias como terraços, barraginhas, adequação de estradas, melhoria das pastagens,

recuperação de nascentes, saneamento básico e reflorestamentos. Essas técnicas devem ser implementadas, preferencialmente, em toda a extensão de uma microbacia hidrográfica e no maior número possível de micro bacias de uma bacia hidrográfica gerando benefícios que ultrapassam as fronteiras das propriedades rurais e geram externalidades positivas, na forma de benefícios sociais, os quais são apropriados por todos os usuários da bacia.

Paralelamente aos estudos para implementação da cobrança pelo uso da água no setor agrícola, a ANA vem desenvolvendo estudos relativos à certificação do uso sustentável da água e ao estabelecimento desses incentivos, de forma a motivar a adoção de 30 práticas conservacionistas em toda a extensão da bacia, contando para isso com a participação efetiva dos produtores rurais, únicos capazes de universalizar o uso dessas práticas.

As bacias hidrográficas elegíveis no Programa serão aquelas que atenderem aos seguintes critérios:

1. Bacias hidrográficas que já tenham os instrumentos de gestão, previstos na Lei Federal nº 9.443/97 (Política Nacional de Recursos Hídricos), implementados;

2. A bacia hidrográfica cujo Plano de Recursos Hídricos identifique problemas de poluição difusa de origem rural, erosão e déficit de cobertura vegetal em APPs e proponha ações de mitigação desses impactos;

3. A bacia deverá ser um manancial de abastecimento de água para uso urbano ou industrial;

4. A bacia a ser selecionada deverá ter um número mínimo de produtores rurais interessados que possa viabilizar a aplicação do Programa. Caberá ao Comitê de Bacias identificar e hierarquizar as sub-bacias prioritárias no âmbito de sua jurisdição.

As etapas a serem implementadas são as seguintes:

1. Escolha das bacias para a implantação do Programa – deverão ser priorizadas bacias identificadas nos Planos de Recursos Hídricos como bacias prioritárias para a proteção dos recursos hídricos;

2. Identificação dos provedores de serviços ambientais e beneficiários destes serviços – se não existem interessados (identificáveis) com disposição a pagar pelos benefícios, não há como implementar o programa;

3. Reuniões de aproximação dos provedores e beneficiários com vistas a estabelecer um mercado para os serviços ambientais;

4. Definição do orçamento, do cronograma, bem como das necessárias fontes de financiamento para o pagamento de incentivos, elementos estes que determinarão a magnitude do projeto;

5. Identificação de órgãos e entidades públicas, federais, estaduais e municipais, de ONG's e outras entidades que possam fornecer insumos que facilitem a implementação das ações;

6. Reunião dos diversos atores (partes interessadas/ participantes da bacia, Comitê, associação de produtores, órgãos e entidades públicas, ONG's, etc.) para definir a estratégia de implementação do Projeto;

7. Treinamento das entidades participantes, relativo aos procedimentos de implantação e certificação ambiental do Projeto;

8. Instalação de equipamentos de monitoramento hidrológico e sedimentológico em pontos estratégicos da bacia;

9. Identificação dos produtores beneficiários;

10. Recebimento das propostas dos produtores / associação;

11. Análise dos valores dos parâmetros de abatimento de erosão das situações atual e proposta (PAE);

12. Estimativa dos valores de referência para os pagamentos relativos aos abatimentos (VRE);

13. Certificação do grau de implantação dos projetos propostos e dos abatimentos de erosão;

14. Pagamento, aos produtores certificados, dos valores contratados;

15. Validação da metodologia e dos parâmetros de abatimento do Projeto;

16. Preparação de Relatório de Validação do Programa com conclusões e recomendações.

Os princípios do programa Produtor de Água, independente da bacia ser contemplada ou não, são de grande relevância orientadora e instrução do município sobre ações e medidas que podem ser levadas a cabo para melhorar a qualidade ambiental das bacias hidrográficas, trazendo abordagem multissetorial, complementando os programas propostos pelo *Plano Diretor de Drenagem Urbana*.

No Quadro 48 são apresentadas as informações detalhadas sobre o Programa de integração com o programa Produtor de Água, da Agência Nacional de Águas:

Quadro 48 – Programa Produtor de Água (ANA)

Tema geral:	**Meio Ambiente**
Nome do Programa	***Programa Produtor de Água (ANA)***
Justificativa	
O Programa Produtor de Água, ainda que possa gerar algum benefício individual, tem como principal objetivo a execução de ações que resultar, de modo considerado, em benéfico à coletividade, a qualidade, a quantidade e o regime de vazão das bacias hidrográficas, e tem os seguintes objetivos:	
Objetivos	
✓ Reduzir os níveis de poluição difusa rural em bacias hidrográficas estratégicas para o país, principalmente aqueles decorrentes dos processos de sedimentação e eutrofização; ✓ Difusão do conceito de manejo integrado do solo e da água em bacia hidrográficas, por meio do treinamento e do incentivo à implantação de práticas e manejos conservacionistas comprovadamente eficazes contra a poluição difusa rural; ✓ Aumentar a oferta de água nas bacias hidrográficas, por meio da adequada alimentação do lençol freático, a ser obtida com o uso de práticas mecânicas e vegetativas que aumentem a infiltração de água no solo; ✓ Garantir a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos manejos e práticas implantadas, por meio de incentivos financeiros aos agentes selecionados;	

✓ Difundir e discutir o mercado de serviços ambientais, explicitando produtos ecossistêmicos gerados através da ação antrópica (serviços ambientais) sobre bacias hidrográficas.
Objetivos Específicos
✓ Exercitar um modelo de sistema de pagamento por serviços ambientais; ✓ Difundir e discutir o mercado de serviços ambientais, explicitando produtos ecossistêmicos gerados através da ação antrópica (serviços ambientais) sobre bacias hidrográficas; ✓ Difundir o conceito de manejo integrado do solo e da água através da conscientização e do incentivo à implantação de práticas e manejos conservacionistas e da preservação e recuperação de florestas nativas; ✓ Apoiar a proteção e a recuperação de áreas de preservação permanente e reserva legal, por meio do cercamento das nascentes, matas ciliares, áreas de recarga de aquífero, topos de morro, entre outros; ✓ Incentivar a readequação de estradas rurais, potencialmente danosas aos recursos hídricos; ✓ Estimular a construção de barraginhas e terraços em nível, como forma de permitir uma maior absorção de águas de chuva e evitar a erosão e o assoreamento dos corpos d'água; ✓ Simular o abatimento da sedimentação nos cursos d'água e comparar os resultados obtidos nas microbacias piloto com os resultados de microbacias testemunhas escolhidas da área de estudo do projeto; ✓ Reduzir os níveis de poluição difusa rural nas microbacias selecionadas, notadamente aqueles decorrentes dos processos de sedimentação e eutrofização; ✓ Incentivar a formação de parcerias entre organizações ambientalistas, representações do poder público, do setor privado e de produtores rurais.
Metas: ✓ Reduzir em 50% a erosão e a sedimentação nas bacias selecionadas; ✓ Recuperar áreas de preservação permanente das propriedades rurais participantes; ✓ Recompor (identificação, construção de cercas e enriquecimento) as áreas de reserva legal das propriedades rurais participantes; ✓ Treinar potenciais agentes executores do Programa (Estados, comitês de bacias, cooperativas, etc.) em relação aos seus critérios e procedimentos.
Programação e horizonte de implementação
✓ Programa de curto e médio prazo ✓ <u>Prazo:</u> 2041
Agentes envolvidos
✓ PMFS, SIHS, ANA, Comitê de Bacias.
Estratégia de Monitoramento
Os benefícios gerados pelo abatimento da erosão serão avaliados através de indicadores simples e eficazes tais como a vazão e a turbidez da água em cursos de água da bacia selecionada e em períodos pré-estabelecidos. Estas medições serão

conduzidas por técnicos da Contratante, da unidade de gestão do projeto ou de entidade devidamente credenciada (certificadora).	
Indicadores para monitoramento e periodicidade de apuração	
✓ Índices turbidez da água; ✓ Vazão na bacia; ✓ Taxa de infiltração;	
Prováveis fontes de financiamento	✓ Recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos; ✓ Das empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários; ✓ Dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos; ✓ Do Fundo Nacional de Meio Ambiente; ✓ Do Orçamento Geral da União; ✓ Do orçamento de Estados, Municípios e Comitês de Bacias; ✓ Compensação financeira por parte de usuários beneficiados; ✓ Mecanismo de Desenvolvimento Limpo / Protocolo de Kyoto; ✓ Organismos Internacionais (ONG's, GEF, BIRD, etc.); ✓ Financiamento de bancos de investimento oficiais (Banco do Brasil e BNDES);
Custos	A ser consultado em editais e manuais do programa.

Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA, 2018

4.4. URBANIZAÇÃO E ÁGUAS URBANAS

A crescente industrialização e urbanização do país, marcante após a década de 1970, favoreceu a concentração populacional e a poluição começou a afetar sobremaneira as águas. Levando a discussão sobre a gestão integrada e os transtornos causados pela crescente impermeabilização do solo, haja vista que, estas modificações têm afetado o ciclo hidrológico e consequentemente os recursos hídricos, que são integrantes deste grande complexo.

Destarte, observam-se nas cidades a crescente impermeabilização do solo, que leva a uma menor infiltração e a um maior escoamento, causando transbordamentos dos canais naturais e enchentes em áreas ribeirinhas que costumam ser ocupadas por populações de baixa renda. Agrega-se, ainda, a questão do desmatamento e a diminuição de jardins e quintais com áreas verdes (TECEDOR, 2020. p.20), o modo de vida citadino traz severas consequências para os ciclos naturais do planeta, em especial para a água. Algumas dessas modificações podem ser observadas no Quadro 1.

Por esta razão, estudos sobre o gerenciamento das águas em áreas urbanas, a drenagem urbana, são tão importantes e fazem parte do saneamento ambiental. Devendo estar em consonância com o Plano Diretor Municipal e todas as Leis a ele ligadas.

Segundo Tundisi (2008, p.13) e as leis vigentes, é importante fazer a gestão das águas com uma abordagem integrada a bacia hidrográfica, lembrando que se deve respeitar e administrar a água velando pelo bem-estar das populações, humanas e de qualquer outra espécie que dela dependa, resguardando, assim, as atividades econômicas e sociais, cuidando do que se chama de ciclo hidrossocial, assegurando a vida hoje e das gerações futuras.

Assim, o estudo e o correto manejo das águas visam minimizar os impactos da urbanização sobre os mananciais hídricos e sobre a população, baseando-se em técnicas compensatórias e políticas que incentivem práticas construtivas adequadas, e ocupação do solo devidamente planejada, que tenham como escopo uma harmonização e equilíbrio dos ciclos naturais, tornando o ambiente sustentável e menos inóspito para o homem.

Destarte, autores como Andrade (2014) utilizam a expressão “Cidades sensíveis à água” para aquelas que fazem Planos e Projetos visando equalizar a ocupação urbana e o ciclo da água, tecendo um justo equilíbrio entre: uso do solo; infraestrutura; dinâmica populacional; crescimento econômico e meio ambiente, respeitando as análises através das bacias hidrográfica, sem perder a visão geossistêmica.

4.4.1. Abordagem convencional

Atualmente, a fim de controlar o escoamento pluvial, têm-se adotado soluções pré-concebidas e isoladas dos outros sistemas de infraestrutura, baseadas na filosofia

higienista, a qual consiste na canalização dos fluídos, com o objetivo de escoar a água precipitada o mais rapidamente para jusante.

Essa abordagem tradicional tem como objetivo solucionar os problemas através de técnicas convencionais de intervenção, como retificação da calha principal, obras de aterro das áreas alagadiças e obras secundárias (bueiros, galerias, bocas-de-lobo) (RIGHETTO, 2009). Observa-se que não há preocupação em controlar as fontes geradoras de escoamento, ou seja, agir nas causas, mas simplesmente atuar sobre os hidrogramas resultantes, o que envolve custos relativamente elevados, principalmente, à medida que o nível de urbanização cresce (SOUZA, 2002).

Essa prática conduz a falsa impressão de "problema resolvido", visto que "a concepção de projeto tradicional é capaz de resolver o problema de drenagem de forma pontual, mas é insustentável ao longo do tempo, mesmo em condições de crescimento urbano controlado". (REZENDE; MIGUEZ; VEROL, 2013). Isso acontece porque não há como obter eficiência em obras desconectadas ou mal conectadas, que são executadas como medidas corretivas frente a situações emergenciais, da mesma maneira que não há como obter sustentação econômica e financiamento para o que não é visto como importante (POMPÊO, 2000).

A gestão higienista das águas pluviais, quando atrelada à falta de um planejamento urbano adequado, agrava ainda mais a situação. Os danos causados podem ser potencializados por deficiências nos sistemas de drenagem e esgoto, comportamento indisciplinado dos cidadãos, ocupação de áreas de risco e disposição dos resíduos sólidos no ambiente urbano. Isso afeta a qualidade hídrica dos mananciais, promove a obstrução dos dispositivos de micro e macrodrenagem, reduzindo sua capacidade de condução, e aumenta as vazões máximas, o que resulta em mais custos e maiores prejuízos humanos e materiais.

Em vista disso, é evidente que esse modelo de gestão higienista utilizado deve ser reavaliado. Para tanto, deve-se redefinir o método de gestão dos sistemas hídricos urbanos, indo além de soluções tradicionais e pontos de vista específicos, ao analisar essa problemática. Observa-se, ainda, que medidas eficazes para a drenagem urbana não perpassam exclusivamente pela execução de ações estruturais, muitas vezes sem planejamento e/ou de caráter emergencial, as quais são onerosas, tanto do ponto de vista econômico, como ambiental.

4.4.2. Abordagem conceitual do sistema urbano de drenagem sustentável

A gestão sustentável das águas pluviais pode ser compreendida como aquela que visa suprir as necessidades sociais, econômicos e ambientais, garantindo que essas demandas também possam ser atendidas nas gerações futuras. A definição também engloba a perspectiva da cidade, em que se evita transferir no espaço os impactos das ações locais para regiões mais distantes (PHILIP; ANTON; LOFTUS, 2011).

Nessa abordagem, as águas pluviais deixam de ser um entrave ao desenvolvimento urbano e são reconhecidas como recurso, e se apresenta um leque de oportunidades relacionadas à quantidade e qualidade da água, recreação e amenidades sociais, biodiversidade, abastecimento de água e recarga de aquíferos (RIGHETTO, 2009). Essa mudança fundamental na mentalidade está na essência de uma abordagem mais

sustentável ao manejo de águas pluviais urbanas, na medida do possível, ser utilizado para o abastecimento humano, consumo industrial.

Esse novo conceito de gestão promove mudanças significativas no modo em que o desenvolvimento urbano é concebido, planejado, projetado e executado. Nesse contexto, diferentemente da abordagem tradicional, a qual impõe soluções padronizadas para todos os locais, o manejo sustentável preza pela implantação de alternativas que possam ser integradas ao ambiente natural, considerando as suas particularidades (TOWNSVILLE, 2011).

Terminologias distintas foram atribuídas às técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais, as quais foram impulsionadas pelas perspectivas, entendimentos e contextos locais. Assim, em alguns lugares do mundo (Estados Unidos - *Low Impact Development* (LID), Reino Unido - *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS), Canadá - *Best Management Practice* (BMP) e Austrália - *Water Sensitive Urban Design* (WSUD)), termos diferentes são utilizados para definir conceitos similares que possuem os mesmos objetivos gerais, o que pode conduzir a sobreposições, contradições e confusões (FLETCHER et al., 2014).

No Brasil, segundo Rezende, Miguez e Veról (2013), o manejo das águas pluviais a fim de compensar os impactos da urbanização no ciclo hidrológico foi consolidado por Baptista, Nascimento e Barraud (2005), através da introdução dos conceitos de Técnicas Compensatórias, ou seja, medidas que priorizam a capacidade de infiltração e armazenamento.

Segundo Philip, Anton e Loftus (2011), as águas pluviais, quando gerenciadas seguindo os princípios da gestão integrada e sustentável, têm o potencial para fornecer benefícios concretos para uma cidade, como descritos a seguir:

- Controle de Inundações: A pressão sobre os dispositivos de drenagem e mananciais receptores é reduzida através do amortecimento das cheias e a infiltração das águas pluviais durante eventos extremos. Dessa maneira, a velocidade e vazões de picos são reduzidas e, consequentemente, os riscos de transbordamentos no local e à jusante;
- Controle de poluição: Os sistemas naturais podem ser utilizados para o controle qualitativo das águas pluviais, o que previne a degradação dos corpos hídricos e protege os ecossistemas, reduzindo os custos com o tratamento das águas utilizadas para abastecimento;
- Proteção contra erosão: A alta velocidade de escoamento nas vazões de pico pode erodir as margens de rios e depositar sedimentos ao longo do leito de rios e córregos, causando assoreamento e danos ambientais. Ao reduzir a vazão de pico e reter sedimentos, ecossistemas aquáticos frágeis ficam protegidos;
- Fonte alternativa de água: A água pluvial coletada pode ser reutilizada para fins não potáveis, ou, até mesmo, para uso potável após tratamento. A recarga dos aquíferos também contribui para restaurar uma fonte alternativa durante as secas ou de forma complementar ao serviço público o que, em ambos os casos, alivia a pressão sobre os mananciais de água;
- Valor recreativo: As soluções nessa abordagem possuem múltiplas finalidades, além do tratamento da água pluvial, elas criam habitats naturais,

o que aumenta a biodiversidade e amplia as possibilidades de recreação no ambiente urbano;

- Adaptação às mudanças climáticas: A implantação de dispositivos naturais para amortecer o fluxo superficial, reduz as descargas das águas pluviais e torna esses sistemas flexíveis às novas demandas geradas por precipitações inesperadas resultantes das mudanças climáticas, tornando a cidade mais resiliente.

Entretanto, os autores ressaltam que o êxito da gestão sustentável depende de um ambiente que compreenda os princípios dessa abordagem e incentive a sua implantação. Contudo, para isso, observa-se que tradicionalmente existem algumas barreiras que precisam ser superadas (Quadro 49).

Quadro 49 - Barreiras à gestão mais sustentável das águas pluviais

Barreira	Descrição
Legislação e regulação	A maioria da legislação, regulação e padrões que abordam o manejo das águas pluviais foi elaborada com base em sistemas de engenharia convencional
Estruturas institucionais	As soluções não convencionais demandam análises integradas, o que não é compatível com a estrutura organizacional. Atualmente, observa-se uma abordagem fragmentada dos aspectos relacionados a águas pluviais, em que não há discussões entre drenagem urbana e outros setores
Aversão ao risco	Resistência por parte dos tomadores de decisão, os quais temem os ricos de falha e, consequente, responsabilização legal, justificados pela concepção que essas tecnologias não são testadas
Resistência profissional à mudança	Relutância dos prestadores de serviços públicos em estudar e adotar novas tecnologias
Aceitação Pública	A falta de informação conduz a preocupações infundadas e oposição às novas soluções
Requisitos de espaço	As alternativas não convencionais, em geral, demandam áreas para a sua implantação, as quais não estão disponíveis ou são caras demais para aquisição

Fonte: Adaptado de Philip, Anton e Loftus (2011)

Outro fator que condiciona a implantação dos sistemas descentralizados são os custos envolvidos. Entretanto, além desse aspecto, devem ser consideradas as questões ambientais, políticas-institucionais e operacionais. Isso porque um processo decisório eficaz não é baseado apenas na supressão de danos, mas também nos fatores intangíveis que serão alcançados. Medidas não convencionais, por exemplo, além dos benefícios normalmente relacionados ao controle de enchentes, podem ser associadas à implantação de áreas recreativas, recargas de aquíferos e melhoria da qualidade de vida (CANHOLI, 2014).

Nesse sentido, ressalta-se a importância de projetos como este em desenvolvimento, uma vez que a consolidação das técnicas sustentáveis na gestão das águas urbanas perpassa por uma legislação específica, que regulamente e incentive políticas públicas voltadas a essa abordagem, como os Planos Diretores de Drenagem Urbana. Além disso, é

necessária a divulgação dos sistemas sustentáveis em livros, pesquisas e para a população, a fim de tornar as novas técnicas de conhecimento público.

Outro aspecto imprescindível, consiste no planejamento integrado com as outras infraestruturas do sistema urbano. Isso porque as águas pluviais e os diversos setores estão interligados entre si, exercendo influência um sobre outros (Figura 57). Assim, quando negligenciada ou mal gerida, essa relação acarreta implicações negativas ao desenvolvimento da cidade.

