



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

**A BACIA DO RIO FRAGOSO EM OLINDA-PE:
DRENAGEM E GESTÃO AMBIENTAL**

Marcos José Vieira de Melo

Dissertação de Mestrado

Recife, 07 de novembro de 2003

Marcos José Vieira de Melo

**A BACIA DO RIO FRAGOSO EM OLINDA-PE:
DRENAGEM E GESTÃO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil na área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

Orientador:

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Co-Orientadora:

Profa. Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Recife, 07 de novembro de 2003

Melo, Marcos José Vieira de

A bacia do rio Fragoso em Olinda-PE: drenagem e gestão ambiental / Marcos José Vieira de Melo. Recife: O Autor, 2003.

XI,183 folhas: il., fig., mapas, fotos, tab. e graf.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil, 2003.

Inclui bibliografia e anexos.

**1. Hidrologia – Estruturas Hidráulicas.
2. Drenagem e gestão ambiental – Rio Fragoso, Olinda-PE. I. Título.**

626.86

CDU (2.ed.)

UFPE

627.54

CDD (21.ed.)

BC2003-434

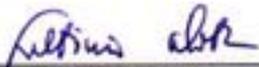
MARCOS JOSÉ VIEIRA DE MELO

A BACIA DO RIO FRAGOSO EM OLINDA: DRENAGEM E GESTÃO AMBIENTAL

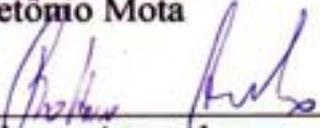
Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

Concluída a argüição, procedeu-se ao julgamento na forma regulamentar, tendo a comissão julgadora considerado o candidato:

BANCA EXAMINADORA:



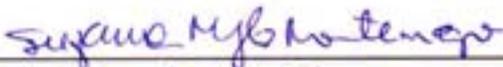
Prof. Dr. Suetônio Mota (APROVADO)



Prof. Dr. Roberto Azevedo (APROVADO)



Prof. Dr. Jaime Cabral (APROVADO)



Profa. Dra. Suzana Montenegro (APROVADO)

Recife, 07 de novembro de 2003.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, João Bosco (in memoriam) e Josélia, em retribuição à dedicação e incentivo de suas vidas à educação e formação dos seus filhos;

Aos meus professores, pelo esforço e disposição que transmitiram seu saber;

A minha esposa, Katia, pela paciência, incentivo e dedicação;

Aos meus filhos, Marcos Junior e Fábio, pela alegria de minha vida.

AGRADECIMENTOS

- ❖ Ao Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral, pela dedicação na orientação desse trabalho e pela confiança depositada durante todo o curso e elaboração da dissertação.
- ❖ À Profa. Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro, pela atenção, conselhos, orientação, colaboração, incentivo e pela solidariedade nas horas mais difíceis.
- ❖ Ao Prof. Dr. Raymundo Nonato Serrano, pelos valiosos ensinamentos, valiosa revisão dos textos, pela mais sincera amizade, apoio e incentivo.
- ❖ Ao Prof. Dr. Ricardo Braga, que mesmo se encontrando em outro estado e com o tempo totalmente preenchido, atendeu aos pedidos de apoio de um amigo.
- ❖ Ao Prof. Dr. Ruskin Freitas, que além do incentivo contribuiu com seu apoio na busca de temas semelhantes ao tema pesquisado.
- ❖ Aos meus colegas de sala de aula, em especial ao Engenheiro Civil João Salgueiro, que sempre estava atento a textos e matérias sobre o tema de dissertação.
- ❖ À Diretoria do Meio Ambiente da Prefeitura de Olinda, em especial à Diretora na pessoa da Dra. Maria Lúcia de Oliveira, pelo apoio e pelas informações cedidas.
- ❖ A Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife - FIDEM, e em especial aos funcionários Cristina Percínio, Maria Paula Santos e Jasmina Câmara que, com paciência e dedicação, nos ajudaram e forneceram o material de pesquisa solicitado.
- ❖ À Companhia Independente de Policiamento do Meio Ambiente – CIPOMA, em especial ao Tenente PM Fábio Reis dos Santos, que acompanhou as pesquisas de campo, oferecendo segurança e meios para superar os obstáculos encontrados nas nascentes da Bacia.
- ❖ À Secretaria do Grupo de Recursos Hídricos e todo o seu pessoal, pelo apoio e solicitude.
- ❖ À DEUS, por tudo.

EPÍGRAFE

Seca d'Água

É triste para o Nordeste o que a natureza fez.

Mandou cinco anos de seca e uma chuva em cada mês.

E agora em 85 mandou tudo de uma vez.

A sorte do nordestino é
mesmo de fazer dó,
Seca sem chuva é ruim...
Mas seca d'água é pior...

Quando chove brandamente depressa
nasce um capim,
Dá milho, arroz e feijão, mandioca
e amendoim.

Mas como em 85 até o sapo achou
ruim.

Maranhão e Piauí estão sofrendo por
lá,

Mas o maior sofrimento é nessas
bandas de cá,
Pernambuco, Rio Grande, Paraíba e
Ceará.

A sorte do nordestino é
mesmo de fazer dó,
Seca sem chuva é ruim...
Mas seca d'água é pior.

O Jaguaribe inundou a cidade de
Iguatu

E Sobral foi alagada pelo Rio
Acaraú.

O mesmo estrago fizeram Salgado
e Banabuiu.

Ceará martirizado, eu tenho pena
de ti;
Limoeiro, Itaiçaba, Quixeré e
Aracati,
Faz pena ver o lamento dos
flagelados dali.

Seus doutores governantes da
nossa grande nação,
O flagelo das enchentes é de
cortar coração:
Muitas famílias vivendo sem lar,
sem roupa, sem pão.

A sorte do nordestino é
mesmo de fazer dó
Seca sem chuva é ruim...
Mas seca d'água é pior.

Patativa do Assaré

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

7º GAC/EX	Sétimo Grupo de Artilharia de Campanha (Exército Brasileiro)
ABRH	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ACQUAPLAN	Empresa de Estudos, Projetos e Consultoria
AGENDA 21	Documento assinado por mais de 170 países no RJ na ECO-92
ANA	Agência Nacional de Águas
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
CETESB	Centro Tecnológico de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
CIPOMA	Cia. Independente de Policiamento do Meio Ambiente
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONDEPE	Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
DAEE	Departamento de Água e Energia do Estado de São Paulo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNOCS	Departamento Nacional de Obras contra a Seca
ECO-92	Conferência Mundial de Meio Ambiente (RJ 1992)
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
FIDEM	Fundação de Desenvolvimento Municipal
FINAME	Financiamento para aquisição de máquinas e equipamentos
FINEM	Financiamento para empreendimentos inclusive aquisição de máquinas e equipamentos
FPA	Frente Polar Atlântica
FUNDAP	Fundação do Desenvolvimento Administrativo do Estado de São Paulo
GL	Grupo de Rios Litorâneos
GM	Gabinete do Ministro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IISD	Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável do Canadá
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS
ISO	International Organization for Standardization
MINTER	Ministério de Estado do Interior
NBR	Normas Técnicas Brasileiras
NMP	Número mais provável de organismos por 100ml
OD	Oxigênio Dissolvido
OEMA	Organizações Especiais do Meio Ambiente
PCA	Plano de Controle Ambiental
PERH-PE	Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco
PRONAR	Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar.
RMR	Região Metropolitana do Recife
RPA	Rede de pontos de amostragem
SECTMA	Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco.
SEMA	Secretaria de Meio Ambiente das Cidades de Olinda e do Paulista
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UP	Unidade de Planejamento
USBR	United State Bureau of Reclamation

S U M Á R I O

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 A Água em Nosso Mundo	1
1.2 Recursos Hídricos no Brasil	4
1.3 Recursos Hídricos em Pernambuco	5
1.4 Recursos Hídricos em Olinda	6
1.5 Recursos Hídricos na Bacia do Rio Fragoso	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos	10
3. METODOLOGIA	11
3.1 Procedimentos	11
3.2 Etapas Desenvolvidas	12
3.3 Desenvolvimento dos Trabalhos	13
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4.1 O Espaço Urbano	14
4.2 A Urbanização na Drenagem da Bacia Hidrográfica	20
4.3 A Gestão Ambiental e o Espaço Urbano	28
5. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA	38
5.1 Situação da Bacia	38
5.2 Geologia	38
5.2.1 Estrutura	38
5.3 Precipitação, pluviometria e estimativa de vazão.	52
5.3.1 escoamento superficial	52
5.3.2 Métodos de dimensionamento das descargas	57
5.3.3 Exemplo de cálculo de uma descarga de pico em trecho do Rio Fragoso em Olinda	65
5.4 Qualidade da Água	71

5.5 Cobertura Vegetal	78
6. DRENAGEM URBANA NA BACIA DO RIO FRAGOSO.....	80
6. DRENAGEM URBANA NA BACIA DO RIO FRAGOSO.....	80
6.1 A Microdrenagem	81
6.1.1 Construção usual das bocas coletoras	83
6.1.2 Patologias mais freqüentes.....	87
6.1.2.1 Esmagamento de bocas coletoras	88
6.1.2.2 Furto de tampa de inspeção (vandalismo)	89
6.1.2.3 Redução proposital de abertura de entrada	90
6.1.2.4 Posicionamento incorreto favorecendo sua deterioração	90
6.1.2.5 Choques no Guia Chapéu	91
6.1.2.6 Desmoronamento da soleira da sarjeta	93
6.1.2.7 Acúmulo de sedimentos e de vegetação no acesso da boca coletora.	93
6.1.2.8 Obstrução por lixo	94
6.1.2.9 Agressão por resíduos e produtos químicos perigosos	95
6.1.3 Correção para as Patologias Observadas	96
6.1.3.1 Tampas de inspeção	96
6.1.3.2 Guias Chapéu e lajes superiores	98
6.1.3.3 Lajes de fundo	100
6.1.3.4 Prolongamento interior ou “Caixa de Coleta”	101
6.1.3.5 Disposição das bocas coletoras	102
6.1.3.6 Caminhos possíveis para a microdrenagem	102
6.2 A Macrodrenagem	103
6.2.1 As enchentes e o planejamento urbano.....	104
6.2.2 População brasileira e de Olinda e a taxa de urbanização	117
6.2.3 Problemas básicos.....	118
6.2.4 Planejamento do gerenciamento da água no meio urbano de Olinda	119
6.2.5 Políticas de controle ambiental e de drenagem urbana	123
6.2.6 Atividades imediatas para o problema da macrodrenagem	126
7. GESTÃO AMBIENTAL	129
7.1 Legislação Ambiental.....	129
7.1.1 Âmbito federal.....	130
7.1.2 Âmbito estadual	136
7.1.3 Âmbito do Município do Paulista.....	138
7.1.4 Âmbito do Município de Olinda	141
7.2 Problemas Ambientais da Bacia do Rio Fragoso	142
7.2.1 Urbanização.....	142
7.2.2 Problemas básicos.....	144
7.2.3 Identificação das áreas	145
7.2.4 Discussão de possíveis soluções	154
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	157

8.1 PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES	157
8.1.1 NA MICRODRENAGEM	157
8.1.2 NA MACRODREGEM.....	158
8.1.3 NA GESTÃO URBANA.....	158
9. ABSTRACT.....	163
10. REFERÊNCIAS.....	164
11. ANEXOS	172
Anexo 1 - Relação do material cartográfico analisado, cedido pela FIDEM.....	173
Anexo 2 - Relação da documentação solicitada à FIDEM.....	174
Anexo 3 – N° da curva do escoamento superficial p/os grupos hidrológicos.	177
Anexo 4 - Qualidade das águas em dois períodos analisados pelo CPRH.	178
Anexo 5 – Arquivo de Pluviometria Histórica do Posto de Olinda.	180
Anexo 6 – Arquivo de Pluviometria Histórica do Posto de Recife.....	181
Anexo 7 – Arquivo de Pluviometria Histórica do Posto de Igarassu I.....	182
Anexo 8 –Aplicação do método de Thiessen.....	183

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da legislação de uso e ocupação do solo (VAZ, 1996).	18
Figura 2 – O ciclo hidrológico (Fonte: CPRM, 2003).....	20
Figura 3 - Ciclo hidrológico em sistemas de notação	21
Figura 4 - Ciclo hidrológico urbano (HALL, 1986).....	22
Figura 5 - Efeito da urbanização sobre a vazão máxima.....	23
Figura 6– Efeito da urbanização em uma bacia hidrográfica.....	25
Figura 7 – Região Hidrográfica Costeira do Nordeste Oriental.	39
Figura 8 – Bacias Hidrográficas de Pernambuco(GI1).....	40
Figura 9 – Mapa de Situação da Bacia do Rio Frágoso.	41
Figura 10 – Unidades litoestratigráficas da Faixa Sedimentar Norte (PE).....	42
Figura 11– Limites da Bacia Hidrográfica do Rio Frágoso.....	44
Figura 12 – Limites das Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Frágoso.	46
Figura 13 – Dados pluviométricos mensais adaptados	48
Figura 14– Dias de chuva por mês, adaptado	49
Figura 15 – Dados pluviométricos mensais da Climatologia Global	49
Figura 16 – Dados extraídos dos postos do Recife, Olinda e Igarassu.....	50
Figura 17 – Dados do posto de Olinda.....	50
Figura 18 – Variação mensal da umidade relativa do ar da RMR adaptado	51
Figura 19– Variação mensal da temperatura do ar da RMR adaptado	51
Figura 20 – Curva de Intensidade – Duração – Frequência.....	55
Figura 21 - Hidrograma Sintético Unitário de Snyder.	68
Figura 22– Diagrama Unifilar - Bacias Rio Paratibe/Rio Frágoso.....	72
Figura 23 – Diagrama Unifilar (Bacias dos Rios Paratibe e Frágoso).....	75
Figura 24– Mapa da cobertura vegetal (Fonte: FIDEM 1995)	79
Figura 25 - Jornal do Comércio, de grande circulação em PE (11/02/2002).....	82

Figura 26 - Boca coletora em corte lateral.	84
Figura 27- Boca coletora em planta baixa.....	85
Figura 28 - Boca coletora em planta de corte transversal.	85
Figura 29 - Forma e dimensionamento do guia chapéu.	86
Figura 30- Forma e dimensionamento da tampa.....	86
Figura 31 - Forma e dimensionamento da tampa.....	87
Figura 32- Planta baixa de boca coletora usualmente construída.	87
Figura 33- Boca coletora esmagada e furto da tampa de inspeção.	88
Figura 34- Boca coletora e tampa esmagadas com perda total.	88
Figura 35 - Tampa de inspeção furtada (Olinda, jul/2002).	89
Figura 36- Tampa de inspeção criminosamente invertida (Olinda, jul/ 2002).	89
Figura 37- Redução da abertura da boca coletora (Olinda, jul/2002).....	90
Figura 38- Modificação da abertura da boca coletora (Olinda, jul/2002).....	90
Figura 39- Laje superior de boca coletora destruída no tráfego de pedestre	91
Figura 40- Posição de bocas coletoras fácil ao tráfego de pedestres, não a veículos. ...	92
Figura 41- Ferros corroídos de boca coletora com risco para pedestres.....	92
Figura 42- Ferros aparentes de boca coletora em grave risco para pedestres.....	93
Figura 43- Boca coletora com acúmulo de sedimentos e de vegetação.	94
Figura 44 – Lixo em boca coletora - falta de manutenção e educação ambiental.	95
Figura 45. Tampa de boca coletora sendo lançada em seu interior.....	96
Figura 46- Planta de boca coletora com tampa circular	97
Figura 47-Corte lateral da tampa de inspeção da figura anterior.....	97
Figura 48- Planta baixa da boca coletora.....	99
Figura 49- Planta de armação dos ferros da boca coletora.	99
Figura 50- Planta de armação dos ferros da guia chapéu.	100
Figura 51- “Boca Coletora Realimentadora” de lençol freático em corte lateral	101
Figura 52- Posicionamento de boca coletora adequada à largura da calçada.....	102

Figura 53: Mapa das áreas alagáveis e alagadas na Bacia do Rio Fragoso.	106
Figura 54 - Mapa de destaque das áreas de risco na Bacia do Rio Fragoso	107
Figura 55 - Avenida Getúlio Vargas, uma das principais de Olinda.....	108
Figura 56 - Trecho da Rua Elesbão de Castro, em Olinda.....	109
Figura 57 - Conjunto habitacional recentemente construído em Olinda.....	110
Figura 58 - Acesso às ruas do Bairro do Jardim Fragoso.....	110
Figura 59 - Rua Pintor Manoel Bandeira, em Casa Caiada.....	111
Figura 60 - Prejuízos ao comércio na Av. Gov. Carlos de L. Cavalcante.	111
Figura 61 – Outro trecho da Av. Carlos de Lima Cavalcante.....	112
Figura 62 - Lixo acumulado na ponte da Av. Bultrins.....	112
Figura 63 – Outro ângulo da mesma ponte.....	113
Figura 64 – Trecho do Canal dos Bultrins anexo à Av. Beira Canal.....	113
Figura 65 - Trecho do Rio Fragoso na ponte de acesso do Bairro do mesmo nome..	114
Figura 66 - Trecho do Fragoso, onde as construções ficaram ilhadas.....	114
Figura 67 - Visão da área de várzea do Bairro do Fragoso.	115
Figura 68 - Rua Pedro Álvares Cabral, totalmente impedida de tráfego.	115
Figura 69 - Trecho do Rio Fragoso antes da Rua Pedro Álvares Cabral.	116
Figura 70 - Ponte sobre o Rio Doce.....	116
Figura 71 - Mapa de relevo: planícies e morros de Olinda.....	123
Figura 72 - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	129
Figura 73– Casebre à margem esquerda da nascente do Riacho da Mirueira.....	146
Figura 74– Utilização de encostas das nascentes do Riacho da Mirueira onde antes existiam matas ciliares.	147
Figura 75 – Criação animal em áreas adjacentes às nascentes do Riacho da Mirueira.	147
Figura 76- Poço raso ou cacimba muito comum nas adjacências à nascente do Riacho da Mirueira.....	148
Figura 77 – Resíduos sólidos de abatedouro animal próximo à nascente do Riacho da Mirueira.....	149

- Figura 78–** Apreensão de gaiolas (caça a pássaros) em estrada da Mata do Ronca. . 150
- Figura 79–** Canaleta partindo de boca coletora para o Riacho do Bultrins. 153
- Figura 80–** Dragagem de rio no trecho do Rio Doce, afluente do Rio Fragoso. 154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Alterações do meio ambiente pela urbanização	22
Tabela 2 - Quadro resumo do histórico ambiental (SOBRAL, 2003).....	33
Tabela 3 – Bairros drenados pela Bacia do Rio Fragoso.	45
Tabela 4– Comprimento e área de drenagem da Bacia do Rio Fragoso.	47
Tabela 5– Características hidrometeorológicas da Bacia do Rio Fragoso.	47
Tabela 6– Valores do coeficiente de escoamento superficial C.	53
Tabela 7– Dados para exemplo da sistemática usual de cálculo.	65
Tabela 8– DBO entre 09/86 e 12/86 na Bacia do Rio Fragoso	72
Tabela 9– OD entre 09/86 e 12/86 na Bacia do Rio Fragoso.....	73
Tabela 10 – NMP Coliformes Fecais/100ml, 09/86-12/86, Bacia Rio Fragoso.	73
Tabela 11 – Enquadra cursos d’água da Bacia do Rio Fragoso.....	74
Tabela 12- Monitoramento da Bacia do Rio Paratibe(GL-1)/Rio Fragoso (DBO)	76
Tabela 13 – Monitoramento Bacia do Rio Paratibe/Rio Fragoso (OD).....	76
Tabela 14 – Monitoramento Bacia Rio Paratibe/Rio Fragoso (NMP).....	77
Tabela 15 - Qualidade das águas em dois períodos analisados pela CPRH.....	77
Tabela 16 - Urbanização das populações brasileira e olindense (IBGE, 2000).....	117
Tabela 17- Taxa de urbanização por loteamento em Olinda	143
Tabela 18- Urbanização nas populações brasileira, olindense e paulistana.....	144

RESUMO

A Bacia do Rio Fragoso abrange a área de colonização e de fundação em 1536 da primeira sede da Capitania Hereditária de Pernambuco, situada no Brasil do período colonial português, correspondendo a uma área que abrange hoje o atual Município de Olinda e parte do Município do Paulista, localizadas no estado de Pernambuco.

Em face dessa sua localização histórica, vem sofrendo agressões ambientais em todos os aspectos do desenvolvimento natural comum à maioria das cidades brasileiras.

Foi constatado o estado de degradação ao longo dos anos das nascentes, córregos, canais e cursos de água da Bacia do Rio Fragoso, além disso, observou-se a destruição da Mata Atlântica e de quase todos os ecossistemas existentes.

Hoje os seus principais bairros são assolados por inundações anuais, que impedem o tráfego de veículos, prejudicam o comércio e causam diversos problemas de saúde. As causas antrópicas da degradação ambiental são: a ocupação irregular das várzeas, aterros clandestinos das áreas de mangue, ocupação desordenada das áreas de morro, deposição irregular de resíduos sólidos, falta de manutenção de bocas de lobo, galerias e canais, e realização de obras de engenharia que se tornam rapidamente obsoletas.

No trabalho foram analisadas as características da Bacia do Rio Fragoso com destaque para: a caracterização da bacia, com uma breve visão de suas particularidades e de seu posicionamento regional. Os problemas da bacia foram abordados através de estudos documental, cartográfico e também a partir do reconhecimento em campo de todo o seu percurso desde a nascente até a sua foz.

Finalmente, é sugerida a cooperação entre os diferentes agentes sociais, população e administradores públicos, com o objetivo de desenvolver estratégias e planos de trabalho que possam minorar os efeitos negativos das inundações ou mesmo recuperar o ambiente agredido, levando em consideração a microdrenagem e a macrodrenagem da bacia interligadas à sua gestão ambiental assim como um conjunto de ações a serem trabalhadas de forma unificada com o objetivo de se obter resultados satisfatórios no manejo da bacia.

1. INTRODUÇÃO

A água é o elemento essencial para a existência da vida. Desconhece-se, no universo inteiro, a existência de vida sem a presença da água.

1.1 A Água em Nosso Mundo

No início do desenvolvimento da raça humana, segundo pesquisas arqueológicas, observa-se claramente a presença do “homo sapiens” sempre nas proximidades da água.

O processo crescente de aglomeração humana através do tempo sempre foi associado ao da disponibilidade da água, inicialmente com a ocupação do solo no entorno de mananciais de água; em seguida, se fizeram necessários trabalhos que permitissem o transporte deste líquido precioso para seu consumo, muitas vezes afastado do local de sua captação. Toda a eliminação de águas servidas acontecia mediante despejo nos rios e lagos, de maneira muito simples. Assim também, todos os resíduos produzidos foram habilmente descartados através da água pelos métodos rudimentares de engenharia dos nossos antepassados mais distantes.

Foram, assim, erguidos grandes aglomerados urbanos, cada vez com maior número de habitantes, cujas ações antrópicas viriam a provocar os primeiros impactos ambientais nos recursos hídricos existentes.

Tais recursos, no entanto, que inicialmente eram tidos como inesgotáveis e dos quais o ser humano poderia dispor sem qualquer restrição, não cresciam em oferta, permanecendo estáveis desde o surgimento do homem e até, em muitos casos, sendo reduzidos por motivos naturais ou não.

Nas últimas décadas, a população do planeta apresentou pleno e acelerado crescimento demográfico e de qualidade de vida, exatamente em função da maior utilização da água, tendo seu consumo crescido mais de seis vezes entre os anos de 1900 e 1995, ou seja, mais do que o dobro das taxas de crescimento da população, aumento este justificado pela rapidez na elevação do consumo dos setores agrícolas, industrial e residencial.

Levantamentos realizados pela Organização Meteorológica Mundial das Nações Unidas indicam que 1/3 da população mundial vive em regiões de moderado

a alto stress hídrico, ou seja, com um nível de consumo superior a 20% da sua disponibilidade de água (HANKE, 2000).

As cidades surgiram desde o terceiro milênio antes de Cristo. E, desde que existem, as pessoas sentem-se atraídas pela melhor qualidade de vida que elas oferecem. Em 1800, apenas 2% da população mundial viviam em zonas urbanas. Atualmente, um pouco menos da metade de 6.000 milhões das pessoas que habitam a Terra, vive em cidades; e em 2007, será a metade a viver nelas (ONU, 2003).

No encontro de cúpula do Milênio, que teve lugar em 2000, e também na cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, que se realizou no ano de 2002, em Joanesburgo, os líderes mundiais reconheceram a importância crucial da água doce para o desenvolvimento humano e comprometeram-se a adotar uma agenda que inclui metas precisas e prazos definidos, a fim de tentar resolver os problemas atuais e futuros no domínio da água e do saneamento. Neste ano de 2003, em que se celebra o Ano Internacional da Água Doce, é preciso passar das promessas à prática, dos compromissos a projetos concretos, das intenções à execução.

Em 1987, a Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas publicou o Relatório Brundtland, que apresentou o conceito de desenvolvimento sustentável – “... aquele desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem às suas próprias” (Nosso futuro comum, 1988, p. 46, do Relatório Brundtland) – que, mais que um conceito, transmitia o desejo de mudança de paradigma para um estilo de desenvolvimento que não se mostrasse socialmente excludente e danoso ao meio ambiente.

O desenvolvimento sustentável deve, portanto, significar desenvolvimento social, economicamente estável, equilibrado, com mecanismos de distribuição das riquezas geradas e com capacidade de considerar a fragilidade, a interdependência e as escalas de tempo próprias e específicas dos recursos naturais.

Viabilizar esse conceito na prática implica mudança de comportamento pessoal e social, além de transformações nos processos de produção e de consumo. Para tanto, faz-se necessário o desencadeamento de um processo de discussão e

comprometimento de toda a sociedade. Essas características tornam, ainda hoje, o desenvolvimento sustentável um processo a ser implementado.

A Agenda 21, proposta pelos países participantes da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), representou um avanço no sentido de reforçar a idéia segundo a qual desenvolvimento e meio ambiente constituem um binômio central e indissolúvel e que, como tal, deve ser incorporado às políticas públicas e às práticas de todos os países do planeta (BEZERRA;MUNHOZ, 2000).

A base dessa construção – o conceito de desenvolvimento sustentável – surge como contraponto aos tradicionais modelos de desenvolvimento econômico, caracterizados pelos fortes impactos negativos na sociedade e no meio ambiente.

Diz-se, muitas vezes, que as crises da água e os problemas de escassez deste recurso conduzirão, mais cedo ou mais tarde, a conflitos armados. Mas isso não tem necessariamente de acontecer. Os problemas da água têm sido também um catalisador da cooperação entre povos e nações. Países com conhecimentos técnicos na esfera da "irrigação gota a gota" ou da gestão das bacias hidrográficas e das planícies aluviais estão a partilhar esses conhecimentos e tecnologia com os outros. Os cientistas, as organizações não-governamentais, as empresas privadas e as organizações internacionais estão a conjugar esforços, na esperança de conseguirem produzir a tão necessária "revolução azul" e de melhorarem a gestão deste recurso vital. Sejam quais forem as outras coisas que dividem a comunidade humana, quer vivamos a montante quer a jusante dos rios, em cidades ou zonas rurais, as questões ligadas à água -- o próprio ciclo global da água -- deveriam nos juntar num esforço comum para a proteger e dela partilhar de uma forma eqüitativa, sustentável e pacífica (ANNAN, 2003).

O crescimento populacional desenfreado provoca desequilíbrio no uso dos recursos naturais, altera o ciclo hidrológico e produz, como consequência imediata, o caos urbano.

A importância dos recursos hídricos, em qualquer processo de desenvolvimento socioeconômico, é inquestionável, particularmente no mundo atual, onde a água, além de cumprir o seu papel essencial de abastecimento das necessidades humanas, animais e produtivas, vem, cada vez mais, sendo

degradada ao servir como simples veículo para despejos de efluentes urbanos, agrícolas, extrativos e industriais (ROCHA, 2000).

1.2 Recursos Hídricos no Brasil

O Brasil, pela sua imensidão continental, reflete, em seu território, os problemas existentes nas várias partes do mundo, a maioria relacionada com o complexo quadro de crise geral e com a falta de uma política bem definida de planejamento e implementação da utilização adequada dos recursos naturais.

Essa carência tem gerado o uso irracional da água e do meio ambiente, com perdas de difícil reversão, induzindo a importantes implicações econômicas negativas devido ao alto grau de degradação ambiental. Esta política é traduzida na organização burocrática paralisante, onde ministérios, secretarias, órgãos e autarquias tratam a questão de forma isolada, com solução de continuidade e sem interação.

Os principais fatores de degradação dos rios, dos lagos e do mar decorrem das atividades humanas, desde as mais simples, como as atividades extrativistas e agrícolas, incluindo as atividades urbanas de despejos de esgotos domésticos e de lixo, até as mais complexas, como as atividades de produção, de transformação e de reciclagem industrial. Essas atividades interferem nos recursos hídricos, no sistema de drenagem urbana, na estrutura ambiental urbana e nos diversos ecossistemas existentes, carecendo de maiores estudos para redução dos seus impactos negativos (MELO; CABRAL; MONTENEGRO, 2003a).

O crescimento do ambiente urbanizado implica em alterações na cobertura e configuração do solo natural, pois pressupõe a delimitação de unidades de ocupação representadas pelas diversas estruturas de conforto, como casas, prédios, calçadas e ruas pavimentadas. Essas estruturas implantadas apresentam um ponto em comum: são constituídas quase que inteiramente de materiais impermeáveis, que não permitem a passagem de água de chuva através delas, deslocando assim os volumes que lhes chegam para outras áreas adjacentes. Talvez este seja o ponto principal de agressão de uma área urbana sobre o meio ambiente; a alteração do comportamento da água pluvial na região no que se refere aos processos constituintes do ciclo hidrológico (ALVAREZ;SANCHEZ, 1979).

No Brasil, ao longo das últimas décadas, verifica-se uma grande deterioração física, socioeconômica e ambiental das nossas bacias hidrográficas. Como consequência desta acelerada degradação, a natureza tem respondido com grandes erosões, enchentes arrasadoras, violentos escorregamentos de barreiras e com outros desastres ambientais que danificam as bacias hidrográficas e muitas vezes se apresentam como tragédias incontroláveis, que ceifam vidas preciosas e desgastam seriamente a imagem do administrador público.

Em 1987, foi apresentada na UNESCO uma importante proposta de gestão ecológica, econômica e ambiental, baseada em um balanço de índices e em ações de monitoramento da região de influência de uma bacia hidrográfica, independente dos limites territoriais políticos e administrativos existentes, de modo a observar as alterações decorrentes da construção de obras de engenharia ou a utilização de recursos naturais, renováveis ou não, como modelo de gestão ambiental (BOLLMANN,2001).

Chegou-se, em fim, ao consenso onde se admite a bacia hidrográfica como unidade natural, integradora de processos e receptora principal dos impactos ambientais e que deve ser o objeto de pesquisas e de programas governamentais, que visem a compreensão dos mecanismos do seu funcionamento e a preservação dos seus recursos como um todo (MELO; CABRAL; MONTENEGRO, 2001).

1.3 Recursos Hídricos em Pernambuco

Em Pernambuco, nas últimas décadas, ocorreram dois períodos marcantes no desenvolvimento do Estado na área de recursos hídricos, concomitantemente à situação semelhante aos processos deflagrados em todo o país e no mundo.

O primeiro período foi o de estudo e pesquisa, que aconteceu quando da realização da proposta do Plano Diretor da Macrodrenagem da Região Metropolitana da Cidade do Recife, concluída em 1980 pela ACQUAPLAN. Verificou-se então a necessidade de implementação de métodos estruturais e não-estruturais para a solução dos problemas existentes, onde é reconhecida a necessidade do desenvolvimento de um amplo programa de pesquisas e estudos dos estuários, mangues e alagados da RMR, inclusive da bacia do Rio Fragoso em Olinda e

Paulista, e que serviu de base para o estudo da macrodrenagem das bacias de outras cidades do estado de Pernambuco.

O segundo período ocorreu nos anos de 1994 a 1998, com um avanço bastante significativo na gestão dos recursos hídricos, quando um grupo de pesquisadores passou a compor a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA e outras entidades governamentais ligadas ao mesmo segmento. Neste período foram conjugados esforços de várias entidades governamentais e não-governamentais para a elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, ao final de 1998. Isto se constituiu em uma considerável evolução administrativa, com a apresentação de uma sólida estrutura de base de dados, tendo como função fundamental a de ser instrumento norteador da política de recursos hídricos do Estado de Pernambuco, essencial para a promoção do seu desenvolvimento sustentável.

Para superar as dificuldades que devem surgir na medida em que avança o processo de gestão, o Estado de Pernambuco, a exemplo de outros estados brasileiros, criou sua legislação de recursos hídricos e hoje está organizando o processo de gestão participativa, com associações de usuários e comitês de bacias hidrográficas, de modo a envolver a sociedade de forma interativa. Neste mesmo período foram promulgadas leis para o disciplinamento dos recursos hídricos.

Precedendo a todas essas ações do segundo período, criou-se o Sistema de Informações de Recursos Hídricos, o primeiro do Brasil, disponibilizando, via Internet, dados sobre milhares de obras hídricas em Pernambuco e sobre todo um acervo de informações complementares, contribuindo em muito para suporte à decisão dos gestores e fortalecendo o processo de capacitação e conscientização dos usuários (PERH-PE, 1998).

1.4 Recursos Hídricos em Olinda

Na Cidade de Olinda, como em outras cidades brasileiras, foi produzido, como fruto do seu desenvolvimento urbano, um impacto significativo na infra-estrutura de recursos hídricos. Um dos principais efeitos negativos deste processo de desenvolvimento tem ocorrido na drenagem urbana, na forma de aumento da

freqüência e magnitude da deterioração ambiental, gerando conseqüentemente dificuldades na gestão urbana (TUCCI, 2002a).

Olinda apresenta áreas de morros, sobre as quais se situam os maiores adensamentos, pontuados por trechos mais acidentados (com declividade superior a 30%), alvo de ocupações desordenadas, que colocam em risco a estabilidade do solo, agravando o processo de erosão e contribuindo para o assoreamento do sistema de circulação hídrica. O lixo arrastado pelas chuvas e os sedimentos provenientes da erosão e de desmoronamentos contribuem diretamente para as constantes enchentes nas áreas de planícies (MELO; CABRAL; MONTENEGRO, 2003a).

Aliadas a esses aspectos, a ausência de esgotamento sanitário e a precariedade da rede viária, dificultam a remoção do lixo e aumentam os problemas de erosão e de poluição hídrica, espelhando baixo padrão de qualidade de vida da população local. O quadro alimenta os níveis negativos da saúde pública, agravados com a baixa condição de infra-estrutura e de renda e com a incidência de doenças infecto-contagiosas e parasitárias (Idem, 2003a).