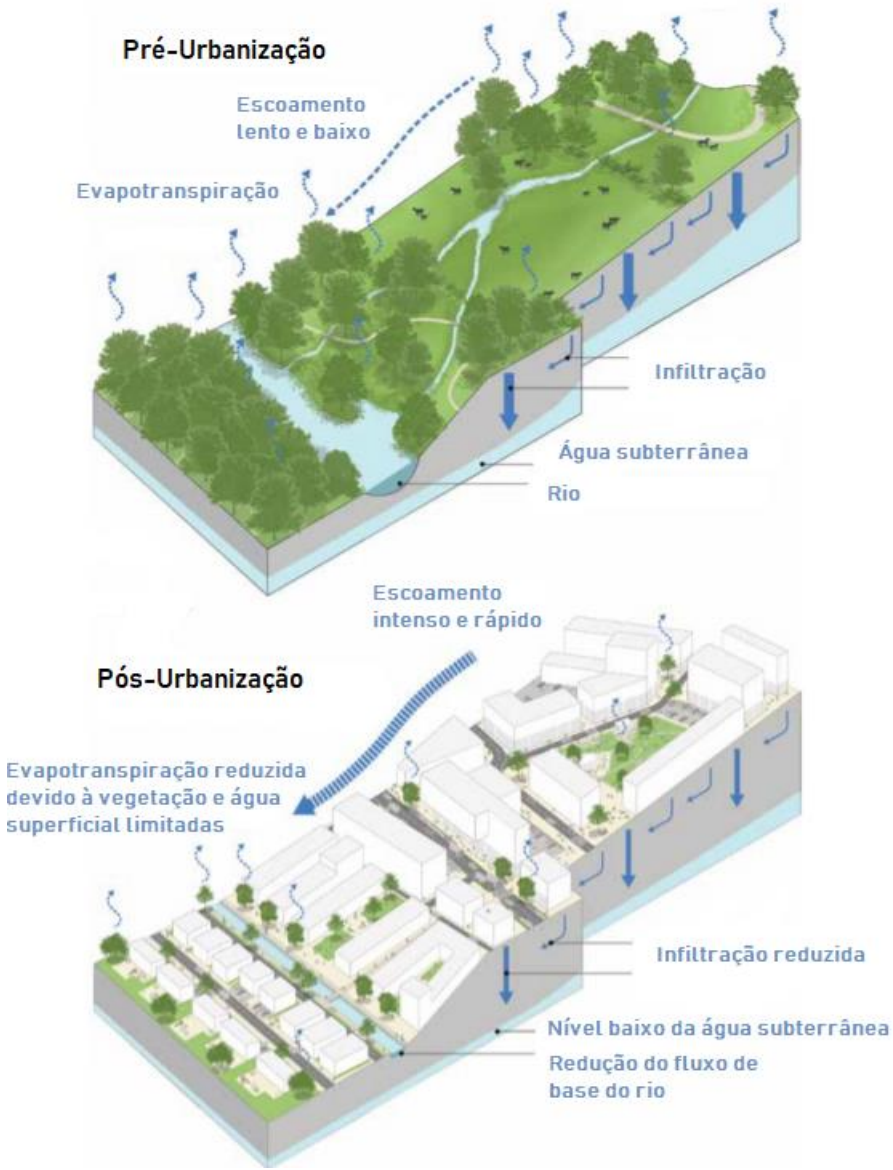
Figura 57 - Ligações entre a gestão da água pluvial e outros setores urbanos

Fonte: Philip; Anton; Loftus (2011)

O princípio fundamental e que deve nortear todos os projetos de drenagem urbana sustentável consiste em minimizar os impactos do desenvolvimento urbano sobre a qualidade e quantidade do escoamento pluvial, restabelecendo, sempre que possível, o

ciclo hidrológico natural (WOODS-BALLARD et al., 2015). Para tanto, as principais técnicas utilizadas visam restaurar as vazões de pré-desenvolvimento, ou seja, a vazão de escoamento superficial calculada considerando a situação antes da ocupação. Esse cenário compreende as condições naturais da bacia, isto é, superfícies permeáveis e escoamento em leito natural (TUCCI, 2005) (Figura 58).

Figura 58 - Comportamento das bacias de pré-urbanização e pós-urbanização



Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

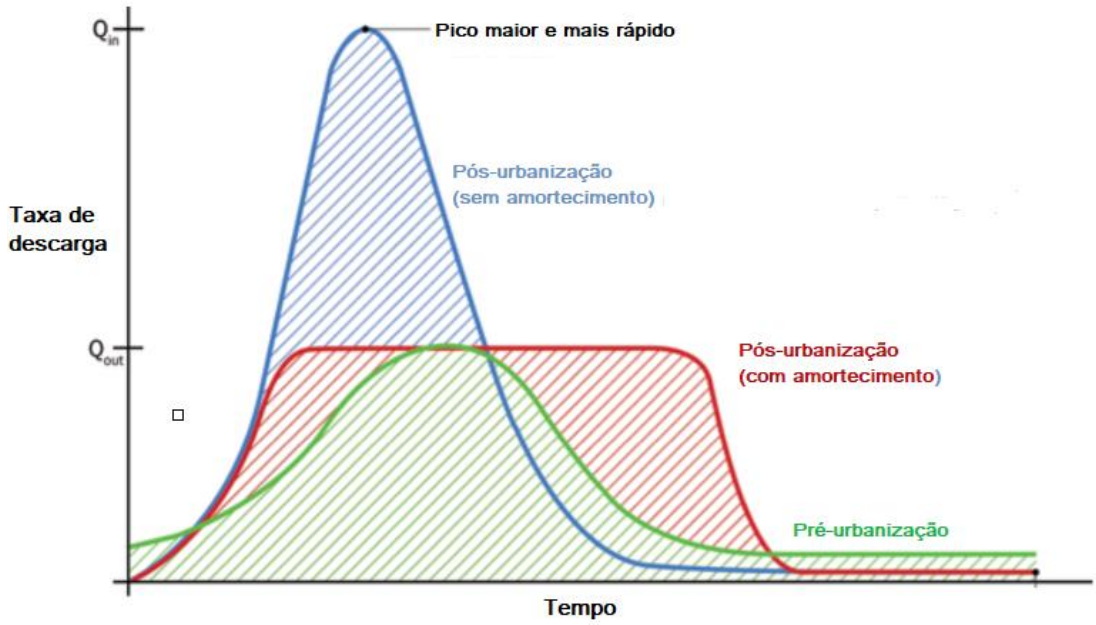
Assim, busca-se limitar as vazões das bacias urbanizadas àquelas observadas em condições naturais, a fim de evitar a transferência dos impactos da urbanização para jusante. Nesse sentido, apesar dos diferentes mecanismos de controle dos sistemas de drenagem (Quadro 50), as Técnicas Compensatórias visam promover amortecimento das cheias preferencialmente através dos processos de armazenamento e infiltração das águas pluviais (Figura 59).

Quadro 50 - Medidas de Controle para Sistemas de Drenagens

Tipo	Características
Infiltração e percolação	Normalmente cria espaço para que a água tenha maior infiltração e percolação no solo, utilizando o armazenamento e o fluxo subterrâneo para retardar o escoamento superficial;
Armazenamento	Por meio de reservatórios que podem ser de tamanho adequado para uso numa residência (1-3m³) até na macro-drenagem urbana (alguns milhares de m³). O efeito do reservatório urbano é o de reter parte do volume do escoamento superficial, reduzindo o seu pico e distribuindo a vazão no tempo;

Fonte: Adaptado de Tucci e Genz (1995)

Figura 59 - Efeito da urbanização e amortecimento sobre os hidrogramas



Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

Seguindo essa nova abordagem, cada novo espaço urbanizado deverá adotar técnicas que visem compensar os seus efeitos no ambiente. Essa medida possibilita que a população se conscientize dos impactos gerados e participe de maneira ativa na gestão das águas pluviais. (SOUZA, 2002). Nesse aspecto, o Governo Federal, através do Ministério das Cidades, tem estimulado o financiamento de projetos de drenagem urbana

sustentável no Brasil. O lançamento do Programa 1138 – Drenagem Urbana Sustentável passou a incentivar a implantação e a ampliação de sistemas de manejo das águas pluviais seguindo a abordagem não convencional, além de apoio à capacitação e reconceitualização das instituições.

Algumas capitais, como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Brasília, Porto Alegre e Curitiba, tornaram-se pioneiras e elaboraram planos diretores de drenagem urbana baseados nos princípios do conceito ambiental, os quais promovem a conscientização de que a drenagem urbana e planejamento das cidades devem ser integrados, deixando de ser apenas um problema relacionado à Engenharia (SILVEIRA, 2002). As práticas sustentáveis também podem ser incentivadas pelo programa IPTU Verde, implantado em algumas cidades brasileiras. Através desse programa são oferecidos descontos no IPTU, caso os imóveis implantem medidas sustentáveis em suas construções.

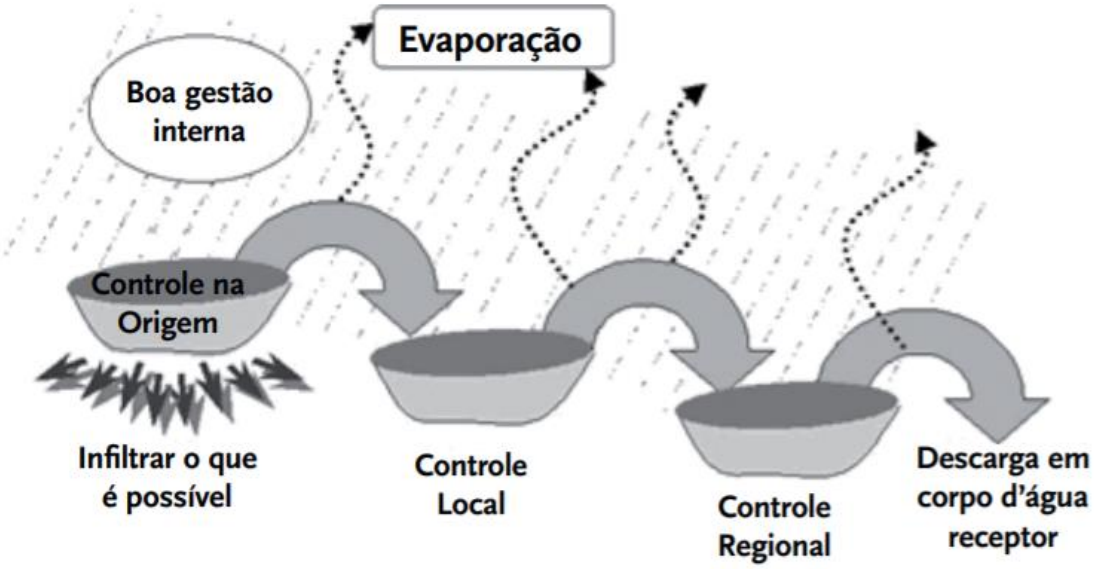
Outro exemplo de uso de legislação voltada ao controle das águas pluviais no meio urbano, dentre muitos hoje existentes no Brasil, é a lei municipal 13.276/2002, conhecida como “lei das piscininhas”, que foi promulgada em São Paulo. Essa lei torna obrigatória a implantação de reservatórios para a captação e retenção das águas pluviais provenientes dos lotes que tenham área impermeabilizada superior a 500 m², a fim de reduzir prejuízos provocados pelas enchentes (ROSA et al., 2010). Assim, apesar dos empecilhos inerentes a essa nova abordagem da gestão das águas pluviais, o Brasil encontra-se já em um processo de transição.

4.4.2.1. As principais medidas não convencionais

As soluções alternativas são concebidas em cadeia (*Management Train*), a fim de reduzir de forma incremental a poluição, a taxa de escoamento e os volumes gerados. Essas técnicas constituem uma hierarquia (Figura 60) que deve ser considerada em quatro escalas, segundo Woods-Ballard et al. (2015):

- Prevenção: compreende medidas não-estruturais para evitar o escoamento e a poluição, como varrição e aproveitamento da água de chuva;
- Controle na fonte: corresponde ao controle do escoamento o mais próximo do local de origem através de sistemas de infiltração, micro reservatórios e telhados verdes, por exemplo;
- Controle local: definido como o gerenciamento da água em uma área maior, como conjuntos habitacionais, condomínios, shoppings e grandes estacionamentos, através de dispositivos como bacias de detenção;
- Controle regional: gestão dos escoamentos oriundos de diferentes lugares, geralmente, pela implantação das lagoas de retenção e *wetlands.*

Figura 60 - A hierarquia das medidas não convencionais de controle pluvial



Fonte: Philip; Anton; Loftus (2011)

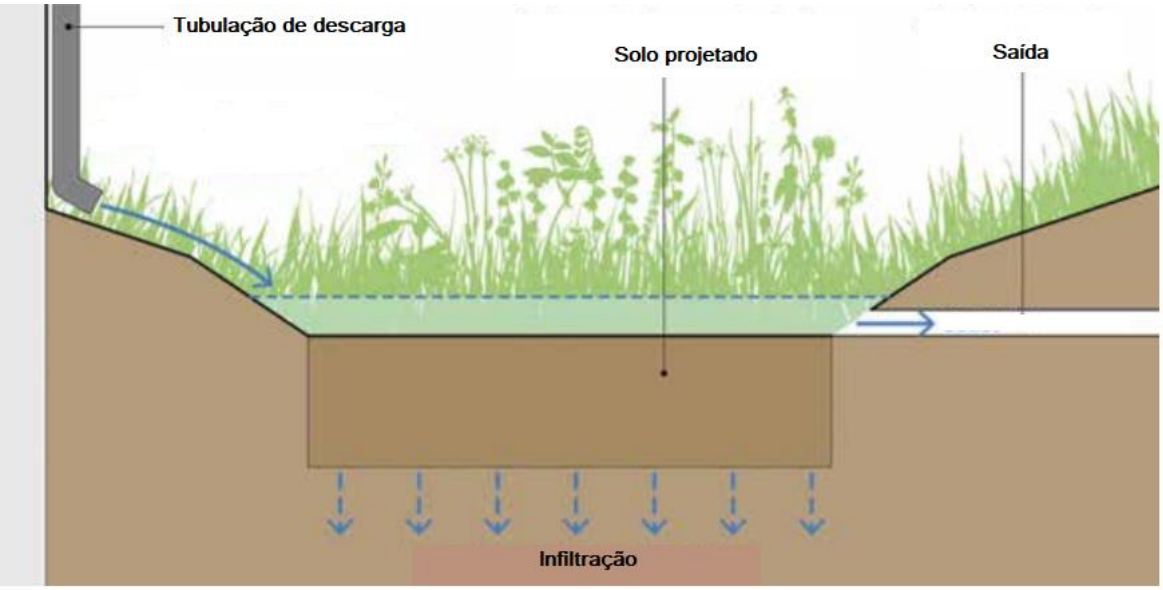
Nesse aspecto, é evidente que uma gestão mais sustentável das águas pluviais no meio urbano consista na combinação de soluções em diferentes escalas, a fim de, gradativamente, atenuar os escoamentos e remover os poluentes. Mas, para isso, deve-se levar em consideração as particularidades do local e os impactos que podem ser causados no âmbito social. Assim, existem diversas estruturas com diferentes configurações, concebidas prioritariamente a partir de princípios que promovem a retenção, infiltração, intercepção e/ou a evapotranspiração de águas precipitadas. As principais técnicas compensatórias são brevemente descritas a seguir:

1. Sistemas de biorretenção: jardins de chuva

As instalações para biorretenção são tradicionalmente projetadas em forma de bacia e são constituídas por um leito de solo com vegetação, em que o fluxo das águas pluviais é temporariamente armazenado e posteriormente infiltrado no subsolo ou drenado e evapotranspirado. A remoção de poluentes ocorre através dos processos de sedimentação, absorção e/ou filtração realizados pela vegetação e/ou pelo processo de infiltração promovido pelo leito do solo (NEW JERSEY, 2016).

Esses dispositivos promovem ambientes atrativos, detentores de biodiversidade, que contribuem para microclimas mais amenos, entretanto, são limitados pelo tamanho da superfície de captação e a disponibilidade de espaço para implantação. Em contrapartida, nesse aspecto, os jardins de chuva tornam-se opções viáveis, pois são pequenos sistemas que atendem áreas menores, como telhados ou calçadas. Além disso, eles possuem uma estrutura mais simples que a dos sistemas completos de biorretenção (WOODS-BALLARD et al., 2015) (Figura 61).

Figura 61 - Esquema de um jardim de chuva



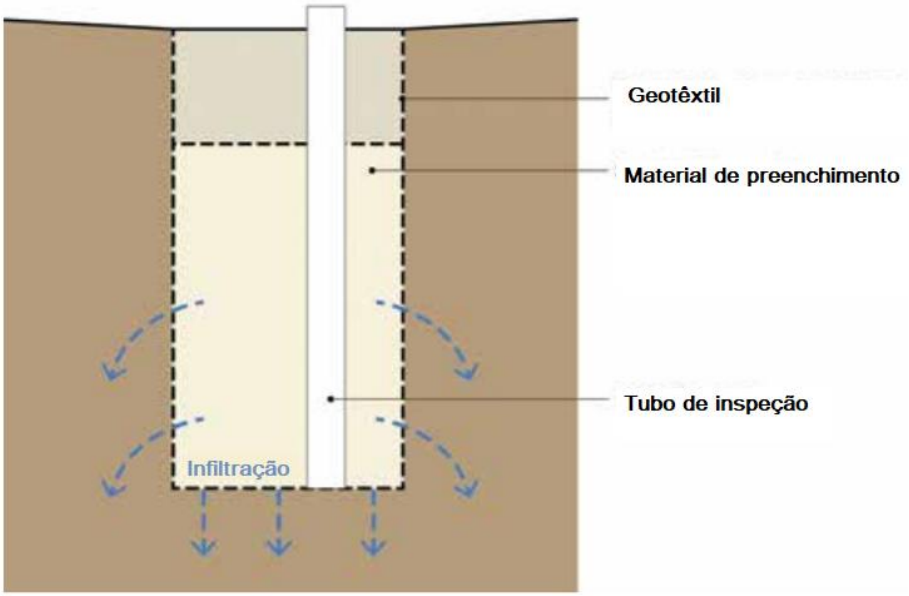
Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

2. Sistemas de infiltração

Esse tipo de solução consiste em estruturas que facilitam a infiltração e a percolação das águas coletadas, possibilitando, dessa maneira, a manutenção das características hidrológicas mais próximas das condições de pré-desenvolvimento. São alguns exemplos desses sistemas:

- ✓ Trincheiras de infiltração: As trincheiras de infiltração são estruturas lineares rasas, revestidas com geotêxtil e preenchidas com materiais que permitam o armazenamento em seus vazios, criando reservatórios subterrâneos (Figura 62). O escoamento é captado pela superfície do dispositivo e percola no subsolo através da parte inferior e das laterais da trincheira (MINNESOTA, 2005). Como é um dispositivo do tipo linear, em geral, é implantado ao longo de sistemas viários, pátios, estacionamentos e arruamentos.

Figura 62 - Esquema da trincheira de infiltração



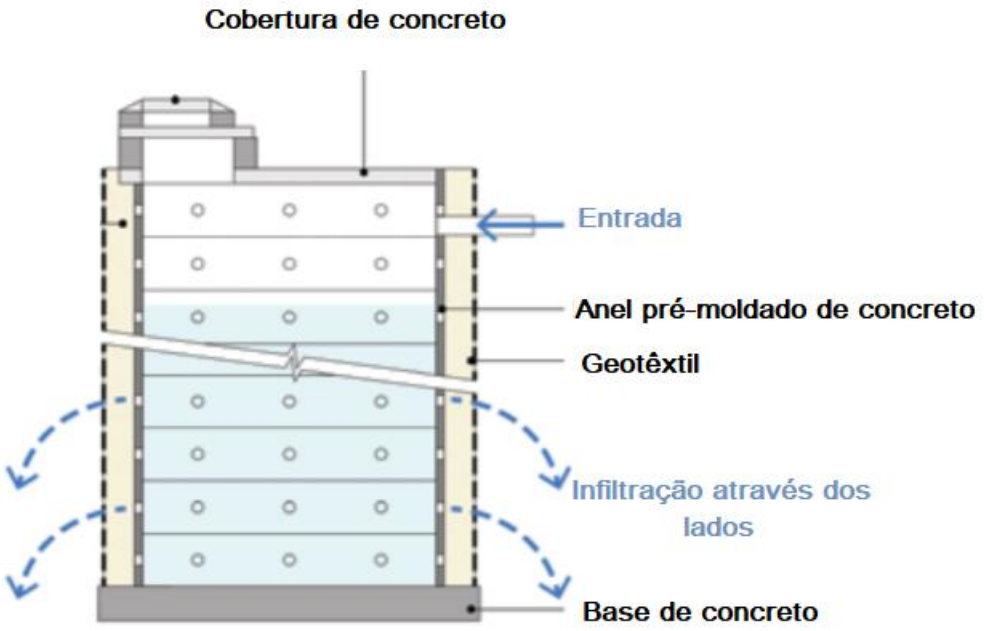
Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

✓ Poços de infiltração: São dispositivos capazes de armazenar, temporariamente, em sua estrutura, o escoamento das águas pluviais, antes de infiltrar nas camadas do solo circundante. Os poços de infiltração, em geral, são escavados, preenchidos com agregados uniformemente graduados e revestidos com geotêxtil e/ou segmentos pré-fabricados em concreto. (PENNSYLVANIA, 2006) (Figura 63).

✓ Pavimento permeável: Esses dispositivos são projetados para possibilitar a infiltração e armazenamento da água da chuva nas várias camadas do solo (Figura 64). Em geral, existem dois tipos: o pavimento poroso, o qual é executado com concreto permeável, que permite a passagem da água ao longo dos seus poros; e o pavimento intertravado, em que os blocos são constituídos de concreto convencional e a água da chuva é infiltrada através dos espaços vazios nas peças (DIERKES, LUCKE, HELMREICH, 2015). Em geral, sua implantação é recomendada em locais onde há o tráfego de pedestres, ciclistas e veículos leves, como calçadas e estacionamentos.