O processo de ocupação do solo, em Olinda, não respeitou a formação topográfica. A grande concentração populacional causou ocupação desordenada e conflitante do solo e alta agressividade ao meio ambiente, mais ainda nas áreas marginais do comércio imobiliário, consideradas proibidas para o setor formal pelo risco a elas inerentes. Sobrando do comércio formal são essas áreas sujeitas às invasões pelos menos favorecidos e se identificam como áreas baixas (estuários/manguezais) ou terrenos de encostas, sujeitos a inundações ou deslizamentos constantes (Idem, 2003a).

O processo de expansão, a partir do Sítio Histórico, integra o complexo problema ambiental morro-planície de Olinda. Os focos emergentes de risco se situam nos principais morros ocupados e nas áreas planas próximas aos cursos d'água que, quase sempre, passam da situação de parcialmente obstruídos para a situação crítica de quase completamente obstruídos (Idem, 2003a).

1.5 Recursos Hídricos na Bacia do Rio Fragoso

Para que se possa estabelecer um plano de ação que favoreça o desenvolvimento de uma região, com procedimentos que restrinjam os impactos ambientais, é necessário o perfeito conhecimento de sua bacia hidrográfica. A Bacia do Rio Fragoso apresenta-se, no momento, como um dos mais importantes cursos d'água da Cidade de Olinda, pela sua inter-relação com as diversas áreas de expansão e crescimento urbano.

Atualmente, existem diversas publicações já conceituadas e assumidas como prevalentes na literatura especializada brasileira, sobre processos e sistemas de desenvolvimento urbano, notadamente nas áreas de drenagem e gestão ambiental. Essa literatura está comprometida com vínculos de causalidade direta entre normas, planos e grandes projetos sociais, por um lado, e com manifestações sócio-espaciais por outro. Contraposto a isto, novos aportes teóricos derivados da teoria geral de auto-organização apontariam para uma conceituação inteiramente nova, não apenas do processo em si, mas também da forma possível de inserção de ações derivadas do conhecimento científico e técnico (TUCCI, 2000), que formariam um traçado mais tênue de providências e ações a serem implementadas a nível local.

Conhecendo-se e compilando-se as informações mais importantes da bacia e de suas influências diretas nas demais áreas de contorno e ainda observando-se os dados existentes sobre as obras de engenharia implementadas ou por implementar, acompanhadas por um diagnóstico ambiental rico em detalhes, certamente será possível se produzir um trabalho de pesquisa nesta área que venha a contribuir com seu acompanhamento e avaliação, para a implementação de projetos de engenharia e de gestão pública, que respeitem a natureza e possibilitem soluções ecologicamente corretas.

Percebendo-se a magnitude dos problemas da bacia e seu entorno, se faz necessário sistematizar a descrição dos principais entraves existentes, tendo como enfoque principal à perspectiva de melhoria das condições socioambientais da região, aquilo que envolve todo um plano de aplicação adequado do conhecimento de **GESTÃO AMBIENTAL E DRENAGEM URBANA DA BACIA DO RIO FRAGOSO**.

Com base na síntese da problemática dos aspectos acima relatados, apresenta-se esta dissertação, com a intenção de contribuir nas discussões sobre seus principais problemas, aumentando o conhecimento tecnológico e ambiental sobre a Cidade.

Será abordado este tema de desenvolvimento sustentável e melhoria do conforto e bem estar da população do entorno da Bacia do Rio Fragoso, tomando como princípio a qualidade da drenagem e da gestão ambiental da região de influência da bacia e, como extensão, um projeto de melhoria para toda a Cidade de Olinda.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa consiste em reunir e associar informações sobre a drenagem urbana e sobre a gestão ambiental da região da Bacia do Rio Fragoso, onde se verifica a necessidade de implementação de métodos estruturais e não-estruturais para a solução dos problemas existentes, fornecendo subsídios para a revitalização e conservação desta bacia, visando ao desenvolvimento municipal sustentável.

2.2 Objetivos Específicos

A partir do Objetivo Geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Elaboração de diagnóstico ambiental da bacia;
- Análise da situação da drenagem urbana;
- Análise das legislações urbanas de Olinda e do Paulista e demais legislações federais e estaduais existentes pertinentes;
- Investigação de algumas técnicas de engenharia de drenagem e de gestão praticadas pelos órgãos municipais;
- Apresentação de subsídios que possam contribuir para um programa de ações e realizações institucionais que possibilitem às Prefeituras Municipais de Olinda e do Paulista, juntamente com as demais instituições envolvidas no processo urbano, adotarem medidas preventivas ou corretivas para o perfeito funcionamento do Sistema de Drenagem e Gestão do Meio Ambiente.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento dos trabalhos, foram adotadas consultas às fontes históricas e geográficas existentes, em confronto com os dados coletados em campo.

Com a visão completa da situação da bacia, o autor procurou identificar os principais problemas enfrentados pelos técnicos das secretarias de meio ambiente das cidades de Olinda e do Paulista, e de sua população, para que fosse possível uma sistematização de impactos negativos na Bacia do Rio Fragoso e as respectivas possibilidades de solução.

3.1 Procedimentos

Para caracterização da Bacia do Rio Fragoso, se fez necessário registrar os fatos através da utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados em órgãos e entidades governamentais, além de informações físicas da bacia hidrográfica, com a exploração de todo o seu curso de água, desde suas nascentes principais até sua foz, e com o acompanhamento das principais ocorrências verificadas nos últimos três anos na região.

O estudo foi delimitado pelo universo que compreende a Bacia do Rio Fragoso e seu entorno, compreendido pelos Municípios de Olinda e do Paulista.

Os instrumentos de coletas de dados compreenderam:

- a) observação direta “in loco”, buscando esclarecer os motivos que levaram ao estado de degradação atual em que se encontra a bacia;
- b) análises documentais, utilizando-se fontes primárias e pesquisas bibliográficas, coletadas nas principais instituições, tais como; o Arquivo Público Municipal de Olinda, a SEMA/OLINDA - Secretaria de Meio Ambiente da Cidade de Olinda, a SEMA/PAULISTA - Secretaria do Meio Ambiente da Cidade do Paulista, a FIDEM - Fundação de Desenvolvimento Municipal, a UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, nos jornais, em revistas especializadas, periódicos e anais nacionais e internacionais (em que foram abordados temas pertinentes) nas teses e dissertações aprovadas e nas informações disponibilizadas na Internet;

- c) coletas de dados de casos semelhantes, encontrados em literatura descritiva de situações que se assemelham às da cidade em estudo e utilização das modernas ferramentas tecnológicas, ecologicamente corretas, empregadas em sua solução ou mitigação dos efeitos.

3.2 Etapas Desenvolvidas

Na primeira etapa da pesquisa, o autor acompanhou, como colaborador e pesquisador por um período de um ano, os trabalhos desenvolvidos pela equipe da SEMA/OLINDA - Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Olinda nas ações de avaliação do sistema de drenagem e gestão ambiental.

Na segunda etapa, o autor realizou visitas de pesquisa aos órgãos públicos que figuraram como fontes de informação, com destaque para a FIDEM, e para a CPRH – Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos atual Agência Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Após a individualização do cenário de estudo, buscou-se reunir os materiais cartográficos e documentais, constantes nos Anexos 1 e 2.

Foi descoberta, então, uma pesquisa desenvolvida pela CPRH, em 1992, dando subsídios aos técnicos da Prefeitura de Olinda, para definir as diretrizes ambientais na elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.

Considerado o primeiro trabalho em Pernambuco feito pela parceria entre setores ambientais de um município e o órgão estatal de gestão ambiental, a CPRH, dele resultou uma análise da qualidade da água da Bacia do Rio Fragoso, tendo sido armazenadas informações apenas das amostras do ano de 1990.

Na terceira etapa, foram coletados mapas já digitalizados ou por reproduzir em meio digital, que nos permitiram melhor visão espacial da Bacia. Utilizaram-se programas como o Autocad 2000, Autocad Map 14 e CAD Overlay Release 14 da Autodesk, juntamente com o ArcView Gis 3.2 da ESRI for Windows, que viabilizaram a reprodução através do Sistema de Informações Geográficas.

Na quarta etapa, buscou-se conhecer a bacia com visitas de campo e com acompanhamento das calamidades ou problemas mais críticos que aconteceram nos anos de 2001 a 2003. Foram registradas imagens da degradação acelerada das

nascentes, os impactos provocados pelo mau uso e ocupação do solo e a deterioração do estado atual da microdrenagem existente.

Na quinta etapa do processo, com o aprimoramento do conhecimento de informações sobre a bacia, seus diversos aspectos de drenagem e do meio ambiente durante os últimos três anos, foram identificados os principais problemas, cujos registros fazem história da constante evolução do estudo e do desenvolvimento desta Bacia.

Oferece o autor neste trabalho, um panorama geral da situação da Bacia do Rio Fragoso, com uma pesquisa que aborda os problemas de drenagem e gestão ambiental, de tal maneira interligados, que deverão ser tratados em conjunto para que se possa obter uma melhoria dos estudos até o momento desenvolvidos na Bacia e no seu entorno.

Sugere ações e recomendações para a tomada de decisões de medidas mitigadoras e de resolução de problemas estruturais e não estruturais capazes de contribuir para o processo de ocupação e do planejamento urbano das cidades banhadas pela Bacia do Rio Fragoso, melhorando a qualidade de vida e do meio ambiente existente.

3.3 Desenvolvimento dos Trabalhos

No Título 4, será apresentada a revisão bibliográfica. No 5, apresenta-se a caracterização física da bacia hidrográfica, seus aspectos geomorfológicos, uso e ocupação do solo, qualidade da água, fontes poluidoras e componentes básicos de um diagnóstico ambiental.

O Título 6 consiste na avaliação das características de impactos existentes na microdrenagem e na macrodrenagem da bacia, em virtude da crescente urbanização.

No Título 7, será abordado o gerenciamento da bacia pelas entidades municipais, tomando como princípio que deva ser integrada a gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Fragoso.

Por último, no Título 8, serão apresentadas as considerações finais sobre a presente pesquisa e as conseqüentes recomendações.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 O Espaço Urbano

São numerosas as conceituações encontradas na bibliografia sobre espaço urbano, pois existem problemas de terminologia, vez que o mesmo termo é empregado de maneira diferente pelos diversos autores.

É importante destacar, contudo, como aponta Derycke (1976), que o conceito de desenvolvimento ou crescimento urbano envolve três significados: demográfico, espacial e econômico.

Segundo Tucci (2003), a urbanização representa uma das manifestações mais significativas da atividade humana. Ao longo da história o processo de urbanização reconhece três grandes etapas: (i) pré-industrial, (ii) industrial e (iii) atualmente o das comunicações (também denominada por alguns autores como a “terceirização das decisões”).

A urbanização “explosiva” do mundo e os problemas decorrentes nos grandes aglomerados urbanos constituem um dos temas mais importantes do nosso tempo (TUCCI; BERONI, 2003).

Destaca ainda Tucci (2003) que a universalização da urbanização é um fenômeno recente na história do planeta.

Para otimizar nosso espaço geográfico é preciso ter elevado conhecimento das características locais, dos fatores climáticos atuantes, das formações geológicas existentes, da dinâmica dos meios naturais atuantes, dos fatores econômicos e sócio-culturais e dos anseios populacionais, de maneira a influir na melhoria da qualidade de vida (MELO; CABRAL; MONTENEGRO, 2003a).

Ferrari (1991) sugere, por razões didáticas, uma conceituação que englobe diferentes critérios, tais como geográfico, demográfico, produção de tecnologia, sistema econômico, entre outros, e propõe: *“Cidade é o espaço contínuo ocupado por um aglomerado humano considerável, denso e permanente, cuja evolução e estrutura (físico, social e econômico) são determinadas pelo meio físico, pelo desenvolvimento tecnológico e pelo modo de produção do período histórico considerado e cujos habitantes têm ‘status’ urbano”*.

Para Gallion e Eisner (apud BALTAR, 1999, p.8), a vontade de modificar, para melhor, o espaço existencial humano, ocorre desde quando o homem pré-histórico se muda de sua caverna para os abrigos construídos de ramos e folhas, dando assim os primeiros passos para a urbanização.

Já o desenvolvimento do espaço de cidades como Olinda, criada por desbravadores de novas terras, originou-se mais da necessidade de segurança coletiva dos colonos e defensores das terras ocupadas, onde a escolha do sítio se baseou na necessidade estratégica de defesa contra os possíveis inimigos e engenhos de guerra conhecidos na época (MELLO; CABRAL; MONTENEGRO, 1991).

O posicionamento das habitações e de outras edificações necessárias para a administração local foi inicialmente fixado próximo a fontes de água, de terras agricultáveis e em local de fácil acesso ao porto de abastecimento e de transporte das riquezas da nova colônia (Idem, 1991).

A primeira referência oficial ao abastecimento d'água em Pernambuco aparece em um documento conhecido como Foral de Olinda, datado de 1537. O documento se reporta à questão da água, no parágrafo 8º, que estabelecia: "Todas as fontes e ribeiras ao redor desta Vila, dois tiros de besta, são para serviço da dita Vila e povo dela; fa-las-á o povo alimpar a correger a sua custa". Nesse mesmo Foral já se percebe o cuidado em preservar os mananciais que supririam de água a cidade, quando se determinava ali que "se resguardarão todas as madeiras e matos ao redor das ribeiras e fontes", o que revela uma surpreendente preocupação considerando-se até mesmo os padrões adotados nesse sentido, nos tempos atuais, especialmente em se levando em consideração que a legislação especial de manutenção dos mananciais em Pernambuco data de 1986, mais de quatrocentos anos depois (Idem, 1991).

Antes de 1850, poucas sociedades poderiam ser descritas como predominantemente urbana. Após o desenvolvimento político-econômico iniciado no século XIX, desencadeia-se um processo até então inédito na história da humanidade, a Revolução Industrial, que veio gerar a urbanização e que produziu centros urbanos que se transformaram depois em grandes aglomerados humanos. A criação de centros urbanos em áreas anteriormente rurais, bem como a

intensificação da migração campo-cidade, vem acelerando por demais o ritmo de crescimento da população urbana em relação à rural (DAVIS, 1977).

A palavra chave na análise dessa dinâmica do complexo social urbano é a concentração. Assiste-se, de fato, a um fenômeno atual vivenciado no mundo inteiro, que é a reunião crescente de indivíduos em espaço limitado. Isso cresce em proporções que extrapolam a capacidade administrativa da sociedade organizada, provocando a degradação do meio ambiente e efeitos catastróficos inerentes ao processo de tamanho desenvolvimento (BALTAR, 1999).

A evolução do uso e da ocupação do solo torna-se um problema progressivo, tanto quanto à necessidade de expansão de áreas urbanas e industriais, decorrente da conseqüente impermeabilização do solo por diversos tipos de pavimentos e edificações e do crescimento abusivo do desmatamento para diversos fins, provocando, ainda, incremento de dejetos domésticos e industriais. Esses dejetos constituem a causa principal das poluições físicas, químicas e orgânicas da água, do aumento da sedimentação nos diversos cursos hídricos e, a médio e longo prazo, da gradual tendência de alteração para maior da temperatura do ecossistema (Idem, 1999).

Constituindo-se o uso e a ocupação do solo e suas mudanças um dos principais temas que integram o debate sobre o desenvolvimento sustentável, seu estudo exige a integração de análises espaciais e sócio-econômicas. A avaliação das mudanças de uso e ocupação do solo deve ser contextualizada e centrada na comunidade e no indivíduo nela inserido. Este ponto de partida assume que os indivíduos e as comunidades induzem as mudanças de uso do solo, sem contudo esquecer as mudanças efetuadas por outros agentes, que intervêm, de forma direta ou indireta, no uso do solo (Idem, 1999).

Tradicionalmente, a legislação urbanística – e principalmente as chamadas Leis de Uso e Ocupação do Solo ou Leis de Zoneamento – têm-se concentrado no estabelecimento de padrões desejáveis para a ocupação de determinadas áreas da cidade. Definem-se, assim, parâmetros mínimos de ocupação de lotes, recuos, coeficientes de aproveitamento e usos permitidos (Idem, 1999).

Entretanto, na maioria das cidades – diante dos enormes níveis de desigualdade social, concentração de renda e pobreza urbana – os próprios padrões

mínimos de ocupação levam a terra urbana infra-estruturada a atingir preços elevados demais para o poder de compra de grande parte da população. As camadas mais pobres se vêem obrigadas a ocupar terras à margem da legislação, originando loteamentos clandestinos, invasões e favelas (Idem, 1999).

Tais assentamentos localizam-se, muitas vezes, em regiões ambientalmente frágeis e de difícil urbanização: encostas de morros, várzeas inundáveis ou mangues. Embora essas áreas sejam teoricamente "protegidas" por legislação de preservação ambiental, que não prevê a possibilidade de sua ocupação por invasão, quando isso ocorre provoca efeitos mais danosos e devastadores pela ausência justamente de regulamentação (Idem, 1999).

A legislação de uso e ocupação do solo é fundamental para uma saudável vida urbana, por normalizar as construções e definir o que pode ser feito em cada terreno particular. Ela interfere na forma da cidade e também em sua economia. Mas, em geral, trata-se de um conjunto de dispositivos de difícil entendimento e aplicação. O grande nível de detalhe com que normalmente é ela elaborada dificulta também sua fiscalização, deixando a maioria das construções da cidade em situação irregular. Além disso, fica raramente explicitado seu impacto econômico na distribuição das oportunidades imobiliárias (ROLNICK, 2003).