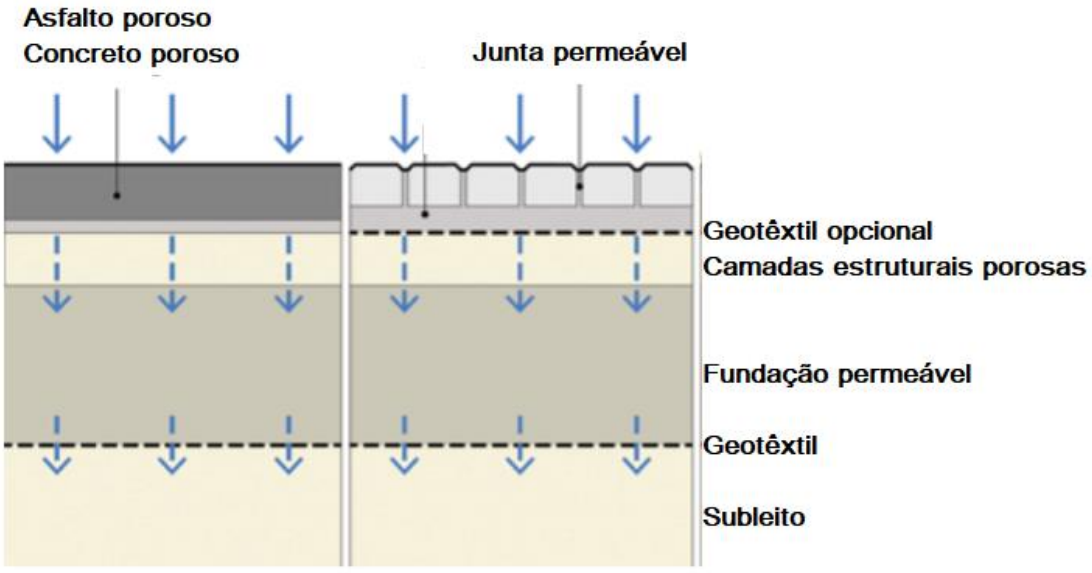
Moraes (2019), ao simular a implantação dessas estruturas, em uma sub-bacia urbanizada, constatou a potencial efetividade de controle das águas pluviais na fonte através de sistemas de infiltração. Os hidrogramas representados na Figura 65 revelam que os poços de infiltração promovem uma redução na vazão de pico e nos volumes escoados superficialmente, quando comparados com o cenário de pós-ocupação, atingindo valores próximos aos obtidos antes do desenvolvimento.

Figura 63 - Esquema de um poço de infiltração



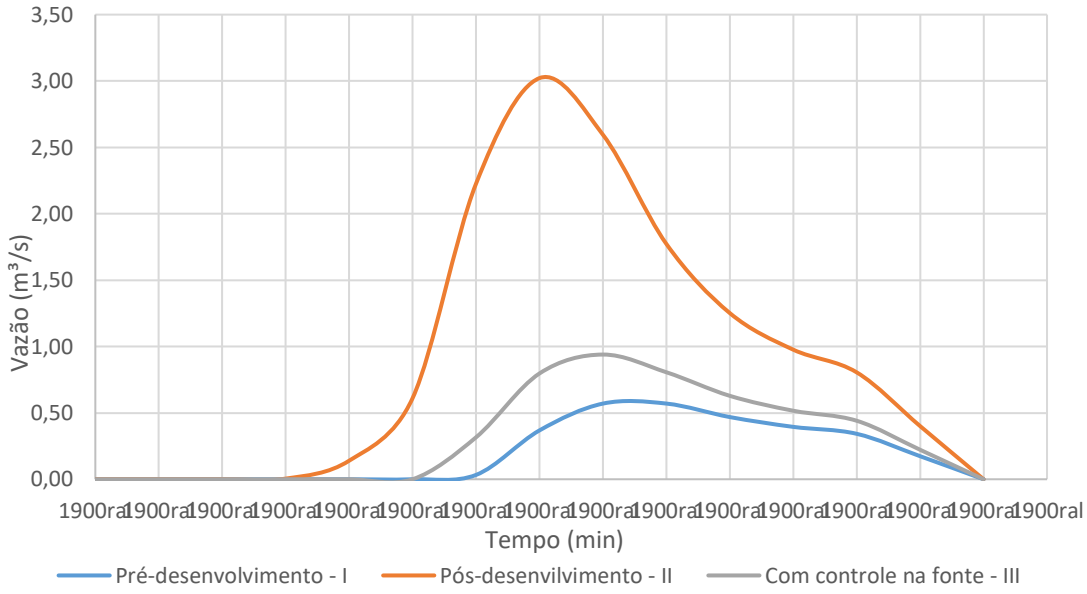
Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

Figura 64 - Esquema de pavimento permeável com infiltração total



Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

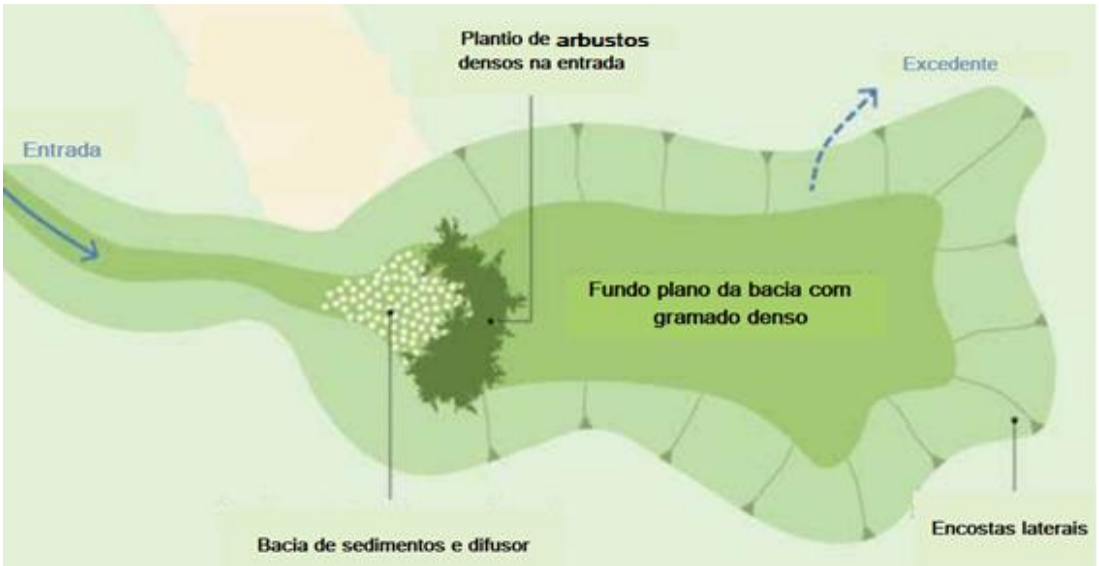
Figura 65 - Comportamento do hidrograma para três cenários: pré-ocupação, pós-desenvolvimento e com controle na fonte



Fonte: Moraes (2019)

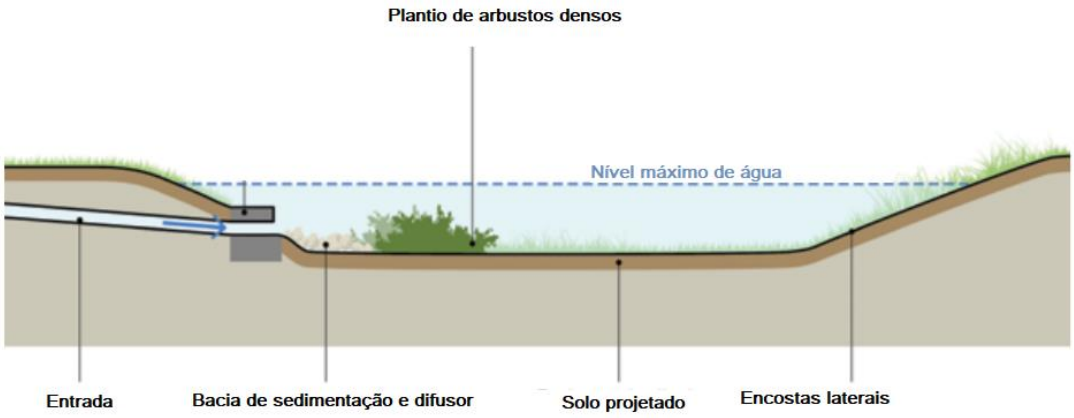
✓ Bacias de infiltração: O sistema consiste em uma área de solo circundada por uma margem ou contenção, a qual armazena o escoamento pluvial antes de infiltrar, através da sua base e lados (Figura 66 e Figura 67). De maneira geral, são escavadas. Entretanto, pequenas depressões já existentes no terreno podem ser aproveitadas Tucci (2005).

Figura 66 - Vista superior de uma bacia de infiltração



Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

Figura 67 - Vista lateral de uma bacia de infiltração

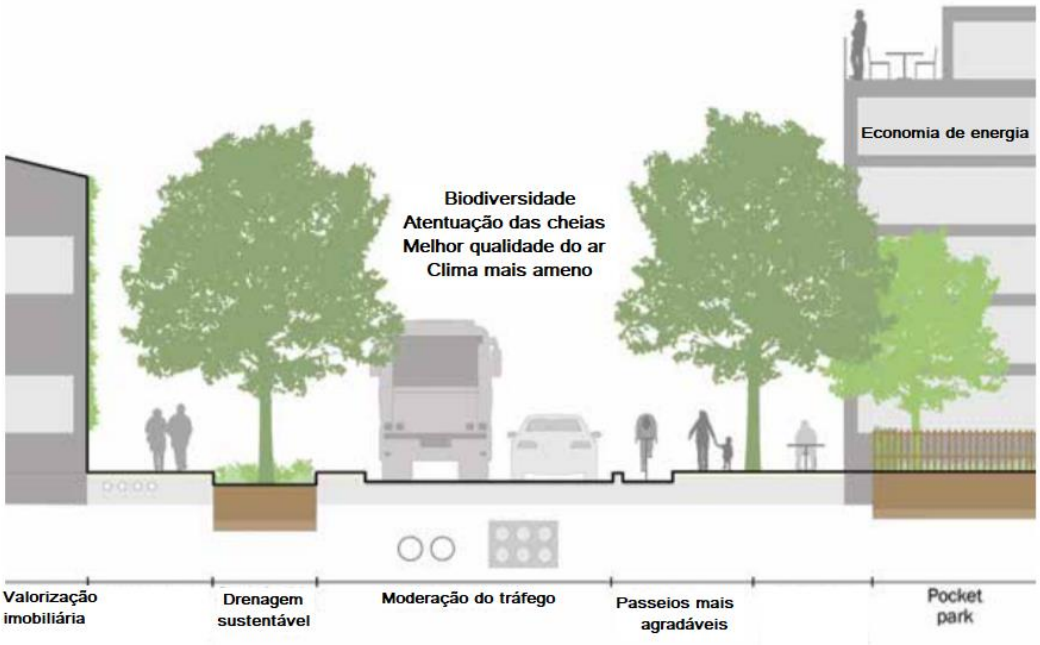


Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

3. Incorporação de áreas verdes ao ambiente urbano

As áreas verdes promovem diversos benefícios ao gerenciamento das águas pluviais no meio urbano, uma vez que elas contribuem na redução das vazões e volumes de escoamento superficial através dos processos de interceptação, transpiração e infiltração. Além disso, elas também ajudam na diminuição da carga de sedimentos e de alguns poluentes presentes do solo e podem melhorar outros aspectos do ambiente urbano, os quais estão representados na Figura 68.

Figura 68 - Benefícios das áreas verdes no espaço urbano

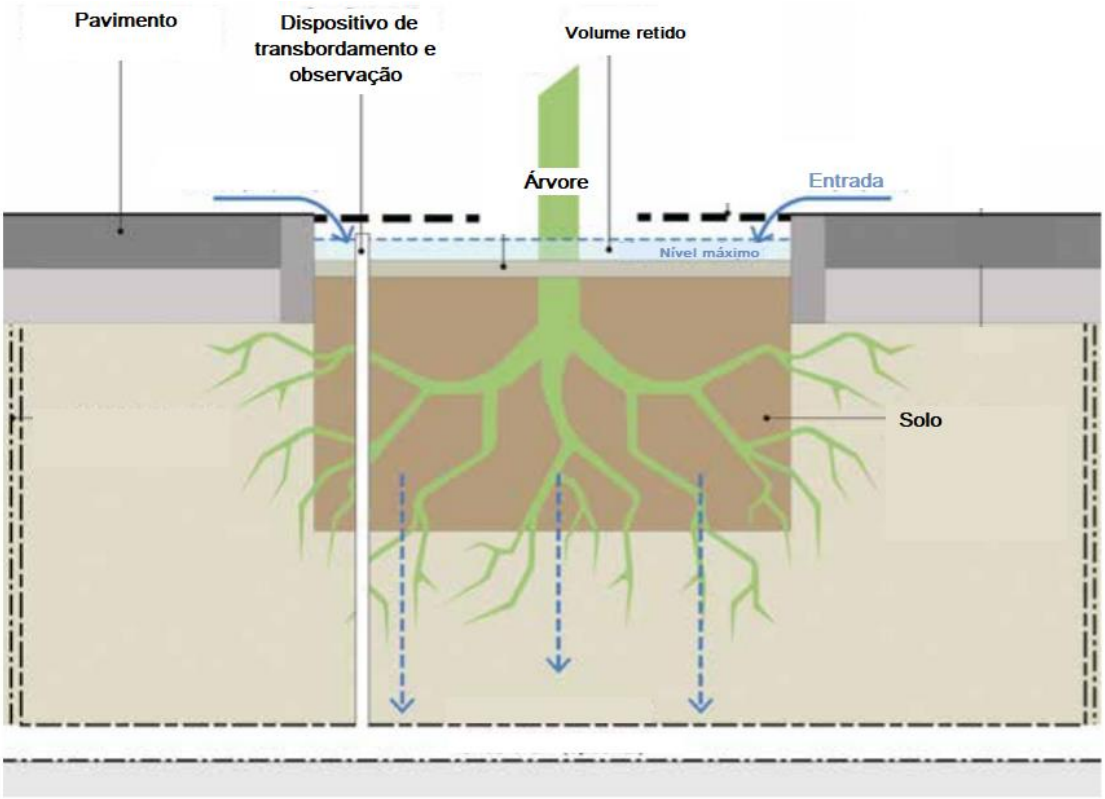


Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

Diante disso, Woods-Ballard et al. (2015) ressalta que as árvores, quando incorporadas a outros dispositivos de drenagem sustentável (por exemplo, sistemas de biorretenção, bacias de detenção e valas), contribuem para um melhor desempenho. Assim como, salienta-se o seu uso como dispositivos autônomos para controle do escoamento, sendo um exemplo citado a seguir:

- ✓ Poços-árvore: são dispositivos projetados para atenuar o escoamento superficial de pequenas áreas através da captação das águas pluviais, as quais são direcionadas para sua estrutura de armazenamento e filtradas pelas suas raízes e solo circundante, retendo os sedimentos e poluentes. A implantação dos poços-árvore em áreas densamente urbanizadas é uma opção viável, tendo em vista a sua estrutura pontual, custo relativamente baixo e benefícios associados (Figura 69).

Figura 69 - Esquema de um poço-árvore

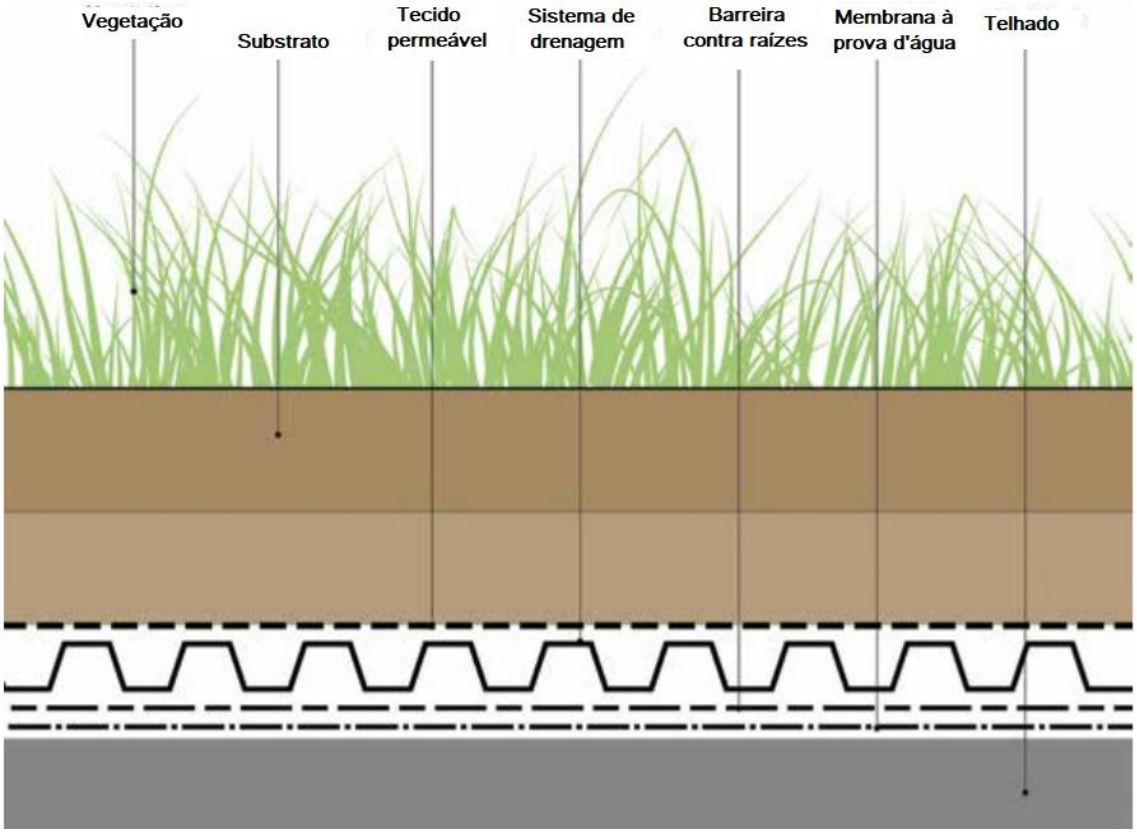


Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

Assim, é imprescindível o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a criação de novas áreas verdes, manutenção das já existentes e recuperação das degradadas. No entanto, essa medida não deve se restringir à ambientes públicos como parques, jardins e avenidas, mas também em jardins residenciais e lotes desocupados.

✓ Telhado verde: é um sistema composto por diferentes camadas e coberto por vegetação, instalado no topo das edificações, com o intuito de captar na própria estrutura da cobertura o escoamento pluvial gerado (Figura 70). Assim, sua implantação contribui para uma redução no escoamento superficial, através da interceptação da água precipitada e sua evapotranspiração. Além disso, esse dispositivo promove um melhor conforto térmico, atenuando o efeito das ilhas de calor e custos com energia, assim como, ajudam na conservação da biodiversidade (YAZAKI; MONTENEGRO; COSTA, 2018).

Figura 70 - Componentes típicos de um telhado verde



Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

4. Reservatórios

Os reservatórios são estruturas que controlam a vazão através do amortecimento, uma vez que, nesses dispositivos, as águas pluviais são armazenadas temporariamente e liberadas de maneira gradual, a fim de não sobrecarregar os sistemas de macrodrenagem. Eles podem ser classificados em dois tipos (Tucci, 2005):

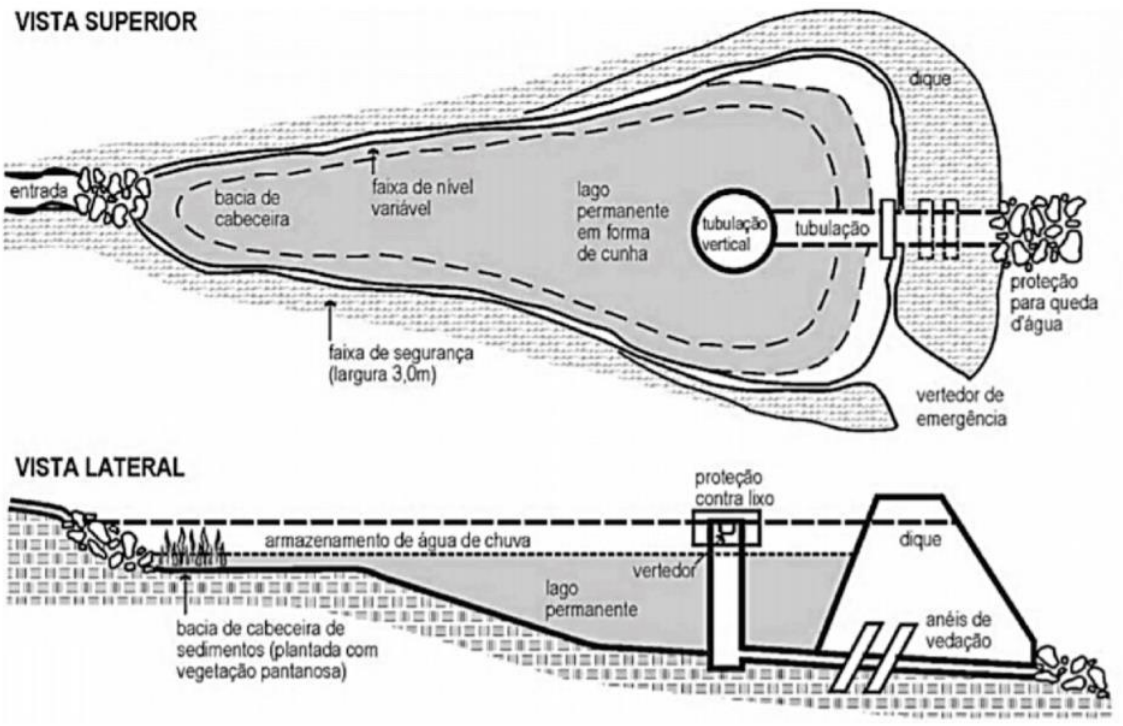
✓ Reservatórios de retenção: aqueles que são projetados para manterem uma lâmina contínua de água, a qual tem como objetivo evitar o crescimento de vegetação no seu fundo. Assim, eles tornam-se mais eficientes para o controle da

qualidade da água (Figura 71). A sua implantação apresenta-se como uma alternativa interessante para a valorização paisagística e do lazer, quando planejado de maneira integrada a outros ambientes urbanos, como parques.