Vaz (1996) propõe diretrizes para elaboração, consolidação e regulamentação de legislação de uso e ocupação do solo (Figura 1).

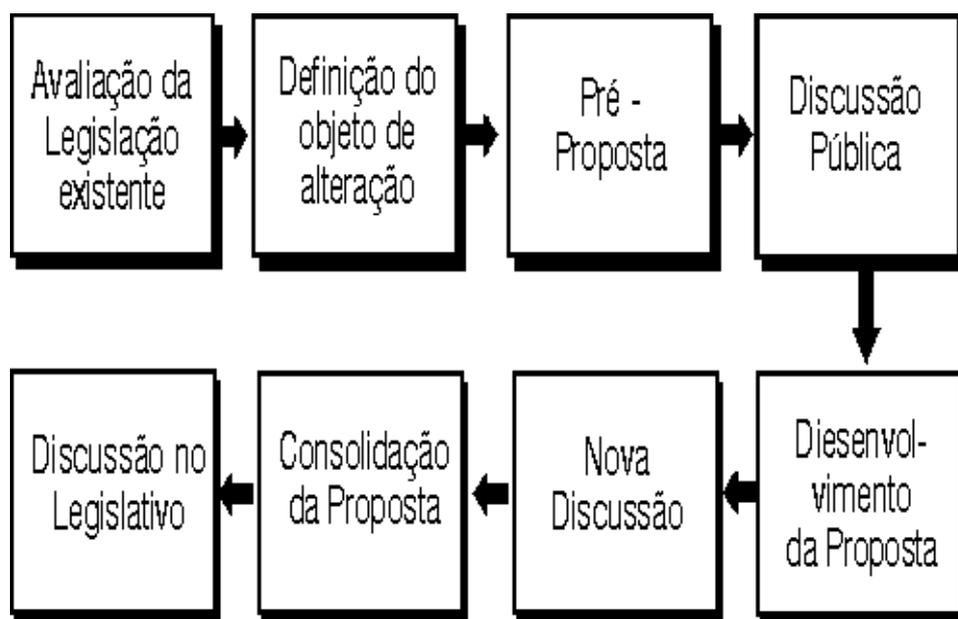


Figura 1 – Fluxograma da legislação de uso e ocupação do solo (VAZ, 1996).

A análise das dimensões do ambiente ocupado pela bacia hidrográfica constitui uma abordagem essencial para o ordenamento equilibrado da área beneficiária dessa mesma bacia, sujeita muitas vezes a transformações econômicas e sociais extremamente rápidas, que sempre acompanham o processo de industrialização e de urbanização e que alteram profundamente as funções que os espaços ditos tradicionalmente rurais desempenhavam.

Na conjuntura de um mundo globalizado, onde grandes multidões vivem amontoadas e comprimidas em favelas degradantes, é que nasceu a descoberta de um atributo essencial do uso do local ou do espaço: a idéia da utilização social do espaço. Adormecida e latente, esta perspectiva confere ao espaço a primazia pela sua utilização social (BALTAR, 1999).

Uma tentativa de classificar os fatores de ocupação dos espaços, cuja influência se faz sentir na origem e na evolução das cidades, nos leva a compreender melhor a importância na formação de uma cidade, primeira, dos fenômenos naturais ou espontâneos e, depois, a daqueles desenvolvidos pelo homem (Idem, 1999).

Primeiramente, avalia-se a existência dos elementos naturais, preexistentes e adequados à vida humana, dentre eles as bacias hídricas existentes e toda a sua biodiversidade. Neste aspecto, o certo, o racional e o prudente seriam traçar de antemão um plano de expansão urbana, com enfoque na drenagem hídrica existente e na gestão ambiental, localizando as novas atividades e as multidões humanas que a elas estarão ligadas, de modo a lhes assegurar condições de equilíbrio e de auto-sustentação, com espaços definidos para residência, trabalho e recreação e com a preservação dos ecossistemas naturais que permitam através de um processo de ação permanente, uma maior harmonia entre o uso dos recursos naturais disponíveis e o arranjo territorial para as práticas econômicas (BALTAR, 1999).

O que se percebe na realidade das cidades brasileiras em sua grande maioria, incluindo as de Olinda e do Paulista, é a inclusão desordenada de novos contingentes humanos na região. A conurbação das áreas limítrofes cria ou aumenta os problemas existentes na administração territorial da cidade, desequilibrando o abastecimento de água, a habitação, a higiene, o transporte, a drenagem e a gestão

ambiental, em geral, cujos sistemas existentes não suportam a degradação. Porquanto as respectivas medidas saneadoras têm um elevado custo econômico incapaz de ser absorvido pela população (MELO; CABRAL; MONTENEGRO, 2003b).

Assim, não existe qualquer possibilidade de os Gestores Municipais, Estaduais ou Federais darem respostas imediatas às necessidades da população, a não ser que se considere como justo e admissível que se cobrem dos municípios naturais, junto a quem se poderia encontrar alguma disponibilidade financeira, os altos custos das obras de urbanização em favor dos invasores e favelados advindos de outros municípios. Por que não se recorrer a compensação financeira cobrada racionalmente dos municípios de origem desses mesmos favelados e invasores?(Idem, 2003b).

Deve-se, infelizmente e de imediato, contudo, levar em conta os aspectos relativos às calamidades decorrentes de precipitações pluviométricas extravagantes, causa principal de cheias, principalmente, em áreas densamente povoadas (Idem, 2003b).

Quanto à qualidade da água, os lançamentos de efluentes urbanos e industriais, as deposições de dejetos animais, de agrotóxicos e de detritos das atividades extrativas, limitam o uso deste recurso natural, exigindo elevados investimentos para a sua recuperação, fato que interfere no processo de desenvolvimento econômico e social.

Avanços consideráveis podem ser constatados, quanto ao trato das questões hídricas e de sua sustentabilidade qualitativa. Nos aspectos legais, o país está contemplado com uma legislação ambiental de excelência, de elevado conteúdo técnico e social. Já contamos com uma lei sobre Recursos Hídricos, com características extremamente modernas em seus conceitos e princípios, que agora está em fase de regulamentação (ROCHA, 2000).

Por inacreditável que pareça hoje, a adoção sistemática de uma política racional e vantajosa de previsão e planejamento, não foi em geral adotada no crescimento das maiores cidades da era contemporânea (BALTAR, 1999).

Nesse contexto, o planejamento urbano passa necessariamente pelo planejamento da drenagem e da gestão ambiental, com enfoque, não para um

território específico, definido por um traçado geográfico onde se exerce uma determinada soberania, mais sim para a abrangência e delimitações impostas pela bacia hidrográfica como um todo (MELO, 2003b).

4.2 A Urbanização na Drenagem da Bacia Hidrográfica

A área urbana é como uma superfície completamente estranha ao meio natural e, como tal, tem efeitos sobre os processos naturais, que variam segundo sua extensão, características físicas e geomorfológicas, área de abrangência, constantes alterações e interação com a região em que se encontra (CRUZ, 1998).

A bacia hidrográfica, composta de todos os elementos que a integram, resulta em um curso de água que escoar pelo exutório, sendo considerado elemento fundamental no estudo do ciclo hidrológico na fase terrestre (Figura 2), cujas alterações, em consequência de desmatamentos, impermeabilização de superfícies, alteração das redes de drenagem, implantação de redes de esgotos e águas pluviais e outras ações antrópicas, resultam em impactos que podem vir a ter repercussões negativas para a existência do próprio homem e alterações irreversíveis da biota existente (Idem, 1998).

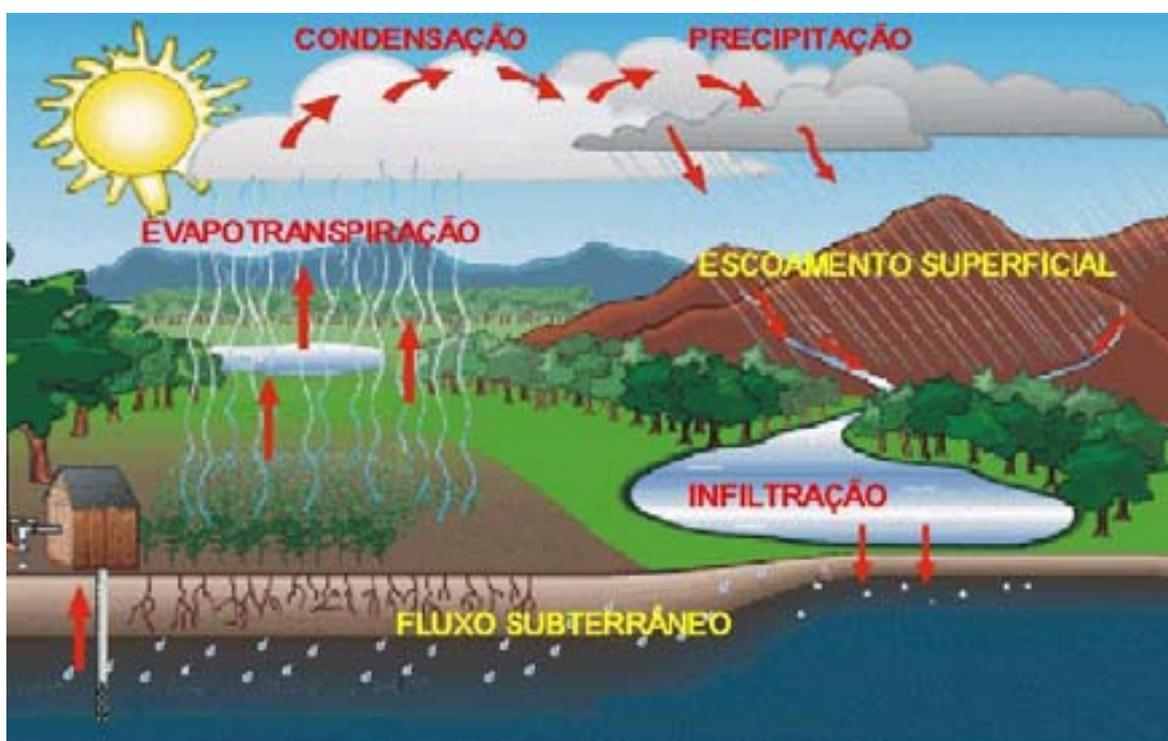


Figura 2 – O ciclo hidrológico (Fonte: CPRM, 2003)

A Figura 2 permite uma visão geral dos processos em bacia hidrográfica. Para possibilitar, porém, melhor entendimento da interação e dos componentes dos

processos, existe a representação de fluxogramas que demonstram os ciclos hidrológicos natural e influenciados pela presença urbana numa bacia hidrográfica (Figuras 3 e 4).

O ciclo hidrológico natural apresenta um subsistema (Figura 3), cujos limites são demonstrados pela linha tracejada, que recebe entrada de precipitação (P) e contribuição da própria litosfera (M), produz uma saída em forma de evaporação (E) e escoamento em canal (Q). Esse subsistema apresenta em seu interior, deslocamentos por infiltração (F) e capilar (C), além de percolação (R) e fluxo superficial (Q_i). No entanto, esse esquema da Figura 3 não apresenta um fator importante, que é a influência humana neste subsistema, o que é melhor retratado pelo segundo fluxograma (Figura 4). O sistema natural de drenagem é alterado e suplementado por coletores. Os efeitos das cheias são mitigados por esquemas de alívio e lagos de amortecimento. Nos estágios iniciais de desenvolvimento urbano, tanques sépticos são implementados para coleta de despejos domésticos. Com o desenvolvimento da área urbana, sistemas de coleta de esgotos são instalados para o direcionamento destinados às estações de tratamento e os efluentes tratados, então, retornam aos cursos de água locais ou vão para o oceano (CRUZ, 1998).

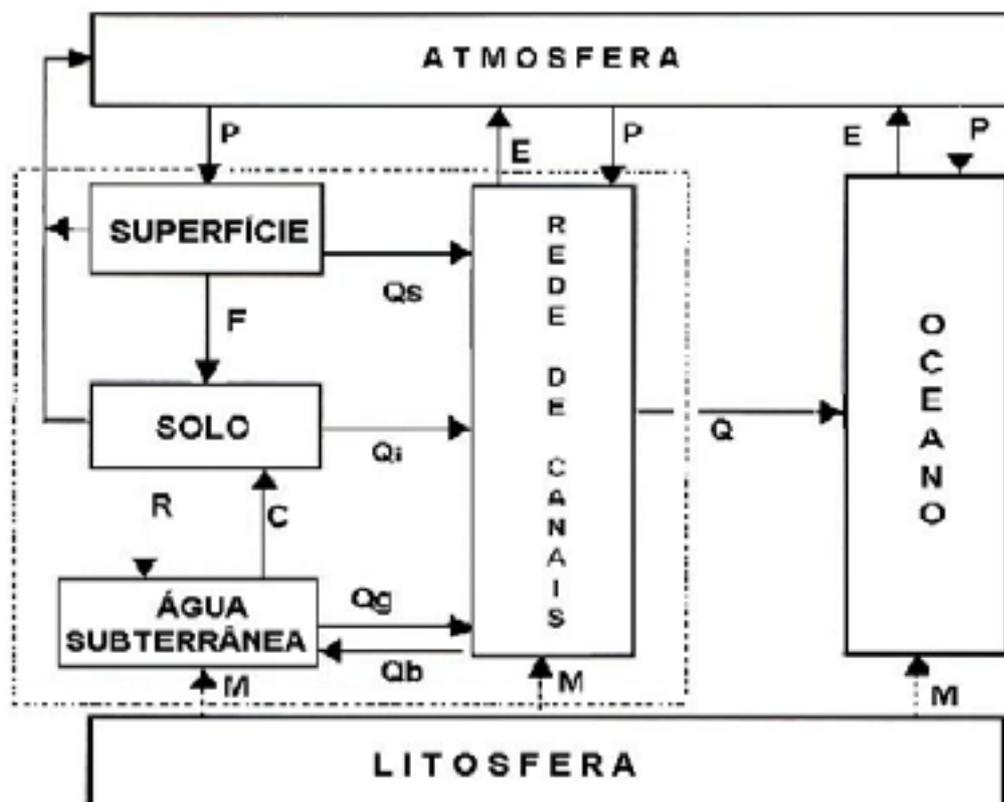


Figura 3 - Ciclo hidrológico em sistemas de notação (DOOGE, 1973 "apud" HALL, 1986).

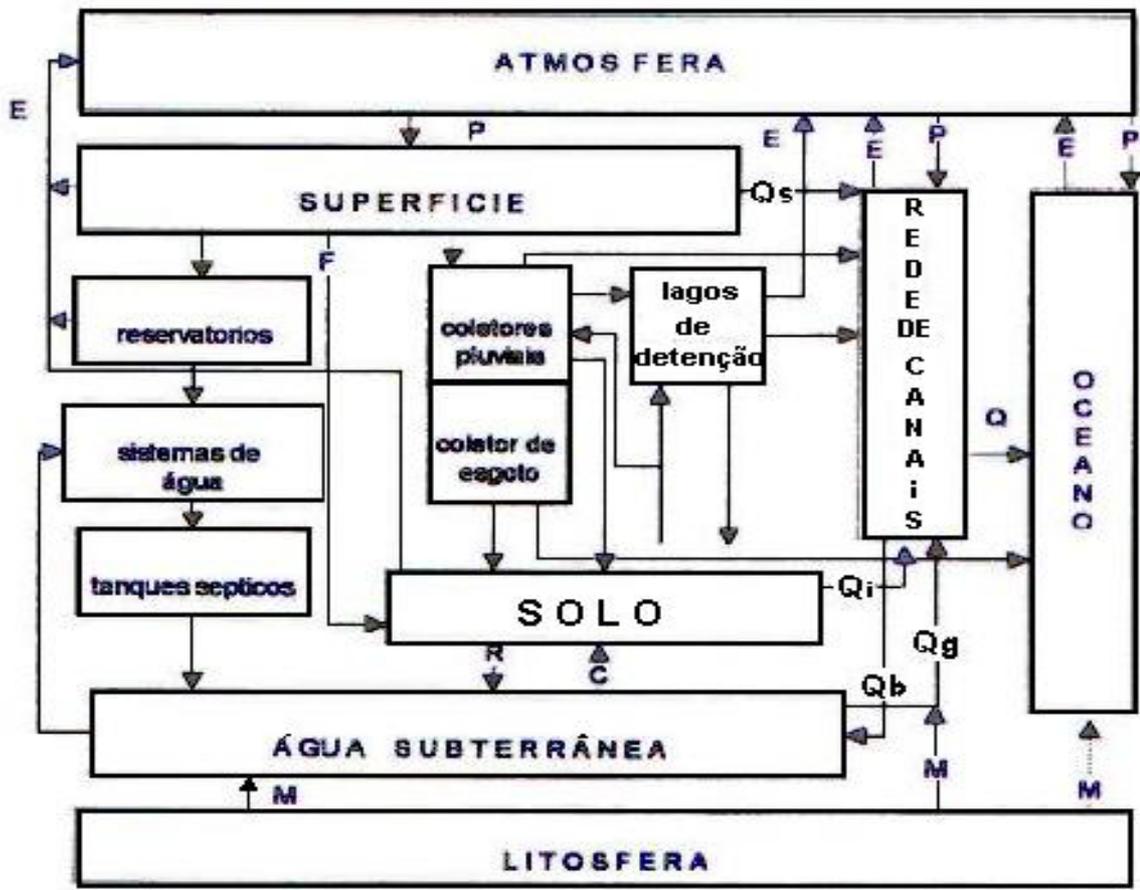


Figura 4 - Ciclo hidrológico urbano (HALL, 1986).