✓ Reservatórios de detenção: estruturas dimensionadas para esvaziarem após eventos de chuvas intensas (Figura 72). Podendo ser utilizados, durante o período seco, para outras finalidades, como a recreação. Esse tipo de reservatório possibilita a retenção de uma parte importante do material sólido. Entretanto, quando projetados para um esvaziamento rápido, possuem pouco efeito no tratamento de poluentes.

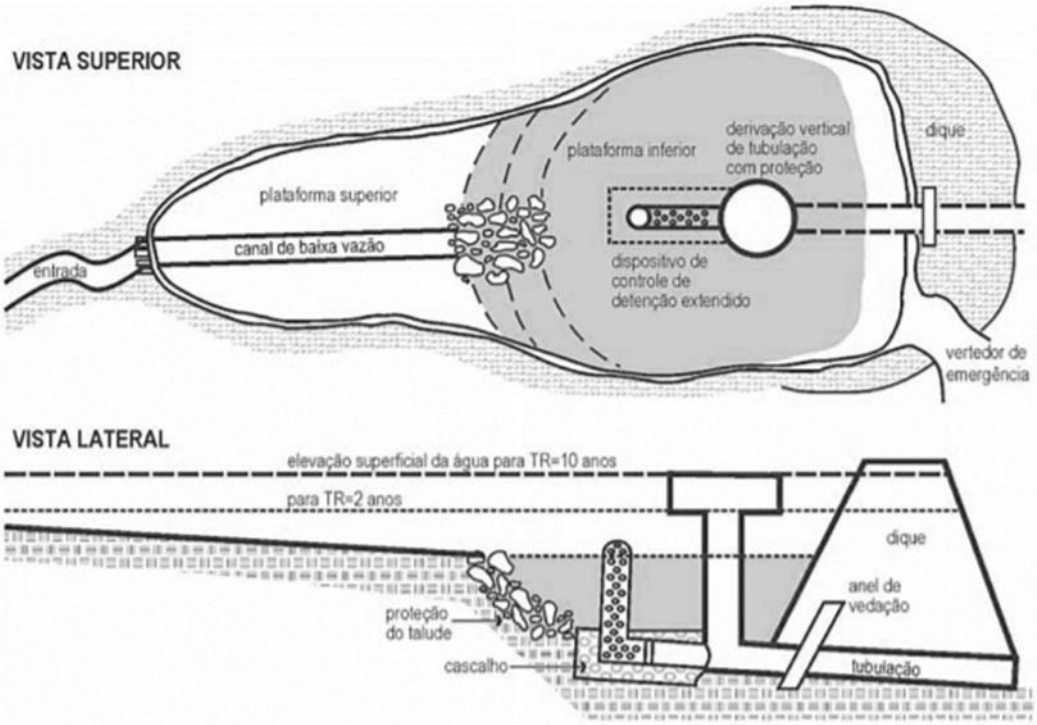
✓ Microrreservatórios: são reservatórios de detenção com dimensões reduzidas, construídas abaixo de nível do solo, e localizadas nos lotes (Figura 73). Esses dispositivos tem como objetivo principal o controle do escoamento pluvial gerado na fonte, atenuando os picos gerados pela chuva, através do armazenamento temporário e descarga gradual. A sua implantação é recomendada para áreas de contribuição pequenas e para menores tempos de retorno (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013).

Figura 71 - Esquema do reservatório de retenção aberto



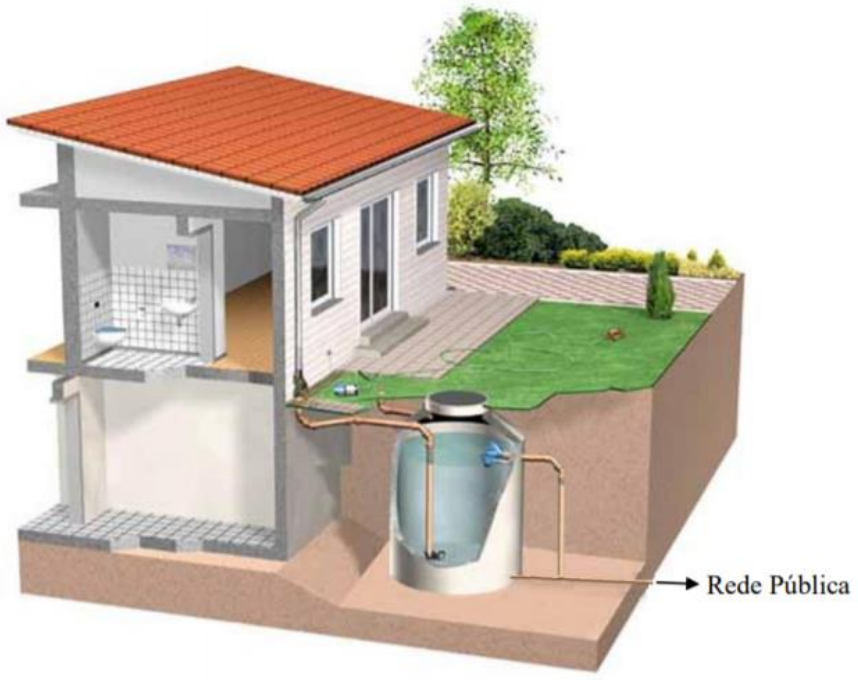
Fonte: Yazaki, Montenegro e Costa (2018)

Figura 72 - Esquema do reservatório de detenção aberto



Fonte: Yazaki, Montenegro e Costa (2018)

Figura 73 - Microrreservatório implantado em uma residência



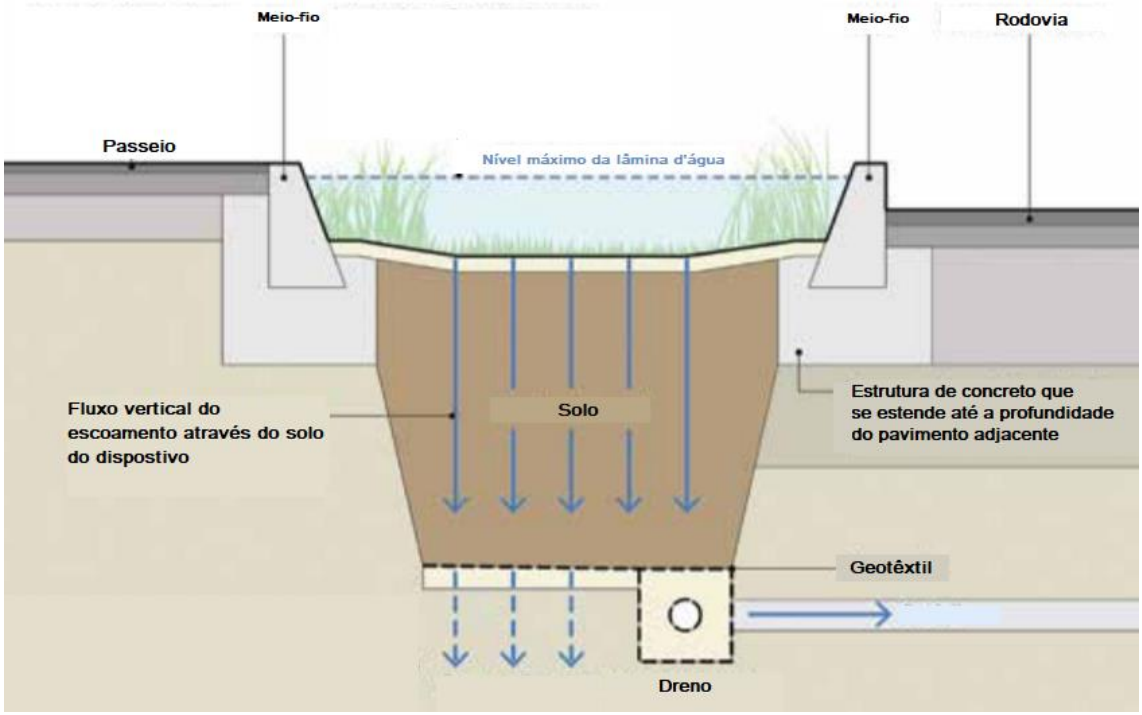
Fonte: Drumond (2012)

5. Técnicas alternativas ao logo das vias

A aplicação de dispositivos alternativos na drenagem das vias envolve alguns desafios específicos, uma vez que, em geral, a estrutura dos pavimentos é afetada pela presença de água, acarretando desde depressões em sua superfície até o comprometimento da sua estabilidade a longo prazo. Assim, eles devem ser projetados com o intuito de proteger a integridade do sistema, assegurando que a sua implantação não irá acarretar danos à estrutura (WOODS-BALLARD et al., 2015).

Nesse aspecto, existem diversas alternativas que podem ser aplicadas. Entre os dispositivos citados anteriormente, tem-se: os pavimentos permeáveis, as bacias de detenção e sistemas de biorretenção, desde que projetados a fim de evitar a infiltração nos pavimentos ou nas camadas de solo abaixo dele (Figura 74).

Figura 74 -Sistema de biorretenção projetado para evitar a infiltração da água na sub-base do pavimento

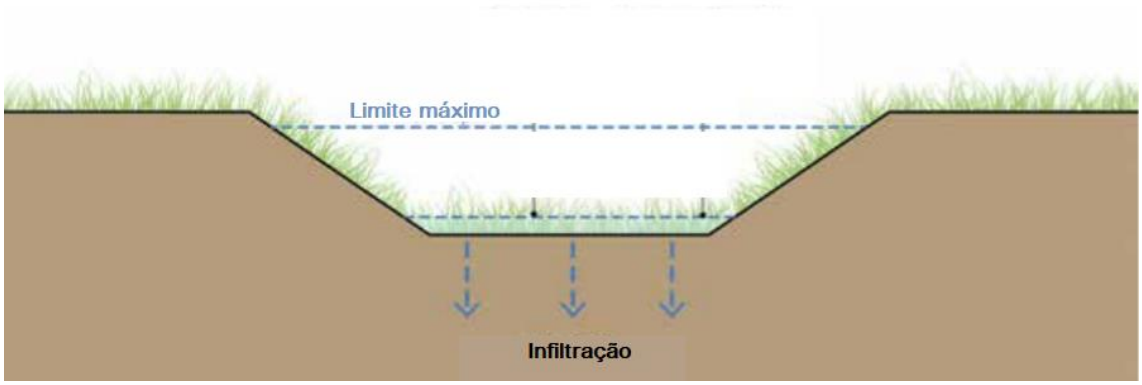


Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

Outra solução viável nesse cenário consiste nas valas revestidas (swales). Essa técnica compreende canais abertos, escavados no solo e revestidos por vegetação, cujo objetivo é captar o escoamento superficial das áreas adjacentes, armazenando-o temporariamente e favorecendo o seu processo de infiltração (Figura 75). Além disso, a vegetação e o solo

que compõem o sistema podem proporcionar o tratamento das águas pluviais, à medida que elas fluem ao longo da estrutura (PHILIP; ANTON; LOFTUS, 2011).

Figura 75 - Esquema típico de uma vala



Fonte: Adaptado de Woods-Ballard et al. (2015)

As valas são dispositivos lineares, geralmente com pequena profundidade e de fácil execução, sendo frequentemente implantadas ao longo de ruas, estradas, estacionamentos e conjuntos habitacionais (Figura 76).

Figura 76 - Exemplo de vala em Soweto, África do Sul

Fonte: Philip, Anton e Loftus (2011)

4.4.2.2. A Urbanização e as Águas em Feira de Santana (BA)

A cidade se caracteriza como sendo o local onde se observa, de modo contundente, uma relação homem-meio bastante intensa e ambígua, pois nela ambos influenciam e são influenciados. Como a ocupação urbana tem sido muito acelerada nas últimas décadas, oriunda de um padrão global de comportamento, este assunto tem se destacado no cenário brasileiro, onde inúmeros conflitos ambientais são registrados.

Por outro lado, o atual modo de produção econômico tem suscitado, com destaque nas cidades, a concentração de renda, que gera por sua vez exclusão e segregação socioespacial, obrigando os menos favorecidos a viverem em áreas ambientalmente frágeis. Dito padrão colabora com a degradação ambiental, que se caracteriza como um subproduto indesejável da lógica econômica atual, e dá a falsa impressão da inexistência de planejamento urbano.

Dentre os elementos ambientais da cidade destacam-se aqui os recursos hídricos, com ênfase para os superficiais (rios e lagos), que desde os primórdios atraem a fixação humana e são diretamente afetados por eles. Além disso, cabe enfatizar que a configuração da malha urbana é, inegavelmente, influenciada pela rede de drenagem. E, neste quesito, Feira de Santana se destaca, pois possui particularidades *sui generis*, já que sob sua malha urbana existe uma vasta rede hidrográfica, composta por várias lagoas, riachos e numerosas nascentes, que compõem duas bacias hidrográficas e uma sub-bacia (Figura 77).

Cada uma destas bacias possui características próprias, ditadas pelo tipo de solo, relevo e pelo clima. Assim, esta rede é caracterizada pela intermitência de alguns riachos e pela grande variação sazonal do volume de suas lagoas, típico do sertão nordestino. O ciclo hidrológico deste vasto manancial está sendo afetado pela ação antrópica, principalmente pelo intenso processo de urbanização (Tabela 1).

O Crescimento populacional e a consequente expansão da mancha urbana são materializações da pujança econômica do município de Feira de Santana ao longo da sua evolução. Observa-se na Tabela 1 a relação direta que existe entre crescimento populacional e expansão da mancha urbana. No caso específico de Feira de Santana, cabe ressaltar que a expansão vertical tarda a chegar e aparecerá nos registros do próximo censo, haja vista que ela inicia o seu processo de aceleração na década de 2000 (Figura 77, Figura 78, Figura 79 e Tabela 1), concentrando-se dentro do Anel Viário (Av. Eduardo Fróes da Mota).

Além disso, chama a atenção, no caso específico de Feira de Santana, a importância da organização topográfica, que além de influenciar na configuração da rede hidrográfica, traz um forte cunho no valor relacional do solo urbano. Haja vista que na cidade, historicamente,

há preferência pela construção numa área relativamente plana, localizada no Tabuleiro Interiorano.

Tabela 1 - População, Área da Mancha Urbana e Densidade Populacional –

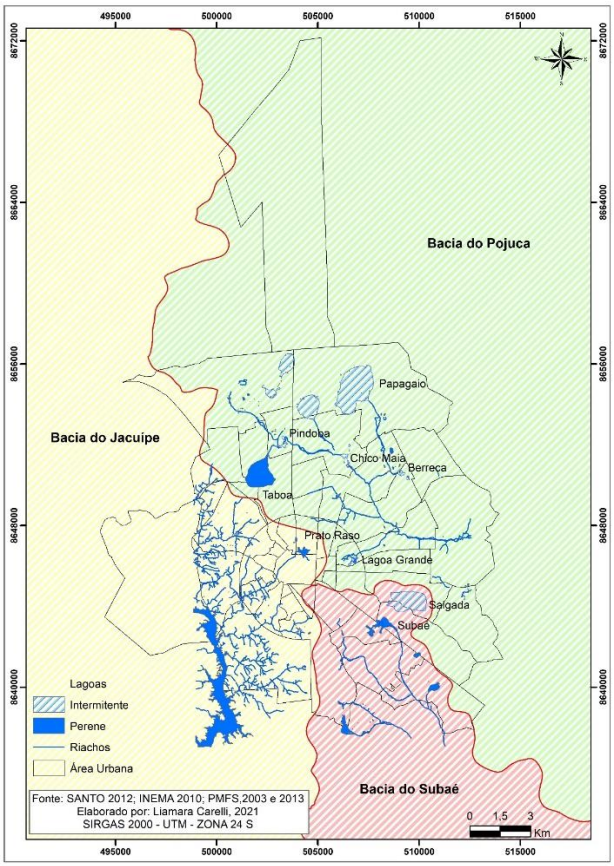
Ano	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010	2018
População	14.131	26.559	72.002	126.972	227.004	340.621	419.816	495.965	627.477★
Mancha Urbana (Km²)	9,127	-	18,986*	22,759**	-	52,324	76,678	97,801	130,330
Densidade (hab./km²)	1.548,3	-	3.792,4	5.579,0	-	6.509,8	5.475,0	5.071,2	4.814,5

* 1962; ** 1967; ★Estimativa

Fonte: SANTO, 2012. p. 158; SANTOS, 2019. p. 13

A ocupação urbana de Feira de Santana se iniciou na borda do Tabuleiro Interiorano, na Bacia hidrográfica do Rio Jacuípe, local com muitas nascentes e um vasto sistema de riachos perenes (Figura 77). Em mais duas décadas há um claro adensamento da mancha urbana e duas lagoas passam a sofrer ações antrópicas intensas (Prato Raso e Geladinho – Figura 77 e Tabela 1). Esse período se caracteriza por uma forte influência de políticas expansionistas federais, que culminam com a implantação das BRs 324, 101 e 116, além do início da construção da Av. Fróes da Mota – Anel de Contorno. Inicia-se então um período de grande expansão populacional e da mancha urbana (Tabela 1 e Figura 77).

Figura 77 - A área urbana e os recursos hídricos de Feira de Santana - Bahia/Brasil



Toda essa política gerou uma infraestrutura para a implantação do Centro Industrial do Subaé (CIS), trouxe para a cidade o 35º Batalhão de Infantaria do Exército e a Universidade Estadual de Feira de Santana. Todos estes fatores, levaram a um *boom* populacional e a uma significativa expansão urbana (Figura 77 e Figura 78, Tabela 1).

A crise econômica brasileira é sentida no município e fica representada numa desaceleração de crescimento, a menor em toda a história da cidade. Contudo, ele se reinventa, diminui sua dependência da capital e passa a ofertar muitos serviços, principalmente na área de saúde e educação, para os municípios menores e localizados mais no interior da Bahia, o que leva a uma retomada econômica e volta de expansão.

Na sequência, passa a receber um grande incremento econômico com a implantação do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) pelo governo federal, em 2007, o que culmina com um acelerado processo de criação de condomínios, conjuntos habitacionais e a aceleração do processo de verticalização, que passam a expandir ainda mais a malha urbana (Figura 78 e Figura 79, Tabela 1).

Este adensamento unido a outros fatores, como aumento do valor do solo urbano, infraestrutura instalada e proximidade dos serviços urbanos e comércio levou a cidade a um processo de verticalização, que se iniciou na década de 1990 e que foi se intensificando, totalizando 81 empreendimentos com 5 ou mais pavimentos até 2018 (SOUZA, 2018). A maior parte dos deles encontram-se dentro do Anel Viário (Av. Eduardo

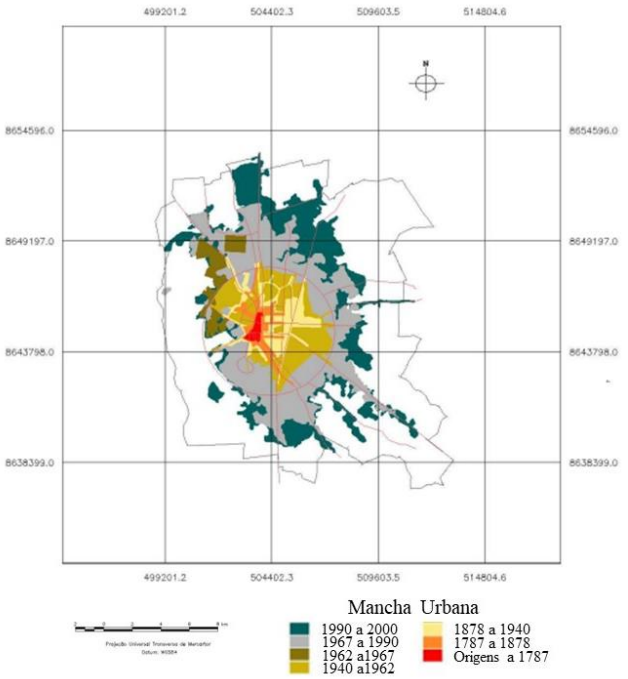
Fróes da Mota), contudo seguem um determinado vetor de expansão, onde se destacam os bairros Capuchinhos e Santa Mônica (Figura 78). Ressalta-se que estes bairros já sofreram, na década de 1980 rebaixamento do lençol freático e nas últimas décadas passam por intensa verticalização e impermeabilização do solo, tanto pela pavimentação das ruas, quanto pela construção destes empreendimentos.

Pelo exposto, verifica-se uma tendência de crescimento para as seguintes direções: Norte (BR 116N), Nordeste (Av. Airton Senna), Leste (Av. Artêmia Pires) e Sudeste (BR 324). Assim, as Bacias Hidrográficas mais afetadas no momento são as dos Rios Pojuca e Subaé (Figura 78 e Figura 79).