A Tabela 1 apresenta as principais alterações do meio ambiente pela urbanização e suas possíveis conseqüências do ponto de vista hidrológico.

Tabela 1 Alterações do meio ambiente pela urbanização (CHOW, 1964, adaptado).

ALTERAÇÕES	POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS
Remoção de cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da evaporação; • Crescimento do escoamento superficial; • Assoreamento dos cursos fluviais; • Maiores picos e volumes de vazão.
Alto grau de urbanização, maior número de edificações e ruas pavimentadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da infiltração; • Rebaixamento do lençol freático; • Redução da vazão de base; • Aumento da velocidade de escoamento dos cursos de água; • Cresce o pico de enchentes.
Implantação de redes de esgotos sanitários e pluviais.	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção adicional de água da área; • Redução da infiltração; • Menor recarga de aquíferos; • Degradação da qualidade da água.

As conseqüências da urbanização que mais diretamente interferem na drenagem são as alterações do escoamento superficial direto. Para os casos extremos, segundo Leopold (apud TUCCI, 2000) verifica-se que o pico de cheia numa bacia urbanizada pode chegar a ser seis vezes maior do que o pico desta mesma bacia em condições naturais, como se observa na Figura 5.

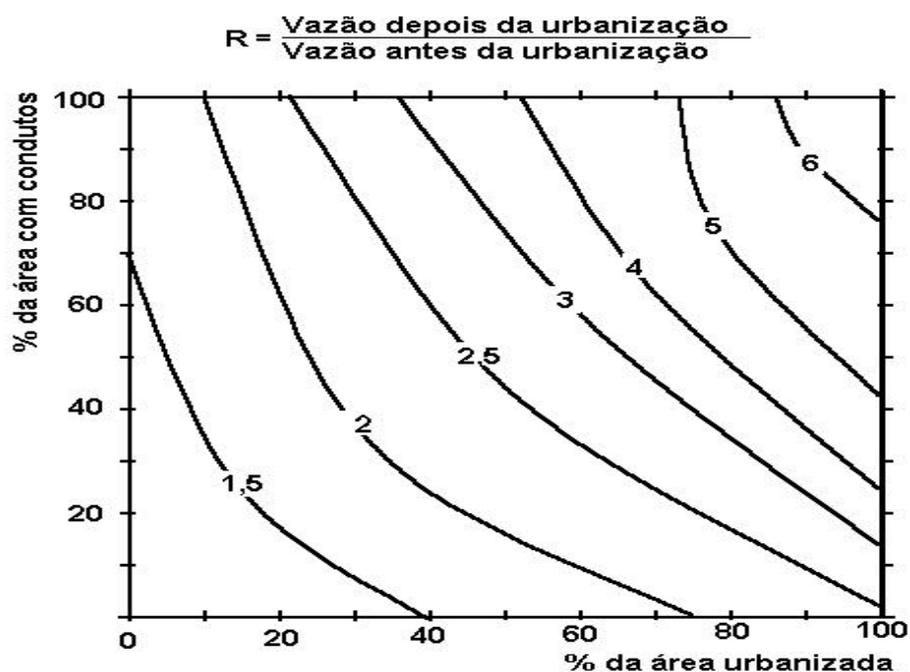


Figura 5 - Efeito da urbanização sobre a vazão máxima. Segundo Leopold em 1968 (apud TUCCI, 2000).

Na Figura 5, as curvas fornecem o valor de R, aumento da vazão média de inundação função da área impermeável e da canalização do sistema de drenagem (TUCCI, 2003).

Normalmente, à medida que as cidades crescem, as planícies de inundação são ocupadas por residências e cruzadas por ruas impermeáveis, sem que seja dada a devida atenção para as possibilidades de prejuízos materiais e humanos, em ocorrência de enchentes (WHIPPLE, 1977).

À medida que as bacias hidrográficas são urbanizadas, crescem as áreas impermeáveis e, conseqüentemente, aumentam as enchentes. Tornam-se, ainda, as inundações mais freqüentes e a obstrução ao escoamento, causada por sinuosidades naturais, mais perceptíveis. Até as pontes e outras estruturas que, originalmente, foram dimensionadas de forma adequada, tornam-se inadequadas para a nova situação de pico de cheia (Idem, 1977).

Com o aumento da força erosiva das enchentes, torna necessário o revestimento de canal, destruindo o seu valor ambiental original e aumentando a velocidade das ondas de cheia em detrimento das planícies a jusante. A partir daí, deve-se buscar a melhoria dos canais, com sua retificação e remoção de suas obstruções (Idem, 1977)..

O impacto da urbanização tende a aumentar a necessidade de ampliar a capacidade dos condutos com o conseqüente aumento de custo. Este processo evolui a partir das pequenas áreas dentro de um contexto de aprovação de loteamentos. As drenagens secundárias (microdrenagem), que são os principais condutos pluviais, são sobrecarregadas pelo aumento do fluxo, mas os maiores impactos ocorrem sobre a macrodrenagem (TUCCI, 2000).

A ocupação da bacia tende a ocorrer no sentido da jusante para a montante, devido às características de relevo.

Quando o poder público não controla a urbanização das cabeceiras da bacia hidrográfica ou não amplia a capacidade de macrodrenagem, a freqüência das enchentes aumenta significativamente, provocando a desvalorização de propriedades e acarretando prejuízos periódicos. Neste processo, a população localizada a jusante sofre as piores conseqüências, em razão das ocupações a montante (Idem, 2000).

Todas as modificações provocadas no meio natural resultam em alterações nas quantidades de água envolvidas no processo, o que se reflete em aumentos de parcelas de escoamento, redução na infiltração, redução nos volumes interceptados, modificação dos volumes evaporados e conseqüentemente modificação do escoamento de base (Idem, 2000).

Uma das maneiras encontradas para a análise rápida do grau de impacto da urbanização na drenagem é com a utilização de base de dados históricos de vazão, em que se percebe as variações do efeito urbano no curso do rio (Figura 6).

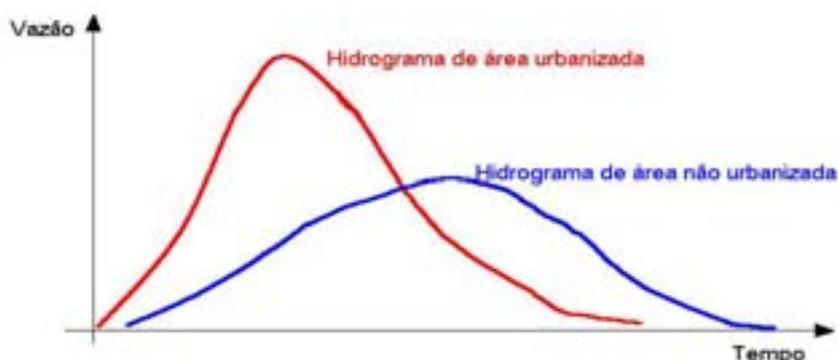


Figura 6– Efeito da urbanização em uma bacia hidrográfica.

O que se espera da engenharia, após se constatarem os impactos provocados pela urbanização na drenagem urbana, é a aplicação de medidas sustentáveis que busquem o controle do escoamento na bacia hidrográfica, através da recuperação da capacidade de infiltração ou de detenção do escoamento adicional gerado. O princípio fundamental deste controle é de que qualquer novo empreendimento deve manter as condições naturais pré-existentes de vazão para um determinado risco definido (TUCCI; GENZ, 1995).

A situação da drenagem urbana no Estado de Pernambuco pode ser inserida no quadro geral de saneamento básico, uma vez que os sistemas existentes comportam não somente a finalidade de escoar os excessos de águas pluviais, como acontecia antigamente nas áreas urbanas, como também parte do esgoto doméstico “in natura” ou tratado. O desenvolvimento urbano, que também ocorreu no Estado nas últimas décadas, com elevada concentração populacional sem a devida infra-estrutura, resultou em uso e ocupação inadequados de solos e espaços, seja em locais com excesso de declividade, como é o caso dos morros, ou naqueles com falta de declividade, em planícies alagadas, mangues, beira de rios ou fundos de vales (MELO, CABRAL; MONTENEGRO, 2003b).

Os sistemas de drenagem urbana refletem os conflitos e problemas gerados e, se inadequados, concorrem para a degradação ambiental, com riscos de enchentes, erosão e deslizamentos (BELTRÃO et al., 1995).

Embora os serviços de drenagem urbana estejam a cargo predominantemente dos municípios, estes não possuem, em geral, capacidade institucional e econômica. Os Governos Estadual e Federal, por sua vez, normalmente se encontram distantes

dos municípios para que se ache uma solução satisfatória ou adequada ao apoio dessa questão (Idem, 1995).

Exemplos recentes no Recife, em Olinda e em várias cidades da Mata Sul, mostram que cada vez que um problema de grande porte, relativo à falta de drenagem urbana, aflora, é tratado de forma isolada, sem se buscar um planejamento global preventivo ou mesmo corretivo (Idem, 1995).

O período de chuvas, em especial na Região Metropolitana do Recife, onde se inclui a Bacia do Rio Fragoso, tem sido sempre associado a perigo para vidas humanas, prejuízos econômicos, perdas de moradias e bens, caos no trânsito, interrupção de atividades comerciais e industriais, e riscos de ocorrências ou incremento de doenças típicas, tais como a leptospirose (Idem, 1995).

Hoje, os sistemas de drenagem urbana no Estado, em especial nas grandes cidades, caracterizam-se pelo uso “múltiplo” (águas pluviais ou servidas), longe de sua finalidade inicial de apenas conduzir os excedentes das águas superficiais oriundas das precipitações. A falta de saneamento básico, com coleta regular através de rede própria para os esgotos sanitários, bem como a falta de coleta de lixo ou sua freqüência irregular, tornou os canais e as galerias pluviais lugares de mais fácil acesso da população para o lançamento clandestino e ilegal dos resíduos líquidos (esgotos) e sólidos (lixo urbano). Em conseqüência, torna-se previsível a degradação ambiental, com a poluição de rios e estuários (Idem, 1995).

O desenvolvimento da infra-estrutura urbana tem sido realizado de forma inadequada, o que tem provocado impactos significativos na qualidade de vida da população. A drenagem urbana tem sido um dos principais veículos de deterioração do meio ambiente, devido à própria concepção do sistema de drenagem pluvial e às ações externas, com a produção de resíduos sólidos e os padrões de ocupação urbana. Além disso, as soluções adotadas, no âmbito da engenharia, para a drenagem urbana às vezes têm produzido mais danos do que benefícios ao ambiente (VILLANUEVA; TUCCI, 2001).

As enchentes relacionadas à urbanização ocorrem em pequenas bacias de drenagem que aliadas aos sistemas de macrodrenagem e à distribuição espacial da precipitação máxima, dão origem a tais inundações (TUCCI; GENZ, 1995).

O planejamento do sistema de drenagem urbana deve ser incluído na fase inicial ou preliminar do planejamento urbano de desenvolvimento integrado.

Ele deve considerar a preservação das condições naturais do relevo, quer pela construção de reservatórios naturais, que podem ser ocupados como áreas de lazer nas épocas de seca e como áreas de inundações periódicas nas épocas de cheia, quer pela manutenção de canais abertos de drenagem para diminuição e/ou eliminação da necessidade de instalação de tubulações enterradas (TUCCI; GENZ, 1995).

Antes mesmo de serem projetadas quadras e ruas nas áreas a serem ocupadas, devem-se projetar e instalar os sistemas de macrodrenagem e microdrenagem. Tais sistemas, ao envolver desde canais de maiores dimensões até todo o complexo conjunto de obras vinculadas para receber a captação e escoamento das águas pluviais, quando bem planejados, minimizam consideráveis prejuízos futuros (MANUAL DE PROJETOS POR DAEE/CETESB, 1980).

Deve-se ressaltar que as calamidades resultantes das enchentes urbanas, além de serem resultado da ocupação inadequada dos leitos dos rios e canais, são frutos de uma política equivocada, não somente no Estado, como também no País, com carência de políticas de controle, de interesses e de conhecimentos sociais, e sem programas preventivos eficientes, que contemplem uma forte atuação na regulamentação do uso e ocupação do solo (AGENDA 21, 2002).

O sistema de drenagem a ser implantado em determinada rua depende do uso da via para o tráfego de veículos e de pedestres, do tipo de construção e de pavimentação adotado e da sua importância para o processo geral de drenagem da água na área urbana. Convém salientar que o relevo constitui-se um dos fatores determinantes na definição da importância de tal sistema de drenagem (BARREIRO, 1997).

Conclui-se que, a micro e a macrodrenagem devem interagir com outras obras e sistemas urbanos de tal forma que os objetivos sejam atingidos sem que venham a se perpetuar o ciclo de impactos negativos para o espaço trabalhado. Para tanto, é necessário um trabalho constante e diuturno de desenvolvimento e pesquisa.

4.3 A Gestão Ambiental e o Espaço Urbano

A preocupação com a questão ambiental tem-se intensificado nas últimas décadas, à medida em que a sociedade vem tomando consciência de que não se podem explorar arbitrariamente os recursos naturais, dos quais depende toda a vida no planeta, mesmo porque tais recursos não são inesgotáveis (AGENDA 21, 2002).

É importante para a humanidade o adequado equilíbrio entre a oferta e a demanda dos recursos ambientais, sejam eles naturais, econômicos ou socioculturais, visando diminuir seus reflexos negativos na vida do homem e permitindo a minimização de seus conflitos de uso (Idem, 2002).

As águas, consideradas como recurso ambiental, representam patrimônio público de insubstituível valor estratégico para conservação de ecossistemas naturais e para a melhoria da qualidade de vida, no processo de desenvolvimento econômico e social (YASSUDA, 1998).

Muitos países compreenderam ter entrado em outra era, na qual a água, antes considerada um recurso inesgotável, deve passar a ser considerada um bem econômico e a ser protegida contra a poluição. Por essa razão, é necessária uma cuidadosa atenção contra todos os problemas relacionados com o assunto, ganhando assim fundamental importância os aspectos legais e institucionais do gerenciamento para proteção das águas (COSTA; SANTOS, 2001).

A responsabilidade desta tarefa caberá aos segmentos sociais dos usuários, às entidades a eles ligadas, sistematicamente organizadas ou não e ao poder público, visando seu inventário, seu uso e sua proteção adequada, de modo a permitir seu almejado equilíbrio (SILVA; PRUSKI, 2000).

A preocupação em conciliar o desenvolvimento com a qualidade ambiental em termos universais teve início em 1960, quando o Clube de Roma divulgou o relatório “Limites do Crescimento”, cuja visão era fatalista e defendia o crescimento zero. Na conferência de Estocolmo, em 1972, essa proposta não foi aceita pelos países em desenvolvimento e o crescimento econômico foi defendido a qualquer custo, sem considerar os problemas ambientais (SOUZA, 2000).

O primeiro esforço das nações unidas para chamar a atenção para a degradação ambiental do planeta aconteceu na primeira Conferência Mundial sobre

Meio Ambiente, em Estocolmo, em junho de 1972. Como resultado dessa Conferência, diversos países, inclusive o Brasil, criaram estruturas organizacionais para tratar do polêmico assunto da degradação acelerada do meio ambiente.

Em 1973, através do Decreto nº 73.030, de 30 de outubro, foi criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA, orientada para a conservação do meio ambiente e para o uso racional dos recursos naturais (MOTA, 1997).

Organizações Especiais do Meio Ambiente - OEMA's foram criadas nesta década. Em Pernambuco, por exemplo, em 1976 foi criada a CPRH – Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos, hoje denominada de Companhia Pernambucana de Meio Ambiente.

Transcorridas duas décadas da Conferência de Estocolmo, foi realizada a 2ª Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – ECO/92. Em consequência desta reunião, o Brasil, juntamente com muitos outros países participantes, assumiram o compromisso de implementar uma série de ações estabelecidas nas convenções e tratados assinados, bem como na Agenda 21.

De maneira operacional, o desenvolvimento sustentável pode ser conceituado como “o processo de mudança social e elevação das oportunidades da sociedade, compatibilizando, no tempo e no espaço, o crescimento e a eficiência econômicos, a conservação ambiental, a qualidade de vida e a equidade social” (BUARQUE; PORTO, 1995).

Esse conceito encerra três grandes conjuntos interligados, embora com características, funções e papéis distintos no processo de desenvolvimento, quais sejam:

- Os objetivos centrais do desenvolvimento sustentável são a elevação da qualidade de vida e a equidade social, seja a curto, médio ou longo prazos.
- Os pré-requisitos são a eficiência e o crescimento econômicos, pois, sem eles, não há possibilidade de se elevar a qualidade de vida ou promover a equidade. São, portanto, condições necessárias, embora não suficientes, para a implementação desse modelo de desenvolvimento.
- Os condicionantes decisivos para o desenvolvimento sustentável são a conservação ambiental, que permitirá a manutenção dos níveis de qualida-

de de vida conquistados, inclusive conservando-os para as gerações futuras, e a equidade social global e contínua no tempo e no espaço.

Trata-se, portanto, de um processo de compatibilização de interesses, ações e sistemas, com alto grau de complexidade, e que terá as mais diferentes formas concretas, pois será sempre fruto dos condicionantes históricos específicos da realidade objetiva. Ainda assim, algumas diretrizes genéricas são úteis. Daí decorre a necessidade dos gestores ambientais seguirem as três linhas de pensamento fundamentais para um resultado satisfatório: prudência ecológica, eficiência econômica e justiça social (BUARQUE; PORTO, 1995).

A prudência ecológica levará à parcimônia no uso dos recursos naturais, garantindo a permanência das atividades econômicas e da qualidade de vida. Eficiência econômica significa criar as condições para que os níveis de quantidade e qualidade da produção se elevem para os mesmos níveis de utilização dos recursos. Justiça social representa a igualdade de oportunidades para todos os contemporâneos (Idem, 1995).

Nos esforços surgidos após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio 92, observa-se que duas noções-chave de sustentabilidade foram se formando, fruto da necessidade de se atender à chamada Agenda Social e à questão da democracia e dos direitos humanos: a sustentabilidade ampliada e a sustentabilidade progressiva (Idem, 1995).

A noção de sustentabilidade ampliada explicita a indissolubilidade entre os fatores sociais e os ambientais. Decorre daí a necessidade de se enfrentarem conjuntamente a pobreza e a degradação ambiental (Idem, 1995).

A noção de sustentabilidade progressiva, por sua vez, representa o entendimento de que a sustentabilidade não é um estado, mas um processo. Essa progressividade não significa que decisões importantes possam ser adiadas, mas busca substituir um círculo vicioso de produção, destruição e exclusão por um círculo virtuoso de produção, conservação e inclusão (Idem, 1995).

O processo de gestão dos recursos naturais prevê a participação de todos os segmentos da sociedade. Para isso, é necessário que haja disseminação e total acesso à informação. Assim, também há de se promover descentralização das ações, desenvolvimento da capacidade institucional e ampliação da abordagem da

gestão dos recursos naturais, promovendo a inserção ambiental nas políticas setoriais.

No Estado de Pernambuco, o cumprimento desses requisitos implica em profundas modificações nos diversos setores da sociedade. As entidades governamentais precisam se reestruturar, as políticas necessitam se tornarem intersetoriais e os grupos locais, de ampliarem suas competências e de serem incorporados ao processo de gestão ampliado para além das fronteiras locais.

De acordo com a Companhia Pernambucana do Meio Ambiente – CPRH, todas as nossas vinte e nove unidades de planejamento e as suas respectivas bacias hidrográficas se encontram poluídas. A forma mais freqüente de poluição é provocada por esgotos domésticos dos aglomerados urbanos que acompanham os principais rios. Outra fonte de poluição decorre das atividades agroindustriais e industriais (AGENDA 21, 2002).

Todo o debate internacional sobre desenvolvimento sustentável, nos últimos dez anos, conduziu à integração entre meio ambiente, coesão social, pobreza e crescimento. Além disso, foi estabelecido um consenso em torno da necessidade de formulação de políticas mais eficazes, bem como de instituições técnica e socialmente mais habilitadas, que ofereçam maior capacidade de resposta (Idem, 2002).

Uma década depois da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, quando a Agenda 21 Global foi pactuada no Rio de Janeiro, os entraves e os desafios da sustentabilidade impõem a todos uma revisão dos compromissos assumidos (AGENDA 21, 2002).

Permanecem, em pauta, os limites de um desenvolvimento que deve ir além do papel do mercado financeiro e dos governos e que ressalte a melhoria da qualidade de vida da população. Ao invés de ser apenas focalizada a elevação da renda “per capita”, que sejam também avaliados, a saúde, a educação, o meio ambiente, a redução das desigualdades sociais, pois são todos temas relevantes para o desenvolvimento sustentável. Tal desenvolvimento define, também, que os processos sociais são tão relevantes quanto à formulação de políticas. Consenso, participação, parceria e transparência devem, portanto, estar na base de políticas

sustentáveis que representam um princípio central para a organização das sociedades e o reordenamento das prioridades globais (Idem, 2002).

O paradigma atual do desenvolvimento chegou à constatação de que a escassez de recursos naturais e dos serviços ambientais (abastecimento d'água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e drenagem) já atingiu grau suficientemente elevado para se considerar uma ameaça verdadeira para a continuidade do padrão de crescimento até agora seguido (Idem, 2002).

O gerenciamento de um recurso ambiental, notadamente de um sistema de drenagem urbana, requer interação entre os vários atores sociais, econômicos e socioculturais para o desenvolvimento sustentável (Idem, 2002).

A prática de mensuração da influência no meio ambiente das atividades antrópicas são controversas e raramente conseguem realizar ligações diretas entre a socioeconomia e os fatores ambientais. Pela sua conotação setorial, a variedade de indicadores e das técnicas de medição em uso tem, na verdade, tornado esta valoração comparativa ainda mais difícil. Pode-se citar como exemplo atual, a discussão sobre a definição da distância a ser adotada para o uso e ocupação do solo às margens de um curso de água que se desenvolve na área urbana da cidade do Recife e em outras cidades do Brasil (Idem, 2002).

Para o Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável do Canadá (IISD, 1998), a abordagem setorial, de fato, constitui-se em barreira para o desenvolvimento de indicadores sistêmicos e de índices de agregação.

A gestão ambiental deve ser compreendida como um conjunto de atividades visando garantir a utilização dos recursos naturais, de forma que sejam observados os limites de sua exploração (AGENDA 21, 2002).

A ora inadequada gestão ambiental tem suas causas diretamente associadas a (SOBRAL, 2003):

- Ausência de definição da política ambiental;
- Fragilidade dos órgãos de controle ambiental;
- Pouca integração entre os órgãos envolvidos;
- Parcial cumprimento da legislação ambiental vigente;

- Grande desinformação e desinteresse da população sobre as questões ambientais;
- Interdisciplinaridade do assunto ainda não absorvido pela comunidade científica;
- Ações centralizadas esparsas do governo, com pouca colaboração das prefeituras municipais, abrangendo apenas as regiões metropolitanas.

A Tabela 2 apresenta um quadro resumo de marcos históricos relacionados à gestão ambiental.

Tabela 2 - Quadro resumo do histórico ambiental (SOBRAL, 2003).

Ano	Marco Histórico
1964	Lei do Código Florestal
1972	1º Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em Estocolmo
1973	SEMA - Secretária do Meio Ambiente no Brasil
1976	CPRH – Companhia Pernambucana do Meio Ambiente
1981	Lei Nacional do Meio Ambiente (6938)
1986	Resolução CONAMA 001
1987	Lei dos Mananciais
1988	Constituição Federal
1989	IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis
1992	2ª Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Eco-92 Agenda 21 Global Convenção da Biodiversidade Carta das Florestas Convenção de Mudanças Climáticas
1995	Ministério do Meio Ambiente
1997	Conferência Rio + 5
1998	Lei Estadual de Pernambuco de Recursos Hídricos

A ação de medir, entretanto, como instrumento indispensável para operacionalizar a implementação de políticas norteadoras de desenvolvimento humano, auxilia tanto aos gestores públicos, quanto ao cidadão comum, na tarefa de

estabelecer objetivos, estudar alternativas, fazer escolhas e ajustar dinamicamente as políticas e metas, baseando-se no seu estado atual (BOLLMANN; MARQUES, 2001).

Mesmo que se possa contestar os valores absolutos obtidos, resultantes da aplicação deste ou daquele índice ou indicador, não se pode negar os benefícios da análise e interpretação destes mesmos resultados, quando se conhecem as limitações intrínsecas à medida efetuada, pois se obtêm séries consistentes de dados que registram informações secundárias para subsidiar uma análise estatística das tendências gerais das grandezas que foram objeto de investigação (Idem, 2001).

Os instrumentos para a promoção do Gerenciamento Ambiental podem ser classificados como (Idem, 2001):

- jurídicos (comandos e controles) com o estabelecimento de limites à atuação dos agentes, cuja obediência seria estimulada por penalização dos infratores, ou através de critérios de compensação, conjugados ao monitoramento e polícia ambiental;
- econômicos, que procurem através de instrumentos de mercado, de preços, taxas, subsídios e rateios, o mesmo equilíbrio buscado pela aplicação dos instrumentos legais;
- e multicriteriais, que podem desenvolver uma estratégia de otimização da gestão dos recursos naturais, baseando a intensidade e a diversidade de ações na ponderação de critérios múltiplos determinados de acordo com a sua prioridade.

Uma das aproximações válidas no caso do ambiente urbano, no sentido de forma de abordagem do gerenciamento ambiental, é proposta pela UNESCO em 1987 que procura, através de abordagem sistêmica, aplicar o Método de Programação por Compromissos de modo a obter uma noção geométrica de qualidade baseada na distância entre o ponto de equilíbrio ecológico e econômico inferido e um ponto ideal considerado como referência. Quanto menor for esta distância, mais próximo ao ideal se apresenta o objeto de estudo (apud BOLLMANN; MARQUES, 2001).

Os impactos dos efluentes de esgotamento sanitário e da drenagem urbana podem ser analisados dentro de dois contextos espaciais diferentes, discutidos a seguir (TUCCI, 2002):

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

Impactos intramunicipais, dentro das cidades: estes impactos são disseminados dentro da cidade e atingem a sua própria população. O controle neste caso é estabelecido através de legislação municipal e ações estruturais específicas.

A maior dificuldade para a implementação do planejamento integrado decorre da limitada capacidade institucional dos municípios para enfrentar problemas tão complexos e interdisciplinares.

A estrutura institucional é a base do gerenciamento dos recursos hídricos urbanos e da sua política de controle. A definição institucional depende dos espaços de atribuição da organização do país e de sua inter-relação tanto legal quanto operacional de gestão, da água, do uso do solo e do meio ambiente. Para se estabelecer o mecanismo de gerenciamento desses elementos é necessário definir os espaços geográficos relacionados com o problema e institucionalizá-los.

No âmbito do gerenciamento urbano, várias medidas são importantes para evitar inundações. A seguir são relacionadas aquelas consideradas mais essenciais ao desenvolvimento dos estudos referentes à gestão ambiental visando o controle de inundações, definidos a partir do Workshop for Decision Makers on Floods in South América (TUCCI, 2002b):

- Uso de indicadores para o gerenciamento: recomendações do uso de indicadores sobre controle de inundações a serem desenvolvidos em cada realidade para permitir transferir os aspectos de drenagem urbana para o Plano diretor de desenvolvimento Urbano das cidades;

- As informações sobre os aspectos sociais e econômicos são essenciais para definição das medidas de controle estruturais e não estruturais das inundações: características da população que ocupa área de inundação, valor das propriedades e das benfeitorias, prejuízos potenciais;
- Histórico de ocorrência de inundação e sua evolução, incluindo os prejuízos; manutenção de informações hidrológicas como nível das inundações ocorridas e a extensão da área atingida;
- Cadastro da rede de pluvial: esta informação é essencial para o Plano de drenagem Urbana. Dificilmente um plano adequado pode ser realizado sem esta informação. A coleta destes dados pode representar custo equivalente ao próprio. Recomenda-se às cidades que procurem manter um cadastro atualizado da sua rede;
- Cadastro do esgoto cloacal: as informações sobre a rede de esgotamento sanitário são importantes para compreender as eventuais ligações entre os dois sistemas e as necessidades de desenvolvimento de um planejamento que leve a um sistema ambientalmente adequado;
- Sistema de limpeza urbana: a frequência de limpeza e o sistema de coleta e disposição final do lixo urbano são importantes para a drenagem urbana considerando que a quantidade de material sólido que chega na drenagem depende deste processo. Considerando o custo relacionado com a limpeza do lixo dentro da drenagem é necessário conhecer por amostragem a quantidade de material sólido que chega na drenagem depois da limpeza e buscar solução para melhoria ambiental;
- Sistemas de taxas e impostos: as taxas de impostos são os mecanismos institucionais mais eficientes para a melhoria ambiental e a eficiência dos sistemas de drenagem urbana. Na maioria das cidades não existe forma de cobrança pelo serviços de drenagem urbana. Portanto, é necessário conhecer o sistema tributário existente visando buscar mecanismos de cobrança que permitam dar sustentabilidade ao sistema;
- Uso do solo: a legislação de uso do solo geralmente não contempla os impactos sobre a drenagem, apenas aspectos relacionados com tráfego, sombreamento, condições ambientais gerais. Torna-se necessário conhecer a legislação de ocupação do solo urbano visando sugerir mudanças que minimizem os impactos das inundações;
- Dados hidrológicos e de qualidade da água: existem limitadas informações hidrológicas em áreas urbanas devido aos custos e às dificuldades de medições. Recomenda-se fortemente a necessidade de melhorar a quantidade de postos pluviométricos e principalmente fluviométricos (que praticamente não existem) em áreas urbanas com coletas de dados de quantidade e qualidade da água pluvial. Estes dados devem ser obrigatoriamente pluviográficos e fluviográficos devido a

rapidez da variação dos processos de inundação. É essencial que a cidade mantenha posto de monitoramento em locais que permitam a avaliação das medidas de controle quantitativo e qualitativo ao longo do tempo;

- Água subterrânea: as características do comportamento hidrogeológico das bacias de drenagem urbana devem ser conhecidas visando compreender o fluxo e a contaminação deste manancial e sua inter-relação com o abastecimento da cidade e a conservação do manancial;
- Informações adicionais: topografia, sistema viário, ocupação urbana, áreas impermeáveis, população, etc;
- Interferência de outros serviços públicos: existem diferentes serviços e obras públicas que interferem na drenagem. A principal delas são as pontes, locais de inundação devido a projetos inadequados que não consideram o escoamento; o pavimento das ruas e calçadas são uma outra fonte de impermeabilização que poderiam ser evitados, como a manutenção de ruas com paralelepípedos, uso de pavimentos permeáveis, etc;
- Recomenda-se que todos os dados coletados sobre o ambiente urbano sejam de acesso irrestrito aos usuários e preferencialmente sem custo geral, já que na sua maioria foram coletados com recursos públicos e não cabe a população pagar duas vezes. Na eventualidade de privatização de empresas públicas deve-se procurar inserir cláusula que mantenha a disponibilidade dos dados para a sociedade sem restrições;
- Recomenda-se o desenvolvimento de um banco de dados ou arquivo de informações de bacias urbanas da América do Sul, como base para pesquisa e desenvolvimento de conhecimento tecnológico para a sociedade.

Deve-se ter, então, em mente que, enquanto o meio ambiente não for o ponto de partida de qualquer ação humana - já que tudo acontece no meio físico, na terra, na água e no ar - e não um remendo no fim da linha, "estamos correndo atrás do prejuízo". Enquanto o meio ambiente não for a base das estratégias nacionais, estaduais e ou municipais e não puder dizer no momento correto o que é ou não é mais adequado para o País, Estado, Município ou Região, em termos econômicos e sociais, enquanto não se sair do discurso, ambientalmente correto, para uma prática profícua, estaremos constatando apenas a nossa incapacidade de administrar o nosso futuro (NOVAES, 1999).

5. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

5.1 Situação da Bacia

A ANA – Agência Nacional de Águas, autarquia federal sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, a qual é responsável pela implantação hoje da Política Nacional de Recursos Hídricos, considera a Bacia do Rio Fragoso, como aquela de muitos pequenos rios da região, de importância singular em relação à ocupação urbana, apesar da pouca extensão e vazão de seus corpos d'água, localizando esta bacia específica, entre as bacias do Oriental de Pernambuco, pertencente à Região Hidrográfica Costeira do Nordeste Oriental apresentado na Figura 7 (ANA, 2003).

A Bacia do Rio Fragoso se encontra inserida na Mesorregião Metropolitana do Recife, mais especificamente na Unidade de Planejamento Hídrico UP-14 – GL1, do grupo dos pequenos rios litorâneos, no que se refere às regiões geográficas do Estado de Pernambuco conforme se observa na Figura 8 (CONDEPE, 1995).

A Bacia do Rio Fragoso está compreendida entre os paralelos 7°57'33,1" e 8°00'20" de latitude sul, e os meridianos 34°54'31,3" e 34°49'50,4" de longitude, a Oeste de Greenwich.

A Bacia está inserida na Região Metropolitana do Recife, como bem se pode observar nas Figuras 8 e 9.

5.2 Geologia

A Bacia do Rio Fragoso está geologicamente localizada na Faixa Sedimentar Cretácea Paleocênica, na Faixa considerada Sedimentar Norte de Pernambuco.

5.2.1 Estrutura

Segundo estudos geofísicos, a Faixa Sedimentar Norte de Pernambuco é afetada por falhas paralelas e normais à costa, conferindo uma compartimentação irregular de blocos nivelados. Trata-se de uma sucessão de blocos, cujas camadas estão dotadas de uma horizontalidade, que mergulham, de maneira suave, na direção do oceano, com inclinação entre 5 e 25 m/km (BELTRÃO et al., 1995).