Toda essa expansão urbana tem afetado o ciclo hidrológico e consequentemente os recursos hídricos, que integram este grande complexo. Dentre as principais ações da cidade sobre dito ciclo é a impermeabilização do solo, que ocorre com ações antrópicas como: desmatamento, pavimentação, construção de edificações, diminuição de jardins e quintais com áreas verdes, entre outros. Isso leva a uma menor infiltração e a um maior escoamento, afetando diretamente o sistema de drenagem urbana, causando transbordamentos dos rios e enchentes nos vales.

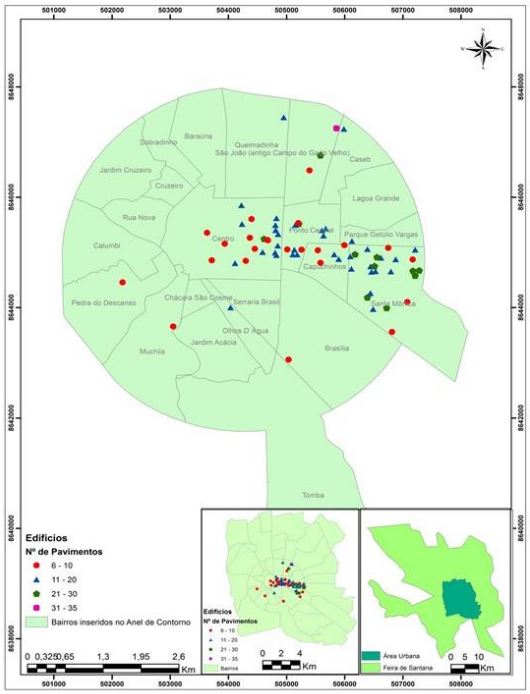
Aguilar (2016) calculou que 18% da área urbana de Feira de Santana está completamente impermeabilizada, 40% encontram-se semipermeabilizada e apenas 38% possui permeabilidade. Dito autor ressalta que os bairros com piores índices são: Tomba①, Campo Limpo②, Centro③ e o CIS④, como pode ser observado na Figura 80.

Figura 78 - Expansão da Mancha Urbana de Feira de Santana (BA) – 1990-2018



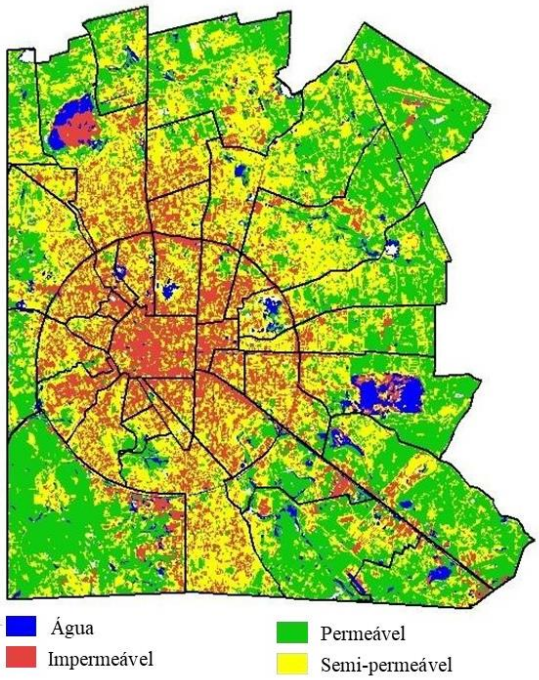
Fonte: SANTOS, 2019. p. 59.

Figura 79 - Edifícios com mais de 5 pavimentos nos bairros intra-anel em Feira de Santana (BA) – 1990-2018



Fonte: SOUZA, 2018. p.66

Figura 80 - Classificação da Permeabilidade do Solo em Feira de Santana (2010)



Fonte: AGUILAR, 2016, p.97.

Na Figura 80 chama atenção o adensamento da ocupação humana dentro do Anel de Contorno (Av. Eduardo Fróes da Mota), onde houve pouca cautela com a preservação ambiental e há carência de áreas de lazer. O verde e as áreas de infiltração eram preservadas nos quintais das casas ou nas inúmeras chácaras que ocupavam grande parte do Tabuleiro Interiorano que caracteriza esta área e que servia como importante local de armazenamento de água no solo.

Com a mudança de tipo de uso do solo, toda essa área passou a ser intensamente impermeabilizada (construções e pavimentações asfálticas) e na última década houve ainda a sua intensa verticalização. Todas estas características sobrepostas favorecem ao escoamento rápido levando a enchentes nas áreas mais baixas, justamente nas bordas do Tabuleiro.

Assim, o Plano de Drenagem Urbana de Feira de Santana deve visar a minimização dos impactos dessa urbanização sobre os mananciais hídricos e sobre a população, baseando-se em técnicas compensatórias e sugestão de políticas que incentivem práticas construtivas adequadas, e ocupação do solo devidamente planejada, para que haja harmonização e equilíbrio dos ciclos naturais, tornando o ambiente sustentável e menos inóspito para o homem, tecendo um justo equilíbrio entre: uso do solo; infraestrutura; dinâmica populacional; crescimento econômico e meio ambiente, respeitando as análises através das bacias hidrográficas.

Assim, dentro de uma visão geossistêmica, a questão hídrica será abordada de forma integrada em cada bacia que compõe o sistema de drenagem pluvial de Feira de Santana (Jacuípe, Pojuca e Subaé). Nela é verificada, de forma sintética, as questões biogeofísicas, econômicas e sociais, tais como: tipo de solo, declividade, tipo de ocupação humana (uso e ocupação do solo), equipamentos urbanos instalados, entre outros.

Dentro desta lógica, a seguir será realizada uma análise sobre cada Bacia verificando a utilização de diferentes técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto, destaca-se a importância das Lagoas naturais (Figura 77), pois elas atenuam os picos de vazão das chuvas, principalmente as intensas.

Bacia Hidrográfica do Rio Jacuípe (sub-bacia do Rio Paraguaçu): Composto por uma série de riachos perenes e inúmeras nascentes em vários bairros da cidade, na área de dissecação do Tabuleiro Interiorano. Nela se destacam as Lagoas do Prato Raso e Geladinho, ambas encrustadas na malha urbana (Figura 77).

Na área Norte desta bacia há uma ocupação recente, caracterizada pela implantação de muitos conjuntos habitacionais, este trecho faz parte da área de dissecação do Tabuleiro Interiorano e se caracteriza pelo relevo irregular, solo raso e pedregoso. Sua ocupação é mais recente (< 1 década). Necessita de tecnologias que reduzam a velocidade das águas que são carreadas das partes mais altas; seus riachos sofrem com acúmulo de resíduos sólidos, esgoto e invasão das Áreas de Proteção. A criação de Parques Lineares, com áreas de permeabilização do solo seriam aconselháveis. Quanto ao sistema de Drenagem Pluvial, deverá ter áreas de diminuição de velocidade das águas.

Na parte Central desta bacia, na sua área leste a ocupação urbana é muito antiga, desde os seus primórdios e na parte nordeste se intensificou depois de 1950. Toda ela sofreu intensa ação antrópica: desmatamento, pavimentação, construção (diversos tipos) e invasão das áreas de proteção ambiental (Figura 77 e Figura 80). Seus mananciais recebem grande carga de detritos e esgoto. O manancial desta área está seriamente comprometido e as áreas de proteção, foram em sua maioria ocupados, o que tem favorecido as enchentes. Destacam-se aqui as Lagoas do Geladinho e Prato Raso, a primeira recebeu uma proteção e revitalização com a criação do Parque Erivaldo Cerqueira. Já a Lagoa do Prato Raso está em franco processo de eutrofização e aterramento; ela necessita de fiscalização e ações para coibir a ocupação irregular. Como este manancial recebe grande volume pluvial, a população que ocupou a área da várzea sofre com as enchentes. Além disso, inúmeras nascentes já estão ligadas ao sistema de drenagem urbana e outras ficam escoando pelo meio fio até desaguarem num meio fio mais próximo. Esta área é caracterizada pelo nível hidrostático próximo a sub-superfície. Para minimizar a questão necessita de uma revitalização na Lagoa do Prato Raso e uma fiscalização intensa que coíba novas invasões. A drenagem pluvial precisa ter áreas de redução de velocidade e a criação de áreas que favoreçam a infiltração na borda superior do tabuleiro serão necessárias.

Na parte Sul da bacia, a ocupação se iniciou no início do século passado. Atualmente possui muitos Conjuntos Habitacionais, muitos deles antigos (Feira X e Muchila) e sem sistemas adequados de Drenagem Pluvial e Sistema de Esgoto. Nesta área encontram-se também o CIS-Tomba, o Conjunto Viveiros e loteamentos recentes no seu entorno. O relevo é irregular e com matacões em alguns trechos. Os riachos são de pequenos volumes, e nas partes mais elevadas existem várias nascentes. Entre as áreas ocupadas encontram-se solos com vegetação, o que auxilia na infiltração e diminui o escoamento superficial. Este trecho carece de planejamento, mas tem baixa criticidade diante das anteriores. Cabe um plano de criação e/ou incentivo de áreas de recreação ao redor da represa de Pedra de Cavalo, com o intuito de proteger o abastecimento de água das Regiões Metropolitanas de Feira de Santana e de Salvador.

Bacia Hidrográfica do Rio Pojuca: Esta bacia fica localizada numa área com menor precipitação no município (semiárido). Possui um vasto sistema de Lagoas, em sua maioria

com grandes extensões, rasas e intermitentes. As poucas perenes (Taboa e Pindoba, por exemplo) sofrem grandes mudanças no seu volume ao longo do ano. A Lagoa Grande (perene), possui um rio emissor e sofreu uma requalificação com a criação de um parque em seu entorno. Destacam-se as intensas ocupações nas áreas de proteção ambiental, tanto dos riachos como das lagoas, com destaque para a última década, caracterizando-se por área de intensa expansão urbana. Cabe ainda destacar que nesta área existem rios efêmeros e alguns canais anastomosados (Bairros Papagaio e Mangabeira) que naturalmente diminuem a velocidade das águas em períodos de maiores vazões. Nas partes mais altas, encontra-se o Tabuleiro Interiorano, com solo espesso e boa permeabilidade, nas áreas de dissecação, os solos são rasos e em alguns trechos argilosos. Toda esta área está passando por intensa ocupação, principalmente depois do PAC. Os conjuntos habitacionais regulamentados possuem ETE, contudo a intensa impermeabilização do solo está causando desestruturação dos mananciais (muitos riachos efêmeros foram eliminados) e enchentes, em áreas onde antes não haviam, tem sido registradas. Cabe aqui um programa de ampliação de áreas permeáveis lineares nas vias existentes; exigência para as novas construções de projetos com retenção de água e a áreas permeáveis; e, bacias de detenção em áreas já comprometidas. Destaca-se ainda a Lagoa Chico Maia, que necessita das mesmas medidas protetivas da Lagoa do Prato Raso. Quanto à Lagoa Berreca, carece de cuidados, pois a recente criação de conjuntos habitacionais acaba por pressionar o seu entorno.

Bacia Hidrográfica do Rio Subaé: Área de nascentes do rio Subaé. A nascente principal foi canalizada e não se sabe ao certo onde se localiza. Sofre grandes ações antrópicas desde meados do século XX, quando da implantação da BR 324 e da implantação do CIS. Possui uma série de lagoas que são bastante impactadas. Destacam-se a Lagoa do Subaé e a Salgada, ambas possuem grande variação de volume ao longo do ano e são perenes. A área da lagoa Salgada destaca-se pela ocupação recente (< 1 década) e intensa, destacando-se diversos empreendimentos habitacionais e ampliação do parque industrial. A criação de Parques ajudaria a coibir a invasão da APP e das áreas de inundação. Cabe aqui um programa de ampliação de áreas permeáveis lineares nas vias existentes; exigência para as novas construções de projetos com retenção de água e a áreas permeáveis; e, bacias de detenção em áreas já comprometidas.

Além disso, as trincheiras de infiltração podem ser adotadas em várias áreas da cidade, em especial na região do tabuleiro, onde o solo é mais arenoso e a baixa declividade favorecendo a infiltração, diminuindo o volume escoado e aumentando a recarga do lençol freático. Destacam-se aqui as principais avenidas e ruas do Centro da cidade (Avenidas: Sr. dos Passos, Maria Quitéria, João Durval, Getúlio Vargas, Presidente Dutra; e, Ruas: J.J. Seabra, Barão de Cotegipe, Castro Alves, Boticário Moncorvo, Leonídio Rocha, entre outras). Por fim, cabe lembrar que o sistema de drenagem urbana fica mais eficiente se trabalha incorporando o sistema de drenagem natural e se adequando ao ciclo hidrológico local. Por outro lado, a ocupação de áreas sujeitas a inundação periódica (margens de rios e lagoas) deve ser evitada, para evitar riscos as vidas e comprometimento do sistema.

5. ANÁLISES BENEFÍCIO-CUSTO

A Avaliação de Custos e Benefícios (ACB) de um empreendimento com as características de um Plano Municipal de Drenagem Urbana comporta dois níveis de abordagem: a da avaliação de mercado, também dita avaliação privada, e a da avaliação social também referida como avaliação econômica. De modo rigoroso, a avaliação econômica não é exatamente igual à avaliação social. Entretanto, é possível tomar-se uma pela outra, e os autores freqüentemente o fazem, porquanto não há diferenças apreciáveis entre os resultados que podem ser encontrados por uma e outra metodologias.

Com efeito, a avaliação social baseia-se em preços sociais que são uma média ponderada dos custos sociais dos fatores e dos preços vigentes no mercado desses fatores, enquanto na avaliação econômica consideram-se os preços-sombra que são aqueles que são observados no equilíbrio de concorrência perfeita e ausência de distorções causadas por interferências governamentais.

No corpo da teoria da ACB, há vários indicadores para medir-se o mérito econômico de um projeto ou empreendimento. Entre os mais utilizados, alinham-se o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). A escolha, no presente empreendimento, recaiu sobre o primeiro dos dois citados indicadores pelas razões demonstradas na **item 5.2.1.**

Ao final, algumas referências são feitas a possíveis fontes de recursos para a implementação de projetos de drenagem urbana com o fito de recomendar à Prefeitura Municipal de Feira de Santana as instituições provedoras de recursos financeiros para a destinação objeto do presente trabalho, em caso que o Poder Público Municipal decida aportar recursos de terceiros.

De modo prático, neste texto o Plano de Drenagem Urbana de Feira de Santana poderá ser referido como Empreendimento, Projeto, ou simplesmente Plano.

5.1. O CARÁTER SOCIAL DO EMPREENDIMENTO ORA SOB ANÁLISE

Preliminarmente, convém assinalar que um Plano Municipal de Drenagem Urbana integra o setor do Saneamento. Isso significa afirmar que, tal como o Saneamento, os projetos de drenagem, quando implementados, muito contribuem para a promoção da saúde. Daí, ditos empreendimentos se revestem de um elevado caráter social. Aliado a isso, o sistema de drenagem de uma cidade constitui um bem público e como tal deve ser tratado, pois é destinado ao uso de todos os integrantes da sociedade.

Para fins de avaliação de mérito dos diversos tipos de projetos ou empreendimentos, os bens e serviços podem ser classificados em bens de mercado, bens públicos ou bens semi-públicos. Os bens de mercado são aqueles de consumo divisível que satisfazem apenas cada consumidor isoladamente, e submetendo-se à condição segundo a qual o ato de consumo individual implica a impossibilidade de outros consumidores se satisfazerem.

Os bens públicos ou coletivos são indivisíveis e, o que é mais relevante, o consumo de um indivíduo não cerceia a demanda de outros indivíduos por esses bens. Quanto aos bens semi-públicos, estes desposam características dos dois anteriores, uma vez que são passíveis de divisão, mas o seu consumo produz efeitos muito mais intensos sobre o

conjunto da sociedade. Apesar de os sistemas de drenagem urbana serem bens estritamente públicos, reconhece-se que os sistemas de saneamento como um todo são, em seu conjunto, bens e serviços do tipo semi-público, vez que há componentes desses sistemas que são interiores ao *habitat* da família.

Em uma outra ordem de análise, os empreendimentos de drenagem urbana recebem a classificação de Projetos Tipo III de acordo com o critério destacado por CONTADOR, Cláudio Roberto, que ressalta a primazia da atratividade para o empreendedor.

O Quadro 51 apresenta esse critério de classificação.

Quadro 51 – Classificação econômico social de projetos

PONTO DE VISTA		SOCIAL	
		+	-
PRIVADO	+	I	II
	-	III	IV

Fonte: Contador, Cláudio Roberto. Projetos Sociais: Avaliação e Prática. Ed. Atlas. 2012.

Conforme se depreende do mencionado Quadro 22, o PMSB corresponde a um tipo de projeto de grande interesse social, porém de baixo poder de atração para o empreendedor privado, o que costuma fazer com que os Poderes Públicos assumam a totalidade de sua implantação e gestão, ou, minimamente, quando o caráter social do projeto é menos acentuado, lhe contemplem com algum instrumento de apoio financeiro ou com alguma forma de estímulo como o subsídio, a isenção fiscal, o financiamento a baixo custo e outros mais, sem o que o empresário privado não se sentirá atraído.

Uma característica bem marcada dos Planos de Drenagem Urbana é a de gerar externalidades positivas em magnitude bem superior às eventuais externalidades negativas.

Externalidades, ou efeitos externos ou, ainda, efeitos colaterais, são impactos, favoráveis ou desfavoráveis, que um projeto ou empreendimento, ou mesmo uma ação qualquer impõe a terceiras partes. Quando as externalidades são positivas, isto é, quando geram impactos favoráveis, elas contribuem para a melhoria do bem-estar social e este é o caso dos Planos de Drenagem Urbana que, ao domesticarem as águas de precipitação pluviométrica, muito contribuem para o alcance do estado de bem-estar social, notadamente em dias chuvosos acima do normal.

No conceito de externalidade está presente o caráter não-intencional do efeito produzido, isto é, as externalidades, positivas ou negativas, não fazem parte do objetivo do projeto ou empreendimento. Elas são incidentais no contexto de um projeto ou ação, e por isso também são chamadas de efeitos colaterais.

No caso dos Planos de Drenagem Urbana, conquanto o objetivo seja o de oferecer ao Município elementos para o manejo sustentável das águas urbanas nas áreas onde ocorrerão as intervenções, surge uma externalidade positiva de grande magnitude que é a resiliência da Cidade a situações em que, inexistindo um sistema de drenagem, ou mesmo existindo um sistema pouco eficiente de drenagem, a vida urbana ver-se-ia

acentuadamente prejudicada ou, mesmo, praticamente paralisada. No mundo, ainda hoje há exemplos de grandes cidades que padecem dos efeitos da falta ou da insuficiência de seus respectivos projetos de drenagem.

Recentemente, as cidades de Belo Horizonte e de São Paulo enfrentaram verdadeiras catástrofes que produziram acontecimentos fatais, além de prejuízos econômicos pela descontinuidade de um grande número de atividades.

5.2. NOTAS METODOLÓGICAS SOBRE A ANÁLISE DE CUSTOS E BENEFÍCIOS APLICADAS AO PMSB

Na avaliação da viabilidade do Plano de Drenagem Urbana ora em fase de elaboração adotou-se, como já referido, a técnica da Análise de Custos e Benefícios – ACB, privados e sociais, a qual foi complementada por uma análise de sensibilidade aos parâmetros Custo Operacional (OPEX) e Custo dos Investimentos (CAPEX), visando confirmar a positividade de seu mérito social, ainda que se observe um demérito no campo da avaliação estritamente de mercado ou privada.

Nesta seção são apresentados os critérios adotados para a elaboração da ACB. Preliminarmente, observa-se que serão desenvolvidos dois tipos de análise: a análise de mercado ou análise privada, e a análise social. Isso significa afirmar que serão produzidos dois resultados para o indicador de mérito selecionado, um de mercado, ou privado, e outro, social, também referido como já mencionado, de indicador econômico.

5.2.1. Metodologia da Avaliação

A avaliação de custos e benefícios do Plano de Drenagem Urbana de Feira de Santana, como de resto para empreendimentos ou projetos de qualquer natureza, é baseada no cálculo e análise dos indicadores de mérito. Breve referência já foi feita a esses indicadores na introdução desse item 5 , do presente texto.

Há vários tipos de indicadores disponíveis dentro do instrumental da Análise de Custos e Benefícios. O primeiro deles é o **Payback**, que é o mais simples de todos e que apenas estabelece o período de tempo necessário para recuperar as inversões do projeto. O segundo é o do **Valor Presente Líquido-VPL**, que projeta o fluxo econômico do empreendimento, mostrando claramente os valores de entrada e saída (benefícios e custos), atualizados com base em uma taxa adequada de desconto. Neste caso, a escolha entre alternativas recai sobre aquela que oferecer o maior **Valor Presente Líquido**.

Um terceiro indicador é o chamado **Valor Presente Líquido Unitário** que, partindo do mesmo conceito do método anterior, estabelece uma relação entre o **Valor Presente Líquido** e a soma dos investimentos feitos com a implantação do projeto, a valores atualizados. Trata-se, portanto, de um indicador percentual que apontará como mais viável aquele projeto do qual resultar a maior relação positiva. A quarta modalidade de indicador é o da **Taxa Interna de Retorno** que consiste na determinação de uma taxa de retorno que iguala a zero o valor presente líquido de um projeto, isto é, é a taxa de desconto que

permite igualar o valor presente dos benefícios ao valor presente dos custos de um projeto. A decisão entre projetos alternativos será tomada em favor daquele que ostentar a maior **Taxa Interna de Retorno**.