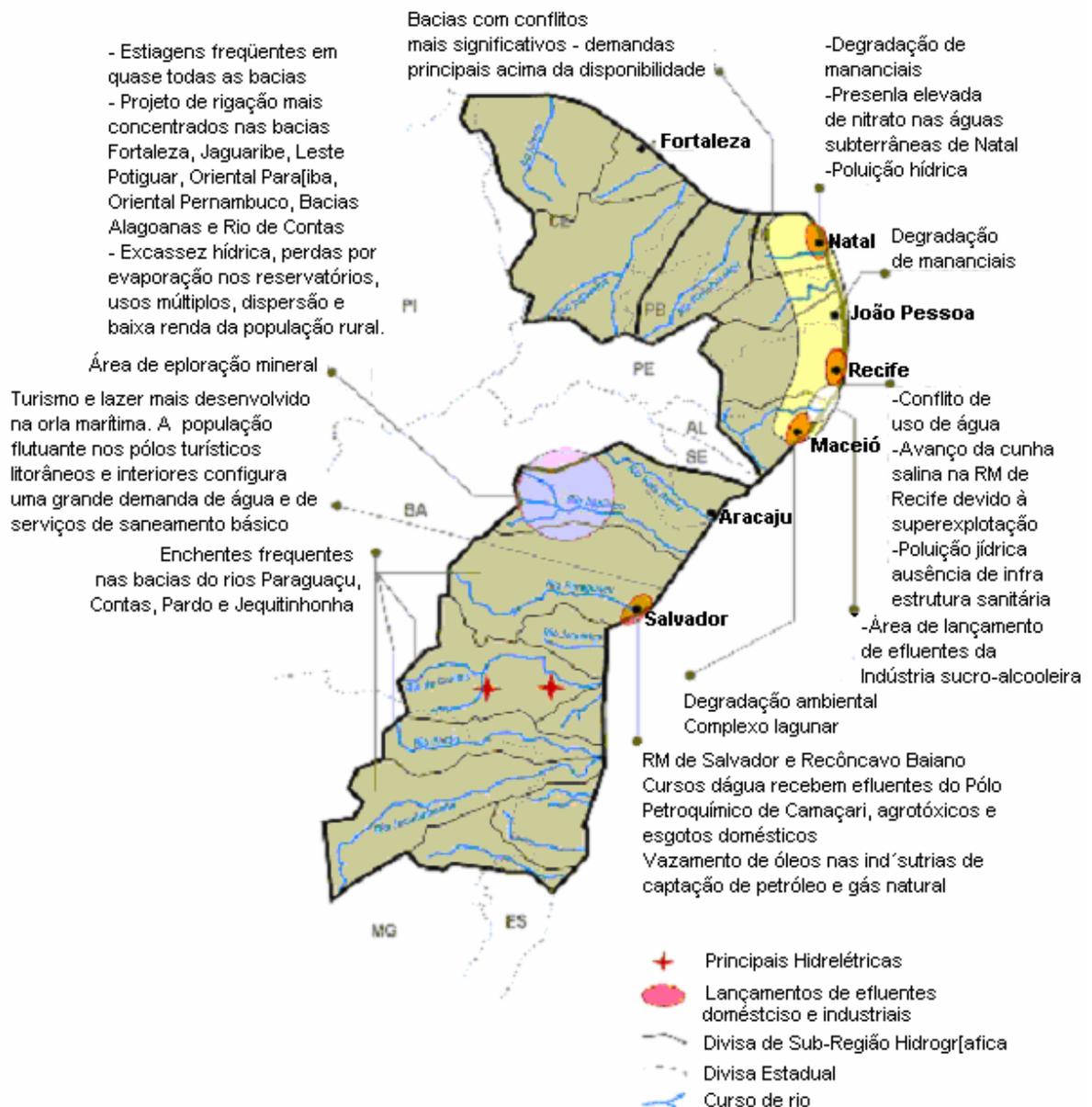


Figura 7 – Região Hidrográfica Costeira do Nordeste Oriental.
(Fonte: ANA, 2003).

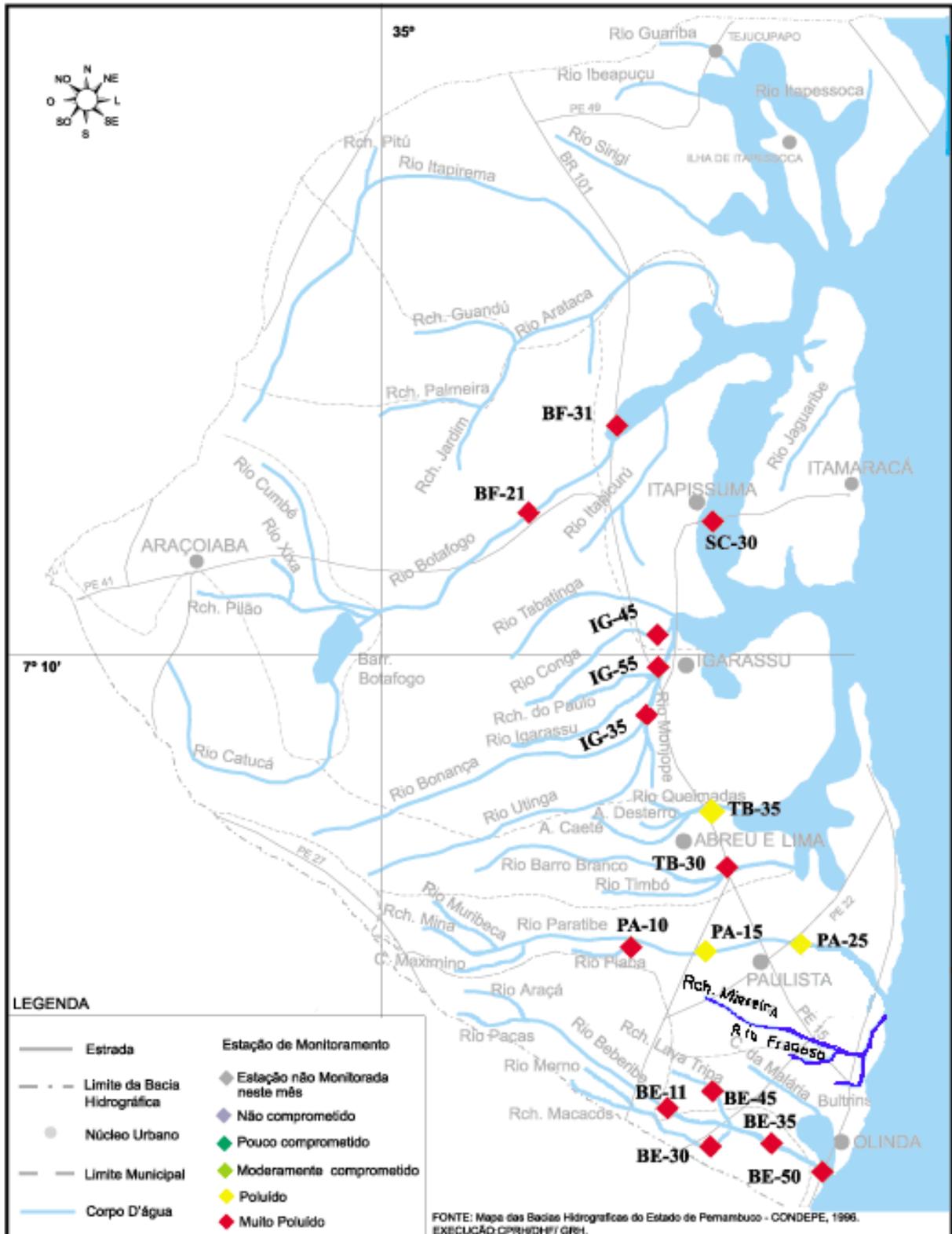


Figura 8 – Bacias Hidrográficas de Pernambuco(GI1).
Em destaque azul escuro, o Rio Frágoso (Fonte CONDEPE, 1995).

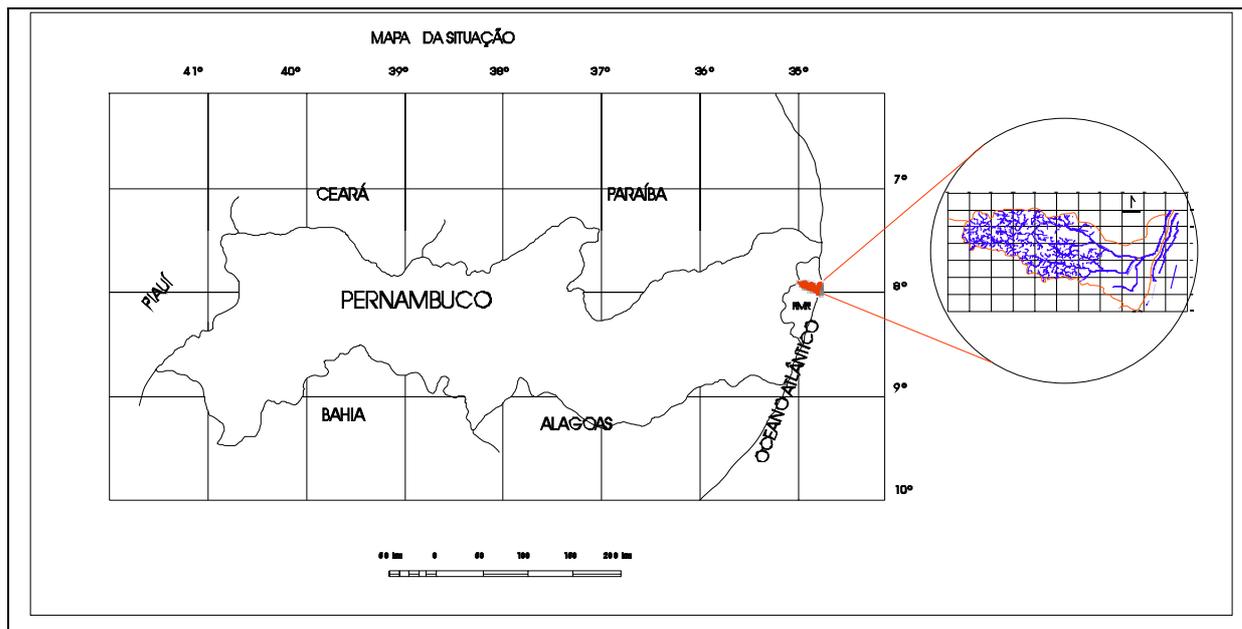


Figura 9 – Mapa de Situação da Bacia do Rio Fragoso.

A largura média dessa faixa sedimentar, excluindo as coberturas areno-argilosas pleistocênicas do Grupo Barreiras, varia de 25 a 35 km, enquanto que sua espessura máxima ao nível da orla atual é de 390m (BELTRÃO et al., 1995).

Para uma melhor visualização das seções geológicas existentes no trecho da Bacia, apresenta-se a Figura 10, ressaltando os depósitos quaternários, representados pelos sedimentos de aluviões dos rios e do Grupo Barreiras, que de um modo geral são desfavoráveis ao parcelamento urbano e sua ocupação por edificações (Idem, 1995).

A predominância da fração de argila na composição destes sedimentos, no caso de barreiras, potencia problemas geotécnicos, principalmente em épocas chuvosas, em função da sua grande capacidade de absorção de água e de redução quer de sua capacidade de suportar carga superficial quer de sua tensão de cisalhamento (Idem, 1995).

Já nas planícies de aluviais, encontra-se o nível da água a poucos metros da superfície, com solos moles, caracterizando-se por oferecer pouca estabilidade para obras de engenharia, além dos problemas constantes de inundações.

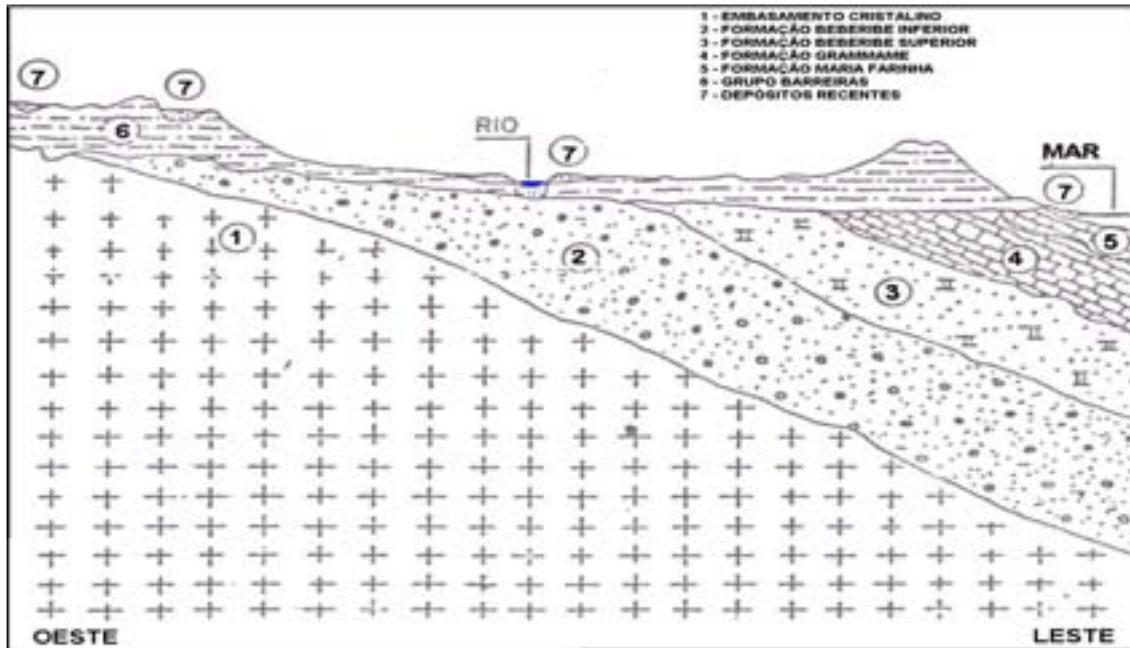


Figura 10 – Unidades litoestratigráficas da Faixa Sedimentar Norte (PE) Seção Geológica Esquemática Leste – Oeste Bacia do Rio Fragoso adaptado (BELTRÃO et al., 1995).

A Bacia do Rio Fragoso limita-se ao Norte com a Bacia do Rio Paratibe, ao Sul com a Bacia do Rio Beberibe, a Oeste com as bacias dos Rios Paratibe e Beberibe e ao Leste com o Oceano Atlântico (Figura 11).

O Rio Fragoso tem o comprimento de cerca de 8.080m, considerando os meandros do seu percurso desde a nascente que se localiza no Município de Olinda, até a desembocadura de seu estuário em conjunto com o Rio Paratibe.

De acordo com Novaes (1990, p. 13) “pequenos rios como o Fragoso mais ao norte, com os riachos de Água Fria e do Ouro Preto, reúnem suas águas formando o chamado Rio Doce, que vai desembocar no Oceano, no extremo norte do município, na praia desse nome”.

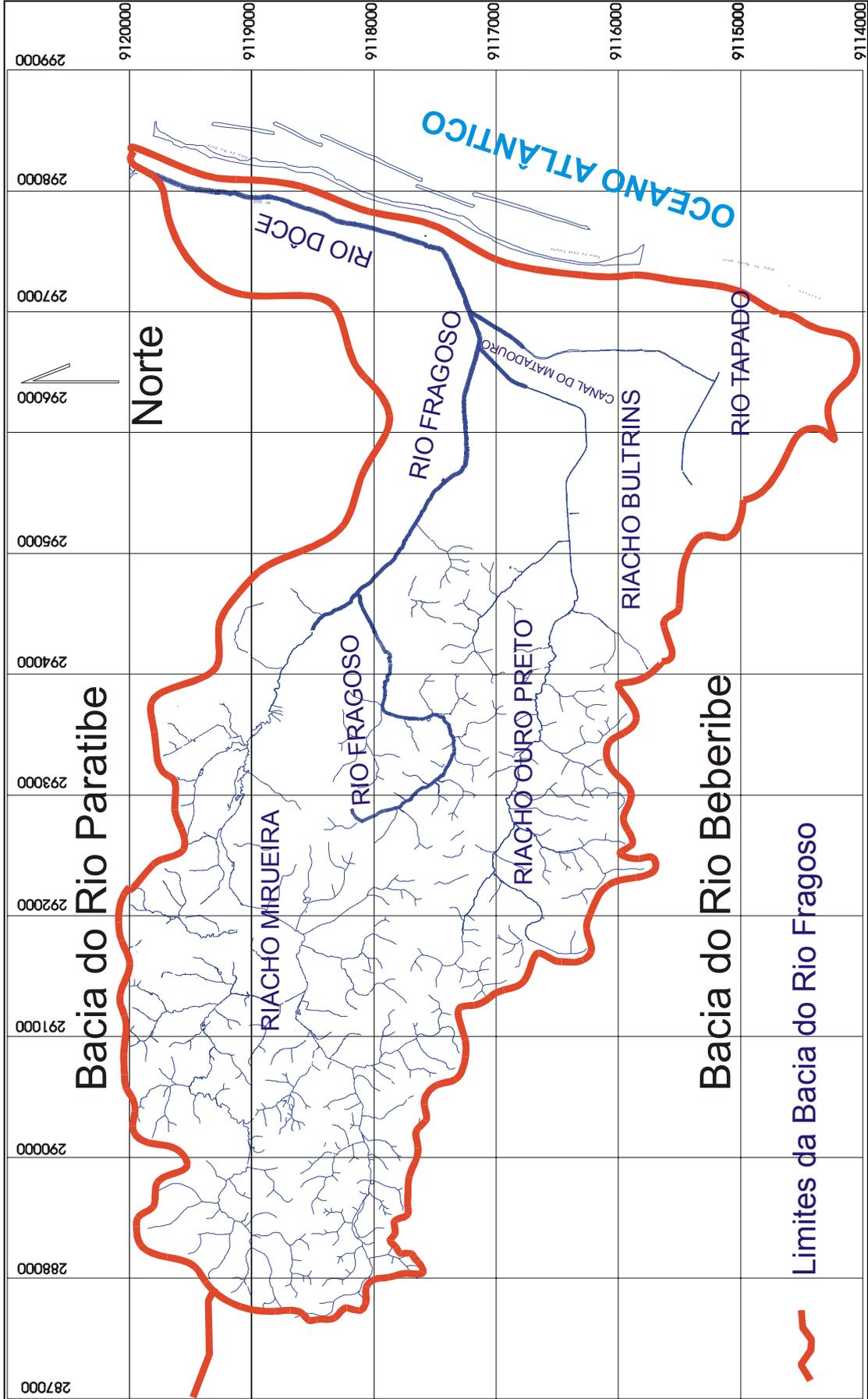


Figura 11– Limites da Bacia Hidrográfica do Rio Fragoso.