Há ainda um quinto indicador que é o da **Relação Benefício/Custo**, segundo o qual um projeto será viável sempre que esta razão for superior à unidade.

Alguns desses indicadores têm vieses próprios. Tal é o caso do método da **Taxa de Retorno do Investimento Incremental**, que é uma variante do método da **Taxa Interna de Retorno,** adequada à comparação de projetos alternativos que apresentam diferentes níveis de investimento, por meio do cálculo da taxa de retorno para um projeto hipotético, equivalente, em termos de fluxo de caixa, ao diferencial entre os dois projetos que se estejam comparando. Ainda como variante, há também o método do **Mínimo Custo** que é derivado do método da **Relação Benefício/Custo** e que é adotado quando os benefícios de cada alternativa forem iguais. E há, por fim o método do **Custo Periódico Equivalente**, variante do método do **Mínimo Custo**, utilizado para a comparação de alternativas de projeto com horizontes de tempo diferentes**.**

Os métodos relacionados apresentam suas vantagens e desvantagens conforme a síntese apresentada no Quadro 52, que espelha as características dos mais relevantes e orienta a escolha do método a ser utilizado na presente avaliação.

Quadro 52 - Vantagens e desvantagens dos métodos de avaliação

MÉTODO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Payback	a) Simplificado e de cálculo imediato b) Fornece ideia de liquidez e segurança do projeto	a) Não considera o valor ou custo de recursos no tempo. b) Não esclarece se valor mínimo aceitável. c) Ignora o problema de escala. d) Não aplicável a projetos de perfil não convencional.
Valor Presente Líquido	a) Espelha rigorosamente o fluxo do projeto. b) Desconhecem-se falhas técnicas neste método.	a) Apresenta formatos complexos para projeto não convencionais.
Valor Presente Líquido Unitário	a) As mesmas do método do Valor Presente líquido.	a) As mesmas do método do Valor Presente Líquido.
Taxa de Retorno Interno.	a) É dos mais utilizados indicadores para decisão. b) Prescinde de informação externa do projeto	a) Pressupõe constante a taxa de desconto ao longo do tempo, o que raramente é ocorre. b) Sua expressão algébrica pode levar a raízes múltiplas, dificultando a análise. c) Pode apresentar resultados distorcidos para projetos não convencionais. d) Não diferencia escalas de projeto. e) Algumas vezes chega à mesma taxa para projetos de mesma escala, porém desiguais em custos e benefícios.
Relação Benefício / Custo (B/C).	a) É bastante utilizado.	a) O indicador tem inúmeras versões. b) A magnitude da relação B/C varia sensivelmente com os critérios de inclusão de parcelas no numerador e no denominador da relação.

O balanço das vantagens e desvantagens dos diversos indicadores de mérito apresentados levou à seleção do **Valor Presente Líquido – VPL** para a avaliação do Plano de Drenagem Urbana de Feira de Santana, descartando-se os demais. Adicionalmente ao **Valor Presente Líquido – VPL**, poder-se-ia ter selecionado a **Taxa Interna de Retorno –**

TIR como um instrumento de avaliação. Entretanto, a TIR constitui um instrumento de decisão mais apropriado à avaliação de investimentos alternativos, o que não é o caso do PMSB. Mediante o uso da TIR, entre duas ou mais opções de investimento, aquela que oferecer a mais elevada Taxa Interna de Retorno é a que deve ser escolhida. Esse indicador é frequentemente utilizado pelos bancos para decidir sobre empréstimos entre alternativas de projeto concorrentes. Um outro aspecto vantajoso do **VPL** reside no fato de a sua dimensão refletir a magnitude do projeto.

Conforme já referido, o cálculo desses indicadores foi feito em duas dimensões, a de mercado ou dimensão privada, e a dimensão social. No caso da avaliação de mercado, os custos utilizados foram os que são praticados no mercado a valores de dezembro de 2020; e, no caso da avaliação social, o cálculo foi feito com base na técnica de cálculo dos preços sociais.

5.2.2. Critérios de Cálculo Adotados

No levantamento dos valores que entram na Análise de Custos e Benefícios, determinados cuidados são adotados para tornar o cálculo dos indicadores isento de imperfeições. Seguem-se os principais critérios que foram observados.

(i) Fluxo de caixa livre

O fluxo de caixa deve abrigar, além das receitas, os custos com os investimentos, comumente referidos como CAPEX (*Capital Expenditure*), os custos operacionais, referidos como OPEX (*Operational Expenditure*), a depreciação, os tributos e as Necessidades de Investimento de Giro (NIG). Deve ser isento, portanto, de receitas e despesas não-operacionais, o que lhe confere a característica de Fluxo de Caixa Livre. Por exemplo, juros recebidos da aplicação de saldos financeiros não devem entrar no Fluxo de Caixa, tanto quanto os juros pagos a qualquer título.

De outro lado, a depreciação também deve ser retirada do cálculo por não refletir uma saída de caixa. Em resumo, as receitas e despesas não-operacionais e a depreciação devem ser expurgadas do Fluxo de Caixa para que o exame do mérito do empreendimento atenha-se às características genuínas deste.

(ii) Valor Presente Líquido

O cálculo do Valor Presente Líquido – VPL é procedido em duas dimensões: a da análise privada ou de mercado (VPLp), e a da análise social (VPLs). Ambas partem dos dados do Fluxo de Caixa Livre, sendo a primeira a preços de mercado e, a segunda, a preços baseados nos custos sociais. O horizonte temporal adotado para o Plano é de 20 anos.

A expressão utilizada é:

$$\text{VPL} = FC_1 + \frac{FC_2}{(1+i)^{j+1}} + \frac{FC_3}{(1+i)^{j+2}} + \ldots \frac{FC_6}{(1+i)^{j+5}}$$

Onde:

FC é o fluxo de caixa de cada período que, no presente trabalho, é o ano;

i *é a* taxa de desconto escolhida; e

j é igual à unidade.

A taxa de desconto é o custo que esse dinheiro teria se fosse aplicado em fontes seguras. No caso do Plano de Drenagem Urbana, é a Taxa de Longo Prazo – TLP para a avaliação privada (ou de mercado), conforme justificado no item (iii), e igual a 4,39% a.a. para a avaliação de mercado, conforme justificado no item (iv), ambos integrantes desta seção.

No cálculo do Valor Presente Líquido Social, acrescentou-se ao benefício o resultado líquido das externalidades que, no caso do Plano de Drenagem Urbana inclui uma série de custos evitados pelo empreendimento. Deixou-se de considerar a clássica proporção do retorno de R$4,30 para cada R$1,00 aplicado em razão de esta ser relacionada ao Saneamento como um todo, desconhecendo-se a parcela atribuída, nesta proporção, aos investimentos e manutenção dos serviços de drenagem.

(iii) A taxa de desconto privada

O cálculo do Valor Presente Líquido Privado –VPLp, foi feito com base na taxa de desconto de mercado ou taxa de desconto privada para o tipo de empreendimento correspondente ao Plano de Drenagem Urbana. Essa taxa de desconto corresponde à Taxa de Longo Prazo – TLP, que é fixada pelo Conselho Monetário Nacional e divulgada pelo Banco Central. Em seu cálculo são levados em conta a meta de inflação *pro rata* para os doze meses subsequentes e um prêmio de risco. Presentemente, essa taxa é de 4,39% a.a[1]. A TLP é utilizada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES em operações de apoio a empreendimentos produtivos.

(iv) A taxa de desconto social

A definição da taxa de desconto social, também referida na literatura como custo de oportunidade do capital, constitui tema de relativa complexidade pela multiplicidade de propostas que vêm sendo discutidas há alguns anos. O Banco Mundial indica, por exemplo, que a taxa a utilizar deveria refletir o custo marginal do investimento em cada país, remetendo a questão para uma avaliação da taxa mediante a qual os agentes econômicos optam por adiar o consumo. Apesar disso, na prática, o Banco Mundial costuma recomendar a taxa de 12,00% para a avaliação tanto de mercado quanto social dos projetos que apoia. A igualdade entre as duas taxas parece pouco razoável, dados os diferentes pontos de vista de uma e outra análises.

Idealmente, a taxa de desconto social deve ser adotada em nível inferior às taxas de mercado, uma vez que o governo e a sociedade têm capacidade de diluição de risco bem superior às do agente econômico privado. Considerando, entretanto, que a menor oferta de taxa média de juro pós-fixada no crédito a pessoas jurídicas no Brasil em Fev/2021 foi de 4,77% a.a.[2], isto é, algo próxima da taxa de juro de mercado já significativamente baixa, seria razoável adotar-se uma taxa social de desconto igual à própria taxa média de mercado para o empreendimento Plano de Drenagem Urbana. Algumas instituições brasileiras adotam essa igualdade das taxas de desconto, a social e a privada. Em projetos de irrigação, a CODEVASF, por exemplo, adota a taxa única. No entanto, o Guia Prático

[1] BANCO CENTRAL DO BRASIL. Estatisticas. Website BCB. Acesso em 06mar2021.
[2] BANCO CENTRAL DO BRASIL. Estatísticas. Website BCB. Acesso em 06mar2021.

editado pelo Ministério da Economia recomenda uma taxa superior (8,5% a.a.), que será adotada no presente trabalho.

5.3. RECEITAS

Inicialmente, assinala-se que, em não existindo rubricas orçamentárias específicas para cobrar-se pela oferta de serviço de drenagem urbana em Feira de Santana e, diante do fato de que este serviço é efetivamente prestado, além da necessidade de definir-se uma receita para destinar à O&M dos serviços de drenagem, introduzem-se algumas considerações para fins da ACB em relação à receita do empreendimento.

Preliminarmente, uma parte dessa receita deve ser calculada com base em uma proporção do faturamento da empresa terceirizada que executa a limpeza pública (firma Sustentare) porquanto a varrição e limpeza de ruas é a principal atividade de manutenção em condições operacionais da rede de drenagem. Convém assinalar que essa parcela poderia estar abrigada nos recursos arrecadados mediante a aplicação de uma Taxa de Lixo como ocorre em outras municipalidades. Entretanto, não foi criada essa taxa em Feira de Santana, o que implica considerar que a receita para fazer face a essa finalidade é a da dotação orçamentária que dá suporte aos pagamentos à referida empresa Sustentare. Em outras palavras, a receita do Empreendimento provém da arrecadação tributária para assegurar os pagamentos ao serviço terceirizado. O contribuinte é, conseqüentemente, o agente pagador.

A receita dos serviços de varrição e limpeza de ruas relativa ao Empreendimento foi determinada de modo indireto, uma vez que, apesar da grande utilidade dos dados obtidos junto à Prefeitura Municipal, eles não trazem o detalhamento necessário a esse cálculo. O Quadro 53, que serviu de base ao cálculo da mencionada receita, apresenta, para o período que se estende de janeiro de 2019 a dezembro de 2020, os custos mensais da Prefeitura com a limpeza urbana e o aterro sanitário.

No tratamento dos dados desse Quadro cabem as seguintes considerações: (i) As cifras referem-se à totalidade do Município de Feira de Santana, o que significa que é necessário tomar a proporção correspondente ao Empreendimento sob análise. Adotou-se a proporção de **15%**, considerada a área física total das intervenções comparada com a área urbana do Município; (ii) Na coluna do mencionado Quadro 53 intitulada *Limpeza Urbana* está implícita uma expressiva parcela correspondente à coleta e transporte do lixo domiciliar que precisa ser expurgada do cálculo por não corresponder a custos com a manutenção do sistema de drenagem. Essa parcela é de **12%**, cálculo feito com base em serviços do mesmo gênero realizados em outra municipalidade. No caso em apreço, considerou-se o município de Capinzal (Santa Catarina) por sua disponibilidade de dados contábeis precisos. Apesar de tratar-se de uma municipalidade de outra região do País, e de população significativamente inferior à de Feira de Santana, suas cifras podem ser adotadas, sem prejuízo, como *first approach* para o caso de Feira de Santana.

Quadro 53 - Custos com a limpeza urbana e aterro sanitário

MESES/ANO	LIMPEZA URBANA	ATERRO SANITÁRIO
	R$	R$
jan/19	3.874.241,53	310.302,61

MESES/ANO	LIMPEZA URBANA	ATERRO SANITÁRIO
fev/19	3.601.090,14	303.019,63
mar/19	3.791.205,47	283.116,16
abr/19	3.237.578,08	288.069,16
mai/19	5.205.927,55	297.577,60
jun/19	3.799.569,55	285.978,17
jul/19	4.002.065,25	301.570,78
ago/19	3.899.789,01	294.501,60
set/19	2.304.040,45	324.098,01
out/19	3.954.583,14	357.914,78
nov/19	3.900.190,18	335.396,17
dez/19	4.037.302,60	315.337,85
SUB TOTAL	**45.607.582,95**	**3.696.882,52**
jan/20	4.230.411,14	359.297,10
fev/20	3.922.960,19	437.437,21
mar/20	4.099.243,64	874.586,42
abr/20	3.926.241,93	766.344,32
mai/20	4.120.366,80	844.437,29
jun/20	4.534.156,41	875.574,11
jul/20	4.271.465,17	877.161,61
ago/20	4.673.854,43	876.631,95
set/20	4.664.046,54	872.367,36
out/20	4.959.048,03	860.484,02
nov/20	4.910.985,15	818.457,67
dez/20	4.957.480,77	850.085,87
SUB TOTAL	**53.270.260,20**	**9.312.864,93**
TOTAL	R$ 98.877.843,15	R$ 13.009.747,45

Fonte: Prefeitura Municipal de Feira de Santana – PMFS. 2021.

Finalmente, considerando que as cifras de custos ora apresentadas são integralmente cobertas por meio de receita que integra as dotações para o pagamento da empresa Sustentare, as considerações acima expendidas são indicativas de uma receita anual do Empreendimento igual a **R$1.779.801,17**, a ser distribuída ao longo do horizonte temporal do Empreendimento e a partir do primeiro ano de operação.

5.4. CUSTOS

Os custos do Empreendimento são compostos por duas parcelas. A primeira corresponde à fase da implantação (CAPEX) e são registradas apenas nos dois primeiros anos, período ao longo do qual o projeto deverá estar totalmente implantado. E a segunda estende-se pelo restante da vida útil econômica do Empreendimento, ou seja, pelos dezoito meses restantes, equivalendo ao que é pago à Sustentare para a operação deste (OPEX). Os investimentos para a implantação correspondem a **R$5.305.300,00**, conforme detalhado no Quadro 54.

Quadro 54 - Custos da implantação do Empreendimento

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	SUB-TOTAL (R$)
01	**Mobilização e Desmobilização de Equipes**	24.000,00
02	**Instalação de Canteiro de Obras**	40.000,00
03	**Diques de Alvenaria de Pedras**	2.375.000,00
04	**Extravasores das lagoas**	510.000,00
05	**Escavações**	2.200.000,00
06	**Desassoreamento de canais**	156.300,00
TOTAL		**5.305.300,00**

Fonte: FEP – Projeto de Engenharia do PDUFS. Salvador. 2021.

A partir do terceiro ano e até o final do horizonte temporal do Plano, os custos anuais serão correspondentes à própria receita do Empreendimento que é de natureza tributária, isto é, os contribuintes custeiam o trabalho da Sustentare via a aplicação do Orçamento Público Municipal.

Com base nas considerações acima, calculam-se as cifras que, por praticidade, são transmutadas, na planilha do Quadro 55, para a forma dos insumos produtivos, modificação essencial para a elaboração da Análise Social, objeto do **item 5.6**. O Quadro 55 inclui também a fase operacional do Projeto (OPEX). Convém observar que o fator *preço da terra* não foi quantificado por encontrar-se ainda em fase de definição.

Quadro 55 - Orçamento de custo do Plano a preços privados dos fatores produtivos

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	R$
	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO	
01	**Cimento, pedra e agregados**	950.000,00
02	**Equipamentos**	1.540.000,00
03	**Serviços de terceiros**	706.300,00
04	**Mão de Obra Especializada**	242.300,00
05	**Mão de Obra não-Especializada**	812.680,00
06	**Encargos Sociais e Trabalhistas**	1.054.020,00
	TOTAL DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (CAPEX)	**5.305.300,00**
	CUSTOS OPERACIONAIS ANUAIS	
07	**Serviços de terceiros**	**1.779.801,17**
	TOTAL DE CUSTOS OPERACIONAIS ANUAIS (OPEX)	**1.779.801,17**

Fonte: Cálculos do texto.

Os preços sociais dos custos dos serviços integrarão a parcela subtrativa da fórmula do Valor Presente Líquido Social (VPLs), cujo resultado afere o real mérito do projeto por ser isento de interferências, principalmente as governamentais sob a forma de tributos, subsídios, entre outros.

5.5. ANÁLISE DE MERCADO

Conforme mencionado no item 5.2.1 na **subseção item (ii)**, esta análise é baseada na magnitude do Valor Presente Líquido Privado (VPLp), o qual será calculado por meio da expressão ali mostrada, requerendo a introdução dos parâmetros seguintes: (i) o fluxo de caixa livre anual a preços de mercado explicitado adiante na presente seção; (ii) a taxa de desconto de mercado, igual a 4,39% conforme mencionado no item 5.2.1 na **subseção 02.03 – item (iii)**; e (iii) o parâmetro **"j"**, igual à unidade.

(i) Fluxo de caixa livre anual a preços de mercado

O fluxo de caixa para a análise privada, também referida como análise a preços de mercado, contém como receitas a parte dos montantes recebidos pela empresa Sustentare indicada neste texto.

Na parcela subtrativa desse mesmo fluxo de caixa comparecem os custos anuais do Sistema de Drenagem construído. O montante anual foi estabelecido do modo seguinte: (i) nos dois primeiros anos são lançados os custos de construção do Sistema, sendo 40% no primeiro ano e, 60%, no segundo; (ii) a partir do terceiro ano e até o vigésimo (último ano) o lançamento anual será igual ao custo operacional, todos a preços de dezembro de 2020. O resultado desse processo é mostrado no Quadro 56.

Quadro 56 - Projeção do Fluxo de Caixa Livre a preços privados

ANO	RECEITA	CUSTO	FLX. CX. LIVRE
2022	0,00	2.122.120,00	-2.122.120,00
2023	0,00	3.183.180,00	-3.183.180,00
2024	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2025	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2026	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2027	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2028	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2029	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2030	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2031	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2032	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2033	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2034	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2035	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00

2036	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2037	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2038	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2039	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2040	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00
2041	1.779.801,17	1.779.801,17	0,00

Fonte: Cálculos do texto.

Os dados do Fluxo de Caixa acima permitem, fazendo uso de planilha EXCEL, chegar ao seguinte Valor Presente Líquido –Privado (VPLp):

VPLp=R$-4.953.956,38

O Valor Presente Líquido negativo encontrado é uma característica de projetos de cunho social como soe ocorrer com projetos na área do Saneamento. Reforçando essa condição para um projeto de Drenagem Urbana, dos quatro pilares do Saneamento, trata-se do mais desprotegido em termos de receita pelo serviço que presta. Portanto, nada há de inesperado com o resultado encontrado uma vez que o real mérito de uma rede de drenagem é de caráter social, por excelência. Seu grande mérito reside na magnitude do VPLS e não no VPLP como restará demonstrado no presente Relatório.

Esse resultado desfavorável sob o ponto de vista de mercado também corrobora a inserção do Sistema de Drenagem de Feira de Santana no Quadro 51, na condição de projeto do tipo III, que caracteriza iniciativas de grande alcance social e de baixa lucratividade de mercado.

5.6. ANÁLISE SOCIAL

Na elaboração da análise social, parte-se dos elementos utilizados na análise privada, modificando-os para incorporar a dimensão social. A modificação na receita privada ou de mercado é procedida adicionando-se lhe o saldo líquido das externalidades provocadas pelo Projeto. Esse saldo líquido é a diferença entre a somatória das externalidades positivas e o somatório das externalidades negativas.

As externalidades positivas são custos evitados pelo projeto que, nesta condição de mitigar custos, concorre para o bem estar social. E as externalidades negativas são impactos desfavoráveis que o projeto pode provocar. Em ambos os casos, monetizam-se os efeitos e extrai-se a diferença.

A análise social se torna necessária porque o preço de mercado de certos insumos é, em geral, um indicador não realístico de seu verdadeiro valor, em virtude de uma série de distorções nos mercados onde esses insumos são comprados e vendidos. Por exemplo, o preço de mercado de um insumo importado para utilização em tratamento de água ou efluente não representa o valor real desse insumo devido à intervenção da máquina governamental no estabelecimento da taxa de câmbio e de outras restrições alfandegárias, tais como o controle de importados e tributos. Em outro exemplo, o salário pago em qualquer setor produtivo não espelha o custo real do trabalho, em decorrência dos encargos sociais e trabalhistas que se lhe incidem.

Com o objetivo de expurgar da análise essas imperfeições, a avaliação de um projeto ou empreendimento, mesmo quando o mercado de um insumo funciona relativamente bem, precisa incluir a Análise Social. Para tanto, conforme já referido, substituem-se os preços de mercado por **preços sociais**, e incorporam-se às receitas as externalidades, conceito brevemente acima abordado.

O **preço social** é a estimativa de preço em que certos objetivos econômicos e sociais são levados em consideração, isto é, o **preço social** de um insumo ou produto é uma medida de seu valor real para a economia como um todo, em termos de objetivos econômicos ou sociais.

No caso do Saneamento em toda a sua abrangência, o cálculo dos preços sociais pode ser substituído com vantagem operacional pelo uso da indicação segundo a qual o retorno do capital empregado em obras e outras formas de intervenção no setor guarda uma relação de R$4,00 de benefício, incluídas as externalidades, para cada R$1,00 invertido. A Organização Mundial da Saúde – OMS é ainda mais precisa, adotando a relação de R$4,30 por cada Real aplicado.

Entretanto, aplicar essa relação especificamente a projetos de drenagem urbana pode tornar impreciso o cálculo, razão porquê recorre-se à determinação de preços sociais para obter-se o custo social total do empreendimento, o qual é levado à presença da totalidade dos benefícios sociais que inclui, como já indicado, a receita a preços de mercado do empreendimento. Em face das considerações ora expostas, adota-se este procedimento de cálculo seguindo experiências já consagradas como, por exemplo, a do Manual de Avaliação Econômica e Financeira de Projetos, editado pela Codevasf[3], E do Guia Prático de ACB, editado pelo Ministério da Economia, que fornece um roteiro prático de trabalho. Na subseção imediatamente seguinte enumeram-se os critérios e procede-se ao cálculo dos preços sociais segundo as recomendações do mencionado Manual de Avaliação de Projetos.

5.7. PREÇOS SOCIAIS DO EMPREENDIMENTO

Os seguintes critérios foram considerados para a determinação de fatores de conversão dos preços privados em preços sociais:

(i) O cimento, material básico do projeto, teve seu fator de conversão estabelecido considerando-se o expurgo da alíquota do ICMS (12%). Não se procedeu de modo semelhante em relação ao IPI porque este segue desonerado pelo Governo Federal. Por simplicidade de cálculo, adotou-se a simplificação de considerar um preço social único para o cimento, a pedra e os agregados, todos comandados pelo preço do cimento.

(ii) Para a mão de obra especializada, isenta dos encargos sociais e trabalhistas, adotou-se o fator de conversão unitário, dada a condição de mobilidade quanto ao emprego do profissional deste nível, apesar da elevada taxa de desemprego hoje observada no País;

[3] Apesar de ser utilizado para irrigação, os critérios adotados no Manual são úteis para sistemas de drenagem, uma vez que os preços sociais são calculados com base nos preços dos insumos que estão presentes tanto em um quanto em outro tipo de projeto.

(iii) Para a mão de obra não-especializada, considerou-se um fator de conversão inferior à unidade, devido ao desemprego de 14% da força de trabalho hoje observado no Brasil, tendo-se adotado a taxa de pessoal ocupado (86%) como fator de conversão;

(iv) Os encargos sociais e trabalhistas têm fator de conversão nulo, vez que a totalidade de sua arrecadação é drenada para aplicações de cunho estritamente social, não devendo, portanto, pesar sobre o custo social do empreendimento;

(v) De acordo com o Guia Prático de ACB de projetos de infraestrutura, "o valor recomendado da Taxa Social de Desconto (TSD) para investimentos em infraestrutura no Brasil é de 8,5% real ao ano, segundo estudo que integrará o Catálogo de Parâmetros (ME 2020)"[4].

(vi) Deixou-se de incluir o insumo energia elétrica por não estarem previstos equipamentos de elevatórias ou de natureza outra que seja consumidor deste insumo produtivo; e

(vii) O fator de Conversão referente ao Preço da Terra é 1,05, superior à unidade em decorrência de tratar-se de terra requerida para outros usos por situar-se no tecido urbano; e

(viii) Para serviços terceirizados, adotou-se o fator de conversão FC=0,91 e, para o item de equipamentos, fez-se FC=0,95, ambos os fatores de conversão extraídos do Manual da Codevasf.

Com base nos critérios acima adotados, elaborou-se o cálculo dos preços sociais do empreendimento, como cuidado de separar os custos com a implantação, ou seja, com os investimentos, daqueles relativos à operação. O resultado é mostrado no Quadro 57. Uma breve leitura desse Quadro permite observar que o montante dos custos sociais é significativamente inferior ao dos custos privados, o que opera em favor de um expressivo Valor Presente Líquido Social.

Quadro 57 - Conversão dos custos privados em custos sociais

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	AVALIAÇÃO PRIVADA (R$)	FC	AVALIAÇÃO SOCIAL (R$)
	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO			
01	Cimento, pedra e agregados	950.000,00	0,88	836.000,00
02	Equipamentos	1.540.000,00	0,95	1.463.000,00
03	Serviços de terceiros	706.300,00	0,91	642.733,00
04	Mão de Obra Especializada	242.300,00	1,00	242.300,00
05	Mão de Obra não-Especializada	812.680,00	0,86	698.904,80
06	Encargos Sociais e Trabalhistas	1.054.020,00	0,00	0,00
07	TOTAL DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (CAPEX)	5.305.300,00		3.882.937,80
	CUSTOS OPERACIONAIS ANUAIS			0,00
08	Serviços de terceiros	1.779.801,17	0,91	1.619.619,06

[4] O referido Guia acrescenta que "para estimar a TSD, utilizou-se uma metodologia amplamente aceita em âmbito internacional: a abordagem de eficiência, atribuída a Harberger (1972). Adicionalmente, a estimação baseou-se em dados obtidos de fontes secundárias nacionais e internacionais para calcular o custo de oportunidade social de recursos investidos em projetos de infraestrutura".

09	**TOTAL DE CUSTOS OPERAC. ANUAIS (OPEX)**	**1.779.801,17**		**1.619.619,06**

Fonte: Cálculos feitos no contexto da elaboração do Projeto. Fundação Escola Politécnica - FEP. Salvador. 2021

O custo total obtido para a avaliação social, inferior ao da avaliação privada, é escalonado ao longo dos vinte anos de vida útil econômica do Projeto, sempre a valores de dezembro de 2020, observando-se que os dois primeiros anos abrigam desembolsos para a implantação do empreendimento (CAPEX), e que os anos restantes são operacionais (OPEX). Essas cifras constam do fluxo de caixa constante da **item 5.8**.

5.8. BENEFÍCIOS SOCIAIS e VPLs

Conforme já referido, os benefícios sociais resultam da soma do faturamento do Empreendimento com o saldo líquido das externalidades. São inúmeras as externalidades positivas que um Plano de Drenagem Urbana é capaz de gerar. A contribuição para eliminar impactos das enchentes é a principal delas e pode ser calculada com base na necessidade de recursos para a restauração dos equipamentos e logradouros urbanos danificados pelos alagamentos quanto um sistema de drenagem não é capaz de domesticar a água das enxurradas.

De outro lado, as externalidades negativas alinham-se em menor número. Por exemplo, na fase de reparos e restauração que se segue ao final das enchentes, as obras de refazimento e limpeza do tecido urbano podem prejudicar o tráfego e a movimentação de pessoas e isso causa atraso para as atividades (tráfego lento e movimentação lenta dos transeuntes).

No município de Feira de Santana, o exemplo real e mais atual de levantamento de custos relativos a serviços dessa natureza está contido no Relatório que aponta os custos necessários à recuperação dos danos e prejuízos causados ao poder público e o privado, em consequência das fortes chuvas que ocorreram no Munícipio no período de 23 a 26 de janeiro de 2020.

O referido Relatório, elaborado pela FEP para a Prefeitura Municipal, detalha o montante a ser arcado com os reparos necessários após determinado período de chuvas torrenciais, tomado como exemplo representativo de externalidade positiva do Projeto. Dito montante deve ser considerado como externalidade positiva porque são custos que o Projeto contribuirá para evitar.

Esse Relatório baseou-se, adicionalmente, em informações da defesa Civil do Município de Feira de Santana e centrou seu foco de análise em três bairros da Cidade (Feira X, Baraúnas e Gabriela). Para se ter uma idéia da abrangência desse trabalho e, consequentemente, da relevância da externalidade que o Empreendimento produzirá, ressalta-se o envolvimento de treze secretarias municipais[5] cujas atividades-fim emprestaram decisiva colaboração para o reparo dos danos causados.

[5] Secretaria Municipal do Desenvolvimento Urbano, Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Recursos Naturais, Secretaria Municipal de Serviços Públicos, Secretaria Municipal da Agricultura, Recursos Hídricos e Desenvolvimento Rural, Secretaria Municipal da Habitação e da Regularização Fundiária, Secretaria Municipal do Planejamento, Secretaria do Desenvolvimento Social, Secretaria Municipal da Saúde,

O montante total dos danos causados pelas chuvas combinadas com sistemas de drenagem insuficientes foi de R$4.033.834,20[6], conforme as cifras do Quadro 58.

Quadro 58 - Recuperação de Áreas danificadas por inundação (orçamento de custo em R$ de dezembro de 2020)

SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
Recuperação de pavimentação em paralelepípedo:	m²	1.200,00	58,40	**70.080,00**
Recuperação de pavimento em asfalto:	m³	450,00	920,30	**414.135,00**
Remoção de lixo/entulho	equipe. hora	700,00	377,14	**263.998,00**
Recuperação de meio fio:	m	3.500,00	30,11	**105.385,00**
Limpeza de Bueiros até 1,50 m de diametro	m	500,00	81,77	**40.885,00**
Limpeza de Galeria	m	900,00	72,66	**65.394,00**
Alvenaria de pedra argamassada	m³	280,00	691,18	**193.530,40**
Substituição de tubos e manilhas de drenagem pluvial:	m	400,00	221,78	**88.712,00**
Pá Carregadeira sobre pneus	hora	240,00	89,85	**21.564,00**
Reconstrução de muros ou alvenarias em tijolo	m²	300,00	164,16	**49.248,00**
Reposição de eletrodomésticos, moveis e utensílios das famílias	famílias	420,00	3.146,00	**1.321.320,00**
Cesta básica pra os desabrigados. (famílias x 6 meses)	famíliaXmês	2.520,00	555,39	**1.399.582,80**
TOTAL				**4.033.834,20**

Secretaria Municipal da Educação, Secretaria Municipal de Administração, Secretaria Municipal da Fazenda, Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito e Secretaria Municipal de Prevenção à Violência.

[6] A preços do SINAPI-CEF, fonte adotada pela Defesa Civil da Prefeitura de Feira de Santana.

Os benefícios sociais do empreendimento resultam da soma do faturamento anual deste, a preços de mercado relativos a dezembro de 2020 com o saldo líquido das externalidades. As externalidades positivas do Plano incluem a eliminação dos impactos agressivos motivados pelas enchentes urbanas na área do empreendimento que, conforme já apontado, montam a R$4.033.834,20. Considerando que a implantação do Plano erradicará tais prejuízos, então estes passam a integrar o conjunto das externalidades positivas.

De outro lado, na fase de execução das obras, surgirão dificuldades para a vida da população que habita a área do Plano. Engarrafamentos e/ou interdições de logradouros retardarão o tráfego fazendo com que as pessoas percam parte de seu tempo ao transitarem pela região. Pela dificuldade natural em dimensionar tais perdas, e principalmente por não representarem monta apreciável, as externalidades negativas deixam de fazer parte deste cálculo. O Quadro 59 resume a composição do benefício social, parcela aditiva a entrar na expressão do VPLs.

Quadro 59 - Síntese dos Benefícios Sociais

DISCRIMINAÇÃO	BENEFÍCIO (R$)
Receita do Serviço de Drenagem Urbana*	1.779.980,17
Externalidade positiva	4.033.831,20
BENEFÍCIO SOCIAL	**5.813.814,37**

*Obtido de modo composto por parte da receita da firma Sustentare com parcela do IPTU.

De posse do benefício e dos custos sociais, constrói-se o Fluxo de Caixa Livre a preços sociais para o horizonte de vinte anos, escolhido para o projeto. O resultado é espelhado no Quadro 60.

Quadro 60 - Projeção do Fluxo de Caixa Livre a preços sociais

ANO	RECEITA	CUSTO	FCL
2022	0	1.553.175,12	-1.553.175,12
2023	0	2.329.762,68	-2.329.762,68
2024	5.813.814,37	1.619.619,06	4.194.195,31
2025	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2026	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2027	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2028	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2029	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2030	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2031	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2032	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2033	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2034	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2035	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2036	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2037	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11

ANO	RECEITA	CUSTO	FCL
2038	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2039	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2040	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11
2041	1.779.980,17	1.619.619,06	160.361,11

Fonte: Cálculos do texto.

As cifras do Quadro 60 permitem calcular o Valor Presente Líquido Social (VPLs) fazendo uso, para tanto, de programa constante de tabela EXCEL. Esse resultado é mostrado em conjunto com o Valor Presente Líquido Privado para fins de considerações em torno dos mesmos. Esse resultado-síntese é exibido no Quadro 61.

Quadro 61 - Valores-Presente Líquidos Privado e Social

INDICADOR DE MÉRITO	R$
VALOR PRESENTE LÍQUIDO PRIVADO	**R$-4.953.956,38**
VALOR PRESENTE LÍQUIDO SOCIAL	**R$+1.792.891,80**

Um breve exame dos indicadores constantes do Quadro 61 permite observar que o Plano de Drenagem Urbana (PDU) constitui um Empreendimento gerador de expressivo benefício para a municipalidade de Feira de Santana, principalmente em decorrência das externalidades positivas que produzirá.

Para se ter uma idéia da magnitude dos benefícios do Plano de Drenagem Urbana de Feira de Santana como um todo, segue-se uma prática comum no manuseio da Análise de Custos e Benefícios – ACB que é a de comparar a diferença entre o VPLs encontrado e o VPLp com o custo de outros tipos de empreendimentos de caráter eminentemente social. Nesse sentido, tal diferença, igual a R$6.746.848,18, equivale a aproximadamente 4300 diárias em leitos não críticos de hospitais de campanha como os que têm sido implantados para abrigar as pessoas acometidas da COVID-19, o que, numa comparação simples, pode dar uma idéia da dimensão da importância de um eficiente sistema de drenagem urbana.

É importante observar que o **Valor-Presente Líquido Privado** tem a característica de explicitar, não somente a escala (tamanho) do empreendimento, como também de compará-lo com outros tipos de projetos sociais, transmitindo uma sensação da magnitude de seu valor como gerador do bem-estar social do Município.

Adicionalmente, observa-se que o fato de o **Valor Presente Líquido Privado** ser negativo, mas o **Valor Presente Líquido Social** ser altamente positivo faz com que empreendimentos sociais interessem pouco ao empresário privado ao mesmo tempo em que constituem obrigação dos Poderes Públicos.

5.9. FONTES DE RECURSOS

Como integrante do conjunto de serviços da área de Saneamento Ambiental, os projetos e empreendimentos de drenagem se beneficiam dos mesmos mecanismos de apoio que servem ao setor de Saneamento como um todo. Uma dificuldade, entretanto, reside no fato de a drenagem não ter sido, tradicionalmente, uma área de serviços cuja prestação seja cobrada `dos usuários à altura do benefício que ela gera.

Em geral, os recursos para quaisquer dos serviços de Saneamento Básico devem provir, primariamente, da prestação dos serviços do próprio setor. Nesse sentido, as tarifas e taxas que são cobradas dos beneficiários dos serviços compõem a receita que representa a contrapartida do serviço realizado. Ocorre que essa receita própria nem sempre é suficiente para fazer face às necessidades financeiras do setor, especialmente para dar cobertura aos investimentos. E, no caso da drenagem, essa receita nem sempre existe. Veja-se, por exemplo, o caso de Feira de Santana que sequer conta com a taxa de lixo.

Para complementar essa necessidade de recursos financeiros, as principais fontes existentes no País são o Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS, e o Orçamento Geral da União – OGU por meio de linhas de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, de programas da Fundação Nacional de Saúde – Funasa e do Ministério das Cidades – MC. Há, ainda, recursos de governos estaduais, das agências de bacias hidrográficas com base na cobrança pelo uso da água, entre várias outras fontes que apoiam o Saneamento. A tais fontes, acrescentam-se os recursos de origem internacional que afluem ao País por meio de agências multilaterais de fomento ao desenvolvimento como o Banco Mundial – BIRD, o Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID e o Banco Japonês para a Cooperação – JBIC. Descrevem-se, nesta seção, as principais características dessas fontes de recursos.

5.9.1. Recursos gerados pelo próprio setor

Conforme já referido, a tarifação e a taxação dos serviços de Saneamento constituem as fontes mais apropriadas para dar sustentação ao setor. Esses tributos devem ser calculados de modo a, além de darem cobertura aos custos operacionais e de exploração, gerarem excedentes que permitam alavancar os investimentos necessários ao avanço desse setor de Políticas Públicas. Conforme já referido, entretanto, a receita própria do setor tem historicamente encontrado uma barreira que é a capacidade insuficiente de pagamento dos beneficiários dos serviços.

A circunstância acima mencionada da limitação da capacidade de pagamento de parte da população implica necessariamente a aplicação de subsídios ao setor, com suas vantagens e desvantagens. Entre as vantagens do subsídio está a de expandir o serviço de modo a atender a todos os seus usuários e/ou consumidores dos serviços. Como desvantagem, os subsídios sempre geram “peso morto” que é uma massa de riqueza da qual não se apropriam nem os fornecedores do serviço, nem os consumidores e nem o governo.

Os subsídios ao setor de Saneamento podem ser oferecidos segundo três modalidades

(i) Subsídios à oferta

Trata-se da modalidade mais frequente de subsídios para os investimentos do setor. Por esse mecanismo, o governo transfere recursos do orçamento fiscal para enfrentar os custos com a implantação, ampliação, manutenção ou renovação dos sistemas de Saneamento Básico, podendo estender-se ao todo ou a uma parte de um ou mais sistemas.

(ii) Subsídios à demanda

Pouco utilizados no Brasil, os subsídios à demanda se materializam mediante a transferência que o governo faz diretamente ao usuário ou consumidor de parte ou de toda a cobrança pelos serviços de que ele é beneficiário, seguindo critérios relacionados com os distintos grupos de classes de renda.

(iii) Subsídios cruzados

Nos subsídios cruzados, procede-se à diferenciação das tarifas consoante os níveis de renda dos usuários e/ou consumidores, fazendo-se com que os que podem pagar mais (rendas mais altas) subsidiem indiretamente os que não podem pagar tanto (rendas mais baixas). Esse sistema é utilizado no serviço de abastecimento de água por todas as companhias em atividade no Brasil.

5.9.2. Recursos de fontes federais

Conforme já mencionado, os recursos originários de fontes federais são de natureza fiscal e fluem por meio de programas como os que são destacados a seguir.

(i) Recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS

A Caixa Econômica Federal – CEF é o agente desses recursos, financiando tanto o setor público quanto o setor privado no projetamento e execução de empreendimentos na área do Saneamento Básico, em qualquer de seus vetores e mesmo em articulação com Políticas Públicas de outras áreas.

A cobertura dos custos é promovida pela conjunção dos recursos do FGTS e da contrapartida do tomador do empréstimo. De acordo com referência anterior, os recursos podem ser emprestados ao Setor Público, aí incluídos os estados, os municípios, o Distrito Federal, concessionárias públicas de saneamento (empresas públicas e autarquias), e consórcios de direito público; e ao Setor Privado, beneficiando empresas privadas estruturadas sob a forma de Sociedade de Propósito Específico – SPE para o manejo de resíduos sólidos domésticos em geral, e da construção e demolição, em particular.

São elegíveis para receber recursos dessas fontes as entidades que realizarem empreendimentos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, saneamento integrado, desenvolvimento institucional, manejo de águas pluviais, manejo de resíduos sólidos, manejo de resíduos da construção e demolição, assim como projetos de preservação e recuperação de mananciais. Além disso, a linha de crédito financia estudos e projetos e privilegia estudos consonantes com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, com base no Protocolo de Kioto.

A taxa nominal de juro é de 6,00% a.a. para todas as modalidades de projetos, exceto da modalidade Saneamento integrado cuja taxa nominal de juro é de 5,0% a.a.. A CEF é remunerada à base de 2,00% sobre o saldo devedor.

A contrapartida mínima é de 5,00% sobre o valor do investimento para tomadores de empréstimos do setor público em todas as modalidades de projetos, à exceção dos empreendimentos de abastecimento de água, para os quais a contrapartida mínima é de 10,00%. No caso dos tomadores do setor privado, a contrapartida mínima é 20,00% do investimento.

Ainda como características dos empréstimos, a carência corresponde ao prazo contratualmente previsto para a execução de todos os serviços do empreendimento, acrescido de quatro meses e limitando-se a quarenta e oito meses a partir da assinatura do contrato. Essa carência pode ser prorrogada por um prazo igual à metade da carência que tiver sido originalmente contratada. Os prazos de pagamento obedecem aos seguintes critérios:

(i) Em projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de águas pluviais e saneamento integrado: até 240 meses;

(ii) Em projetos de manejo de resíduos sólidos, manejo de resíduos da construção e demolição: até 180 meses;

(iii) Em ações de desenvolvimento institucional e preservação e recuperação de mananciais: até 120 meses; e

(iv) Em estudos e projetos: até 60 meses.

Por fim, a taxa de risco de crédito, em nenhuma hipótese superior a 1,00%, depende do resultado da análise cadastral do tomador do empréstimo.

5.9.3. Recursos do Orçamento Geral da União

Os recursos para empreendimentos municipais na área de Saneamento fluem de acordo com os critérios estabelecidos no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC 2, sob administração do Ministério das Cidades e da Funasa.

- **Ministério das Cidades**

Os recursos administrados pelo Ministério das Cidades são operacionalizados pela Caixa Econômica Federal – CEF e assistem aos municípios, estados, Distrito Federal, além dos consórcios públicos.

Foi estabelecida, no contexto do PAC-2, uma divisão do território nacional de acordo com o critério demográfico, do modo como é apresentado no Quadro 62**.**

Quadro 62 - Grupos integrantes do PAC-2

GRUPO	INTEGRANTE
I	Regiões metropolitanas e municípios com população superior a 70 mil habitantes nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste e superior a 100 mil habitantes nas regiões Sul e Sudeste.

II	Municípios com população entre 50 e 70 mil habitantes, nas regiões: Norte, Nordeste e Centro Oeste e municípios com população entre 50 e 100 mil habitantes nas regiões Sul e Sudeste.
III	Municípios com população inferior a 50 mil habitantes, em qualquer região.

Fonte: Portaria MC-40

O percentual de contrapartida depende do Índice de Desenvolvimento Humano – IDH. Os pleitos são encaminhados à Secretaria Nacional de Saneamento, órgão da estrutura do Ministério das Cidades, com base nos termos da Portaria nº40. Essa Portaria deu aprovação ao Manual de Instruções de Contratação das Obras do PAC-2.

- **Fundação Nacional da Saúde (Funasa)**

À Funada cabe atender os municípios com população inferior a 50 mil habitantes com base no censo demográfico de 2010, e que não integrem uma Região Metropolitana, para financiar empreendimentos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. A hierarquização dos projetos para receber apoio do programa depende essencialmente de:

(i) O município contar com projetos de engenharia devidamente elaborados e com assegurada viabilidade das obras;

(ii) O município estar adequadamente estruturado para a gestão de serviços públicos de saneamento básico com entidade ou órgão especializado, autarquia, empresa pública, sociedade de economia mista, consórcio público, e concessão regularizada quando indicado;

(iii) O empreendimento guardar relação de complementaridade com empreendimentos inseridos na primeira fase do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC1);

(iv) A missão do empreendimento caracterizar-se pela promoção da universalização do abastecimento de água;

(v) O município caracterizar-se por elevado risco de transmissão de enfermidades decorrentes da falta ou inadequação das condições de saneamento, em especial, esquistossomose, tracoma e dengue, consoante a classificação do Ministério da Saúde;

(vi) O município figurar entre os de mais baixos Índices de Desenvolvimento Humano – IDH e apresentar baixa taxa de cobertura do serviço de abastecimento de água;

(vii) O município apresentar alta (entre as maiores) Taxa de Mortalidade Infantil – TMI; segundo dados do Ministério da Saúde;

(viii) O município ser inserido em bolsão de pobreza entre os identificados pelo Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome – MDS;

(ix) O município possuir Plano Municipal de Saneamento, elaborado ou esse Plano estar em curso de elaboração, nos moldes de Lei nº 11445/2007; e

(x) O município ter os dados atualizados no SNIS.

As propostas são apresentadas ao Grupo Executivo do Programa de Aceleração do Crescimento – GEPAC e pré-selecionadas de acordo com os critérios de hierarquização acima relacionados e com os limites de recursos disponíveis no Orçamento.

- **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES**

O BNDES é fonte de recursos financeiros para o Saneamento Básico apoiando projetos e programas a entidades de direito público ou privado. Entre os diversos tipos de ação que são passíveis de financiamento destacam-se o abastecimento de água, o esgotamento

sanitário; o tratamento de efluentes e resíduos industriais, além do manejo e destinação de resíduos sólidos, a gestão de recursos hídricos, o aperfeiçoamento de tecnologias e processos, passando pela recuperação de áreas ambientalmente degradadas, pelo desenvolvimento institucional, e estendendo-se à despoluição de bacias que já contem com seus comitês constituídos e à macrodrenagem.

Podem se candidatar a receber o apoio do BNDES sociedades com sede e administração no País, de controle nacional ou estrangeiro, empresários individuais, associações, fundações e pessoas jurídicas de direito público.

No que se refere a contrapartidas, o teto de participação do BNDES nos itens financiáveis dos projetos é de 80,00%, podendo ser ampliado para a totalidade da necessidade recursos nos casos em que o tomador do empréstimo tenha adquirido o terreno com recursos próprios com uma antecedência mínima de 180 dias em relação à data do protocolo da consulta prévia ao Banco.

- **Ministério da Justiça**

A atuação do Ministério da Justiça é baseada no papel do Fundo de Defesa de Direitos Difusos – FDDD. O mencionado Conselho publica editais de chamamento a propostas nas áreas de meio ambiente, proteção e defesa do consumidor, além de trabalhos voltados para a defesa da concorrência, defesa do patrimônio cultural brasileiro e outros direitos difusos.

O FDDD foi criado por meio da Lei Federal nº 7.347/1985, e tem como recursos os que resultam de condenações judiciais e multas impostas aos responsáveis por lesões ao meio ambiente, ao consumidor, à ordem econômica e a outros interesses difusos e coletivos.

Podem ser contempladas com recursos do FDDD instituições governamentais da administração direta ou indireta das três esferas de Poder, organizações não governamentais brasileiras sem fins lucrativos e com atuação no campo da gestão ambiental, da defesa do consumidor, de bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico ou paisagístico. Particularmente, são apoiados por essa fonte trabalhos relativos a manejo e gestão de resíduos sólidos em áreas urbanas e rurais, que contribuam para a redução, reutilização e reciclagem de lixo, além da promoção de políticas ambientalmente adequadas.

Os recursos são aprovados a partir da análise de carta-consulta do interessado ao Conselho Federal Gestor do Fundo de Defesa dos Direitos Difusos – CFDD. Nessa consulta, deve ser especificada a contrapartida, que pode ser sob a forma de prestação pecuniária e/ou de bens e serviços economicamente mensuráveis. O percentual da contrapartida pode ser alterado a cada ano em função da Lei de Diretrizes Orçamentárias.

5.9.4. Recursos de fontes do Estado da Bahia

Embora o Estado da Bahia não conte com uma expressiva quantidade de fontes de apoio financeiro para o Saneamento, o que sucede também com todas as demais unidades da Federação, é importante considerar, no contexto da elaboração do PMSB de Feira de

Santana, a possibilidade de contar com recursos de pelo menos uma fonte que é o Fundo Estadual de Recursos – FERHBA.

O FERHBA foi criado pela Lei nº 8.194, de 21 de janeiro de 2002, e alterado pelas Leis nº 11.612, de 08 de outubro de 2009 e 12.377 de dezembro de 2011. Trata-se de um fundo patrimonial vinculado à Secretaria de Meio Ambiente – Sema que apoia a implementação dos programas, projetos e ações da Política Estadual de Recursos Hídricos.

O FERHBA foi regulamentado por meio do Decreto nº 12.024, de 25 de março de 2010´. Seu Conselho Deliberativo é integrado por representantes da Sema, Inema e Cerb, e por dois representantes do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH, sendo um dos setoresusuários da água, e um da sociedade civil.

As receitas do Fundo provêm de: (i) Os recursos decorrentes da cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado; (ii) Até 20,00% dos recursos recebidos pelo Estado da Bahia da compensação financeira pela exploração dos recursos hídricos (Constituição Federal § 1º do art. 20); (iii) Transferências decorrentes de dotações orçamentárias; (iv) Os rendimentos de qualquer natureza derivados de aplicação de seu patrimônio; (v) Os recursos provenientes de acordos, convênios, contratos ou consórcios; (vi) Os recursos provenientes de ajuda ou cooperação internacional e de acordos entre Governos na área de recursos hídricos; (vii) Doações e contribuições recebidas; e (ix) Outras receitas destinadas por lei.

De outro lado, entre os empregos dos recursos do FERHBA alinham-se:

- Estudos, programas, projetos, pesquisas e obras no setor de recursos hídricos;
- Desenvolvimento de tecnologias para o uso racional das águas;
- Operação, recuperação e manutenção de barragens;
- Projetos e obras de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário;
- Melhoria da qualidade e elevação da disponibilidade da água;
- Comunicação, mobilização, participação e controle social para o uso sustentável das águas;
- Educação ambiental para o uso sustentável das águas;
- Fortalecimento institucional;
- Capacitação e treinamento dos integrantes do SEGREH; e
- Custeio do Sistema Estadual Gestão de Recursos Hídricos – SEGREH.

Conforme se percebe, as ações de um PMSB se enquadram em várias das aplicações acima enumeradas. Daí, a complementação dos recursos para a implementação do referido Plano deve ser buscada junto ao FERHBA. Para tanto, é desejável, e mesmo necessário, que essa indicação esteja feita em Planos de Bacia cujos corpos d'água sejam de domínio estadual e BA.

5.9.5. Fontes internacionais de recursos

Agências de fomento e bancos internacionais têm tradicionalmente aportado recursos para o setor de infraestrutura em geral e para o Saneamento Básico, em particular, no Brasil. Muito dos avanços das taxas de cobertura dos serviços de Saneamento no País foi realizado, por exemplo, mediante o apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID.

Duas outras instituições internacionais que apoiam os empreendimentos em Saneamento no Brasil são o Banco Internacional da Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD (Banco Mundial), e o Banco do Japão para a Cooperação Internacional – JBIC. As vantagens em contratar empréstimos com qualquer das mencionadas instituições internacionais está no baixo custo do dinheiro, cuja taxa de juro é baseada na *Libor* acumulada a cada três ou seis meses a depender da instituição com que se negocie. Os prazos de financiamento são longos, podendo chegar a 30 anos, com carência de até cinco anos. No caso dos financiamentos em moeda estrangeira há, no entanto, a desvantagem do risco cambial que pode onerar significativamente o saldo devedor dos empréstimos. A política cambial, baseada no regime de câmbio flutuante, está atrelada aos objetivos macroeconômicos que, eventualmente, impõem a necessidade de uma desvalorização do Real frente ao dólar, encarecendo os saldos devedores dos empréstimos.

5.9.6. Outras fontes

Há ainda algumas outras fontes de recursos que devem ser levadas em consideração. Entre essas fontes, a participação do capital empresarial tem sido uma modalidade de apoio financeiro a que muito se tem recorrido nos últimos anos dada à escassez de recursos públicos no Brasil. Adicionalmente, o capital individual dos proprietários de imóveis urbanos também pode ser estimulado a participar do esforço de construção de obras de infraestrutura, sendo necessário, para tanto, que o seu imóvel se beneficie da valorização trazida pela obra. Comenta-se, brevemente, à continuação, cada uma dessas fontes.

5.9.6.1. Participação do capital privado

O capital privado pode agregar-se ao esforço de implantação e operação de sistemas de infraestrutura de várias formas. Sem o objetivo de esgotar o tema por falta de espaço no presente trabalho, tecem-se breves comentários sobre as modalidades mais recorrentes dessa participação.

(i) Parcerias Público-Privadas

Trata-se de um contrato administrativo de concessão de serviços públicos regido pelos termos da Lei Federal nº 11.079, de 2004, admitindo as modalidades PPP – Patrocinada e PPP – Administrativa.

Na concessão patrocinada, o governo apoia o parceiro privado, em geral com financiamento do BNDES a juros módicos. Nos últimos anos, os recursos do BNDES provinham do Tesouro Nacional que emitia títulos da Dívida Pública a juros mais altos para formação da massa de recursos. Nesse regime de concessão de serviço ou de obra pública, além da tarifa cobrada dos usuários ou consumidores, o parceiro privado recebe do parceiro público a contraprestação pecuniária.

Na concessão administrativa, o parceiro privado é remunerado exclusivamente pelos recursos públicos orçamentários.

(ii) Build-Own-Transfer (BOT), Build-Transfer-Operate (BTO) e Build-Own-Operate (BOO)

Essas modalidades de contrato são utilizadas para a obtenção de recursos privados objetivando a construção de um novo sistema, como, por exemplo, estações de tratamento de água ou esgoto. Nos contratos da modalidade BOT, a firma implanta o sistema com seus próprios recursos e se ocupa da operação durante um determinado período, após o qual a propriedade é transferida para a Administração Pública. Ainda nessa modalidade contratual, o governo assegura um piso mínimo de remuneração à empresa privada contratada mediante a compra de uma quantidade do serviço prestado.

As modalidades contratuais BTO e BOO são variantes da BOT. Nos contratos sob regime de BTO, a firma contratada emprega seus próprios recursos, ou obtém financiamento para a construção do sistema e imediatamente o transfere para o governo. Uma vez concretizada essa transferência, o governo aluga à empresa as instalações para que esta opere os serviços e se remunere via a tarifação.

A contratação do tipo BOO somente difere da contratação BTO na circunstância de a firma não transferir a propriedade do sistema imediatamente após sua implantação. Nesse caso, a empresa promoverá a exploração dos serviços mediante a obtenção das licenças competentes. Em caso de insatisfação do Poder Público com o desempenho operacional da empresa, o serviço pode ser interrompido e as instalações indenizadas e expropriadas.

(ii) Concessões

Nos contratos de concessão, regidos pelas Leis Federais nºs 8.987, de 13 de fevereiro de 1995 e 9.074 de 7 de julho do mesmo ano, o poder público estabelece as regras sobre a qualidade dos serviços e sobre a composição das tarifas. Com base nesses elementos, é transferida para o contratado a responsabilidade da operação e manutenção, além do custeio dos investimentos necessários durante um período determinado ao longo do qual o contratado se remunera mediante a cobrança de tarifa.

(iv) Caso especial de participação do capital privado: expansão urbana

A responsabilidade da implantação de infraestrutura de Saneamento em novos loteamentos foi atribuída ao empreendedor desde 1979 nos termos da Lei Federal nº 6.766. Essencialmente, o loteador deve executar as redes e ligações e, dependendo do caso, as plantas potabilizadoras e/ou de tratamento de efluentes.

É necessário, portanto, que o empreendedor ofereça ao Pode Municipal a garantia da execução dessas obras, cujos projetos são aprovados pelos Poderes Públicos, estadual e municipal, de acordo com a temática de cada secretaria (meio ambiente, uso do solo entre outras).

5.10. Contribuição de melhoria

A contribuição de melhoria está prevista na Constituição Federal de 1988[7] e foi regulamentada pelo Código Tributário Nacional. Esse tributo pode ser cobrado pela União, estados e municípios no âmbito de suas atribuições e destina-se a cobrir o custo de obras públicas geradoras de valorização imobiliária, limitando-se ao total da despesa realizada e, em termos individuais, ao acréscimo de valor que venha a propiciar ao imóvel. Conforme se percebe, trata-se de uma externalidade positiva que beneficia a região da obra realizada, valorizando as construções vizinhas a esta. Os proprietários dos imóveis dessa vizinhança, beneficiados que são, tornam-se os beneficiários-pagadores.

As receitas advindas desses dois tributos podem ser aplicadas em favor de obras de infraestrutura, aí incluídos os serviços e obras de abastecimento de água potável, esgotos, drenagem e muitas outros tipos de obras que deixam de ser mencionados neste texto por não estarem diretamente relacionadas com o Saneamento Básico. Presentemente, por exemplo, vários municípios têm-na utilizado para fazer face aos custos com a pavimentação de ruas.

5.11. Plano comunitário de melhoria

À semelhança da Contribuição de Melhoria, trata-se de um instrumento voltado para dar viabilidade à execução de obras e melhoramentos públicos de interesse do município e da comunidade. Do Plano Comunitário de Melhoria participam a Prefeitura Municipal, que define o projeto e suas especificações, os contribuintes interessados na melhoria, a empresa que executa a obra e o agente financeiro, normalmente um banco onde a conta-corrente da Prefeitura seja movimentada.

Uma vez definido o projeto, é procedido a um chamamento cadastral das empresas que tenham interesse em participar da licitação. Depois de selecionadas por meio da licitação, as próprias empresas buscam a adesão dos munícipes. Quando se alcançam 70% da cobertura dos custos previstos, dá-se partida nas obras, o que é indicativo de que o Poder Público Municipal arcará com 30% do referido custo. Os contratos dos munícipes são individualmente firmados com a empresa que executará a obra em seu logradouro ou com o agente financeiro.

[7] Art. 145, inciso I.

6. PLANOS DE AÇÕES

Esse item será agrega aos relatórios das bacias do Subaé, Jacuípe e Pojuca, visto que esse item precisará abordar o conjunto de bacias e não uma delas de forma isolada. Sendo assim, o item será complementado após ao final da formulação dos programas das bacias Subaé, Jacuípe e Pojuca, realizados e entregues separadamente seguindo o estabelecido pelo TR.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Atlas de Vulnerabilidade a Inundações**. Brasília: ANA, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Manual Operativo do Programa Produtor de Água**. Brasília: ANA, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Portal HidroWeb**. Distrito Federal, ANA, 2021. Disponível em: < www.snirh.gov.br/hidroweb/>

BRASIL, MINITÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Disponível em < CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais > Acesso em 15 mar 2021.

CANHOLI, A. P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 384 f.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

COFFMAN, L. *et al.*Low-Impact Development: Hydrologic Analysis and Design. Em: LOUCKS, Eric D (Comp.). Water Resources and the Urban Environment. Illinois: Asce, p. 1-35. 1998.

CONTADOR, C. R. ***Projetos Sociais: Avaliação e Prática. Impacto Ambiental. Externalidades. Benefícios e Custos Sociais***. Atlas. 3ª Ed. São Paulo. 1997.

DHI, M., MOUSE Pipe Flow Reference Manual. DHI, Denmark. 2012

DISTRITO FEDERAL. Diretrizes Urbanísticas Região Sul/Sudeste: Regiões Admnistrativas de Santa Maria e São Sebastião. Brasília, 2013.

FCTH, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP). Disponível em https://www.saisp.br/estaticos/sitenovo/home.xmlt. Acesso em 15 mar 2021.

FENDRICH, R. et al. **Drenagem e controle da erosão urbana**. Curitiba: Champagnat. 4ª ed., 1997, 486 p.

FUNDAÇÃO ESCOLA POLITÉCNICA – FEP. ***Diagnóstico das Conseqüências das Fortes Chuvas do período de 23/01/2020 a 26/01/2020, no município de Feira de Santan****a*. Feira de Santana. Fevereiro/2020.

GARRIDO, Ra. J. S. *Análise de Custos e Benefícios Sociais e Privados de Sistemas Centralizadores de Tratamento de Efluentes Industriais: o caso do Polo Petroquímico de Camaçari*. **Dissertação de Mestrado**. UFBA. Salvador, 1989.

GRUPO DE PESQUISA EM RECURSOS HÍDRICOS – GPRH. **Plúvio 2.1**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2021. Disponível em: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>

GUTIERREZ, A. I. R.; RAMOS, I.C. Manual de drenagem sustentável. Ebook, 2019.

GUTIERREZ, A. I.R.; RAMOS, I. C.Drenagem urbana sustentável para a concretização de metas de ODS/ONU. *ArchDaily Brasil*, 04 jul. 2019 <https://bit.ly/2QHpSBG>;

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA. **Sala de Situação de Monitoramento Ambiental**. Bahia: INEMA, 2021. Disponível em: < http://www.inema.ba.gov.br/sala/>

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA. **Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos (SEIA)**. Bahia: INEMA, 2021. Disponível em: < http://monitoramento.seia.ba.gov.br/login.xhtml>

IWASA, O. Y. E FENDRICH, R. Controle de erosão urbana. In: Oliveira, A. M. S. e Brito, S. N. A. (editores). **Geologia de Engenharia**. 2º reimpressão, ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, 271-281, 2001.

MIGUEZ, M.G.; MASCARENHAS, F.C.B.; MAGALHÃES, L.P.C. Multifunctional landscapes for urban flood control in developing countries. In: **Second International Conference on Sustainable Planning & Development**, 2005, Bologna/Italy. Proceedings of the Sustainable Planning 2005. Southampton and Boston: WItpress – Wessex Institute of Technology.

PARKINSON, J. & MARK, O. Urban Stormwater Management in Developing Countries. 2nd edition, **IWA Publishing**, London. 2012

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Acompanhando a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável: subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável/**Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília**: PNUD, 2015. 291 p. Il. Color.

QUADROS, K. M. (Engenheira Sanitarista e Ambiental). *Projeto Base para Contratação de Empresa Especializada na Coleta, Transporte, Tratamento e Destino Final dos Resíduos Sólidos Domésticos, Serviços de Varrição Pública e Serviço de Apoio do Município de Capinzal (Santa Catarina)*. Capinzal – SC. 2017.

RIGHETTO, A. M. (org.). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396 p.

RIO GRANDE DO SUL, SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. **Sistema Estadual de Gestão Integrada de Risco de Desastres**. Disponível em https://sema.rs.gov.br/sistema-estadual-de-gestao-integrada-de-risco-de-desastres. Acesso em 16 mar 2021.

RODRÍGUEZ, A.; LLORT, X.; SANCHO, D.; SÁNCHEZ-DIEZMA, R.; BELLA, R.; AND GOMEZ, V., "**Hidromet: A Cloud-Based EWS Platform For Real Time Urban Flood Warning**" (2014). *CUNY Academic Works.*

SÃO PAULO, Prefeitura Municipal de Osaco. Plano Municipal de Drenagem Urbana de Osasco, 2016.

SEDUR/GEOHIDRO. **Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário - PEMAPES**. Salvador: SEDUR, 2010.

SEDUR/GEOHIDRO. **Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário - PEMAPES**. Salvador: SEDUR, 2010.

UNISDR (2009) Terminology on Disaster Risk Reduction, http://www.unisdr.org/eng/terminology/UNISDRterminology-2009-eng.pdf,Accessed 27 July 2014.