O que foi citado por Novaes (1990), reforça a idéia de que a interligação entre a Bacia do Rio Fragoso e o Paratibe ocorreu por força de ação antrópica ou quiçá geológica, forçando o posicionamento do Rio Fragoso como um afluente do Rio Paratibe. Hoje o Rio Fragoso está desaguando no Rio Paratibe, a poucos metros de sua foz, não interferindo isso em qualquer característica hidrológica a não ser aí, em seu trecho final.

Para conhecimento da degradação pela ação antrópica do homem nesta bacia, há uma citação de MORAES (1962, p. 450), que explica o topônimo Rio Doce:

“O nome Rio Doce passou a ter realce com a cartografia flamenga, relativa ao ‘Brasil-Holandês’, isto é, a partir de 1930. Do curso d’água cujo trecho final, entre a ponte que o ultrapassa, até o oceano, constitui divisa com o município de Paulista, o nome estende-se ao sul, a longa e pitoresca praia, orlada de coqueiros, a mais setentrional de Olinda, bem protegida do mar, graças a ocorrência de extenso recife (2400m), muito próximo (125m em média).

O topônimo conforme explica Koster, é devido ao fato de ‘quando a maré está baixa, a água do rio é perfeitamente doce, e por isto ganhou o nome de Rio Doce’.

Nele, os velhos navegantes costeiros, proviam-se de água. Mas já em 1855, comenta Vital de Oliveira, ser ‘outrora interessante’.

Ainda de acordo com MORAES (1962, p. 460):

“O topônimo do Rio Tapado, é um dos mais velhos de Olinda, tal como o Beberibe e Rio Doce, figurando na cartografia seiscentista.

Desse rio nada mais resta hoje, do que a tradição de um trecho mal delimitado de praia, na confrontação como o quartel da 1ª /III. G. A. Cos. M. para o sul, nos limites do Bairro Novo.

Do Rio Tapado, diz Koster em 1812: ‘É um riacho ou canal, lembrando mais o último que o primeiro, sem saída para o mar, apenas separando deste pelo areal que tem vinte jardas de extensão. Quando as chuvas são copiosas o excesso de águas do Tapado são transbordadas sobre as areias e, às vezes, nas mares altas, quando sopra vento forte, as vagas vencem as areias e caem no canal, e é a forma única em que as águas se comunicam’.

A Bacia abrange dois Municípios, os de Olinda e do Paulista, e 15 bairros. Ao Norte encontram-se os bairros do Rio Doce, Jardim Atlântico, Fragoso de Olinda e Fragoso do Paulista, Tabajara de Olinda e Tabajara do Paulista, Torres Galvão do Paulista e Mirueira do Paulista; a Oeste, o Bairro do Córrego do Caboclo; ao Sul, os

bairros do Jatobá, Ouro Preto, Bultrins e Alto da Nação; e ao Leste, os bairros do Bairro Novo e Casa Caída (Tabela 3).

Tabela 3 – Bairros drenados pela Bacia do Rio Fragoso.

REGIÃO	BAIRRO	MUNICÍPIO
Norte	Rio Doce	Olinda
	Jardim Atlântico	Olinda
	Fragoso	Olinda
	Fragoso	Paulista
	Tabajara	Olinda
	Tabajara	Paulista
	Tôrres Galvão	Paulista
	Mirueira	Paulista
Oeste	Córrego do Caboclo	Olinda
Sul	Jatobá	Olinda
	Ouro Preto	Olinda
	Bultrins	Olinda
	Alto da Nação	Olinda
	Bairro Novo	Olinda
	Casa Caiada	Olinda

Sua área de drenagem é de aproximadamente de 29,29km², possuindo três afluentes com suas respectivas sub-bacias.

Na sua margem direita, encontram-se o Riacho Ouro Preto e o Riacho dos Bultrins (do Rio Morto ou do Rio Tapado) e na sua margem esquerda, o Riacho da Mirueira, com um afluente digno de registro denominado de Córrego do Caboclo pelos seus 3.900,00m de comprimento aproximadamente (Figura 12). A Tabela 4 apresenta as áreas das sub-bacias e os comprimentos dos rios, riachos e canais correspondentes igualmente as suas respectivas áreas de drenagem.

A Bacia do Rio Fragoso encontra-se em sua totalidade inserida na Zona Fisiográfica do Litoral de Pernambuco, caracterizando-se por um regime permanente em quase todo o seu percurso e em todos os seus afluentes.

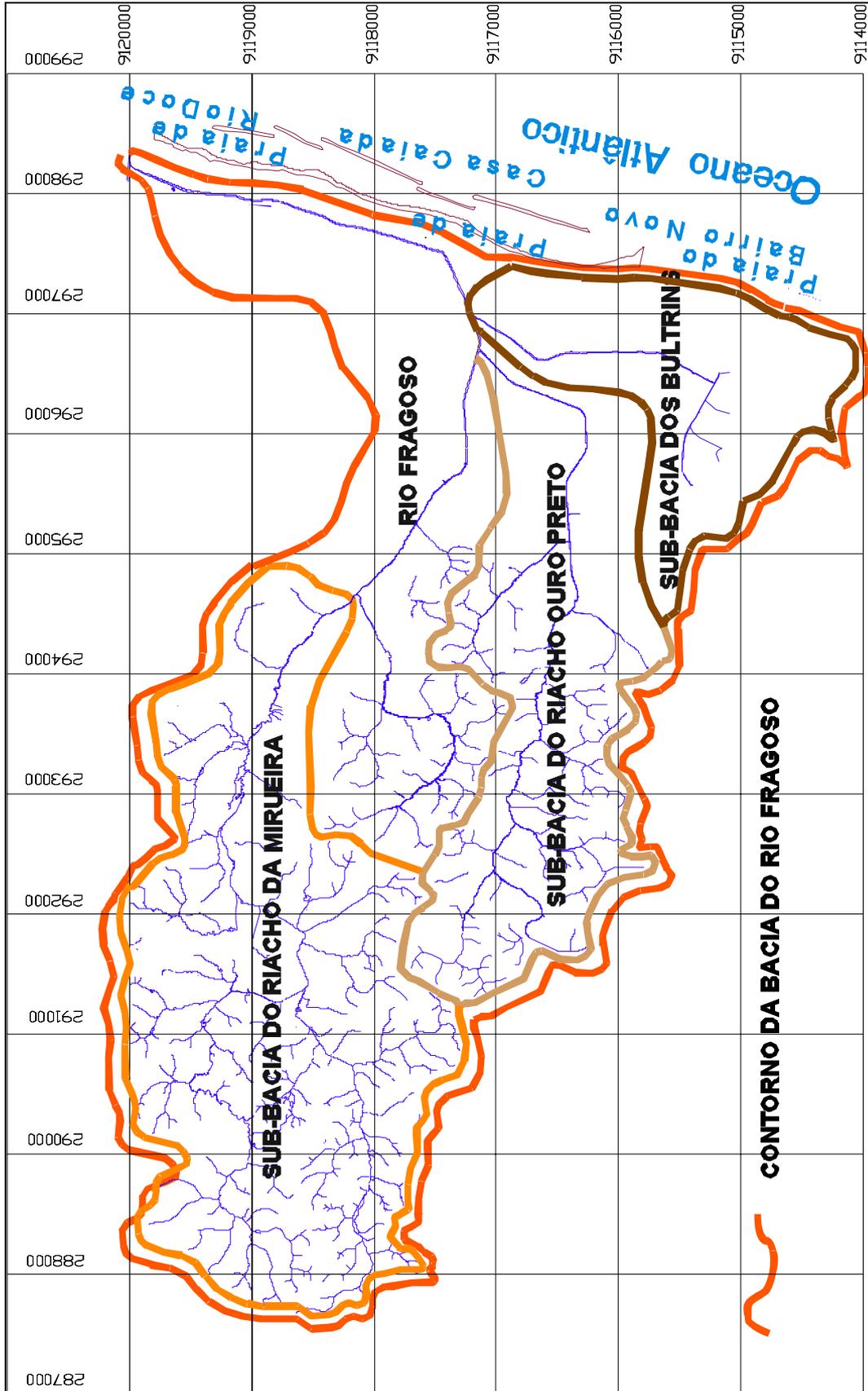


Figura 12 – Limites das Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Fragoso.

Tabela 4– Comprimento e área de drenagem da Bacia do Rio Fragoso.

SUB-BACIA	Comprimento desde sua nascente (m)	Área de drenagem (km ²)
Rio Fragoso	8.080,00	7,54
Riacho Ouro Preto	5.920,00	6,79
Riacho dos Bultrins	3.700,00	3,96
Riacho da Mirueira	6.180,00	11,00
Bacia completa do Rio Fragoso		29,29

O clima dominante na área é o As', clima quente úmido do tipo pseudo tropical na classificação de Köpenn, ou seja, quente e úmido, com chuvas de outono e inverno, distribuídas de março a agosto, com temperatura no mês mais frio superior a 18° C.

O período chuvoso da bacia é o mesmo da Costa Oriental do Nordeste, outono–inverno de março a agosto, e tem lugar sob a ação de ciclones da frente polar atlântica (FPA) que, nesta época do ano, atinge com vigor máximo a costa nordestina brasileira, ao passo que o período mais seco corresponde aos meses de outubro, novembro e dezembro, nos anos considerados normais (BRAGA, 2001).

Os dados pluviométricos e pluviográficos, normalmente utilizados até a presente data para obras de engenharia, são os obtidos nos postos de Igarassu (1911-1942) e Recife (1911- 1985), aplicáveis a toda Região Metropolitana do Recife, após a apresentação da proposta da relação I-D-F do Plano Diretor da Macrodrenagem da Região Metropolitana da Cidade do Recife (ACQUAPLAN, 1980).

A Tabela 5 apresenta as principais características hidrometeorológicas da Bacia do Rio Fragoso.

Tabela 5– Características hidrometeorológicas da Bacia do Rio Fragoso.

CARACTERÍSTICAS	DADOS
Precipitação Média Anual	1.783,00 mm
Precipitação Máxima Mensal	775,00 mm
Precipitação Média Máxima Mensal	294,60 mm
Dias de Chuva por ano	185 dias
Período mais chuvoso	Março a Agosto
Período mais seco	Setembro a Fevereiro
Temperatura Média Anual	26° C
Umidade Relativa Média Mensal	80 %

As Figuras 13 e 14 ilustram o comportamento dos dados pluviométricos da bacia no período de 1911 a 1985.

A FAO/UNESCO promoveu levantamento global no sistema mundial de informações geográficas que disponibilizou via internet no sistema Arc View,.

A partir da célula desse sistema, onde se encontra a área da Bacia do Rio Fragoso, foram consultados dados de precipitação pluviométrica provenientes dos estudos de Legates-Wilmott (MAIDMENT; REED; EID, 1997) que permitiu a elaboração do gráfico contido na Figura 15 , possibilitando comparações gráficas com os demais aqui apresentados.

Evolui-se para a elaboração do gráfico da Figura 16, a partir dos dados históricos pluviométricos médios mensais dos postos do Recife, Olinda e Igarassu I, do período constante dos anexos 5, 6 e 7.

Verificou-se, através do método de Thiessen (Anexo 8), que nem o Posto de Igarassu I nem o de Recife exerce qualquer influência sobre a Bacia do Rio Fragoso. Assim, torna-se imprescindível o acompanhamento das séries históricas do posto de Olinda, o que foi feito com a elaboração do gráfico da Figura 17.

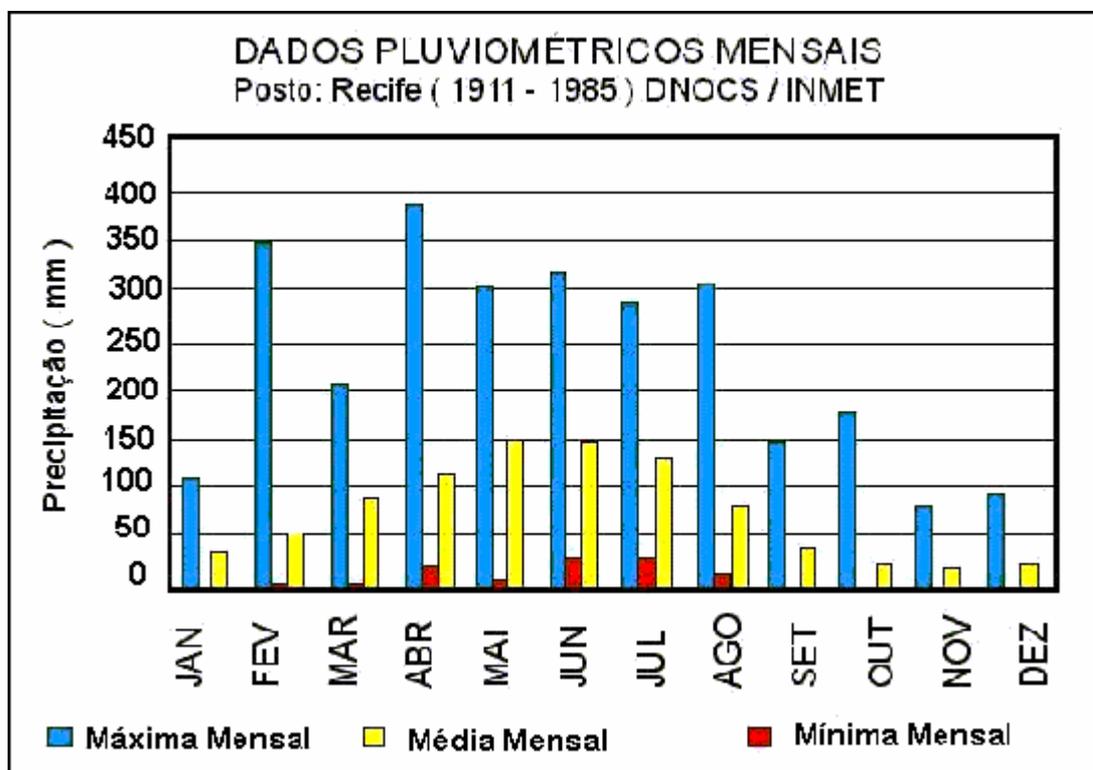


Figura 13 – Dados pluviométricos mensais adaptados (Fonte: DNOCS/INMET, 1985).

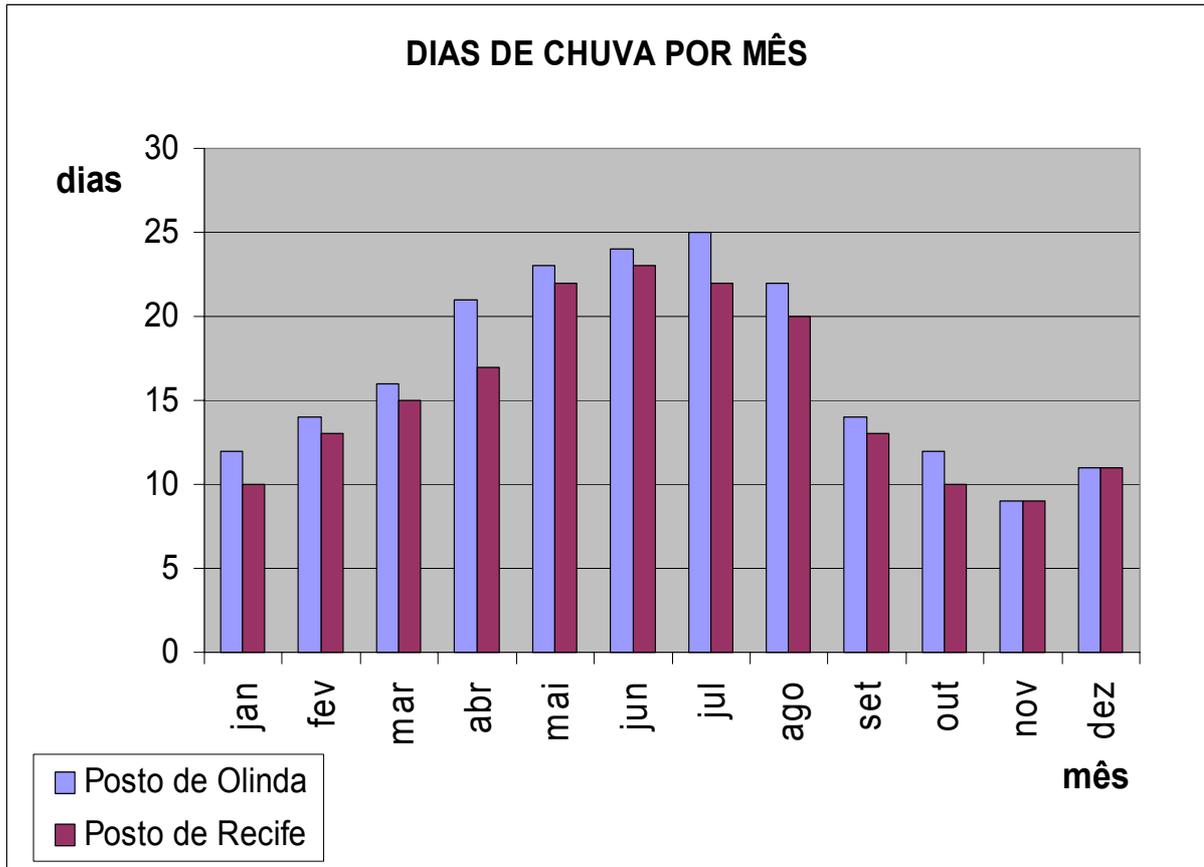


Figura 14– Dias de chuva por mês, adaptado (Fonte: DNOCS/INMET, 1985).

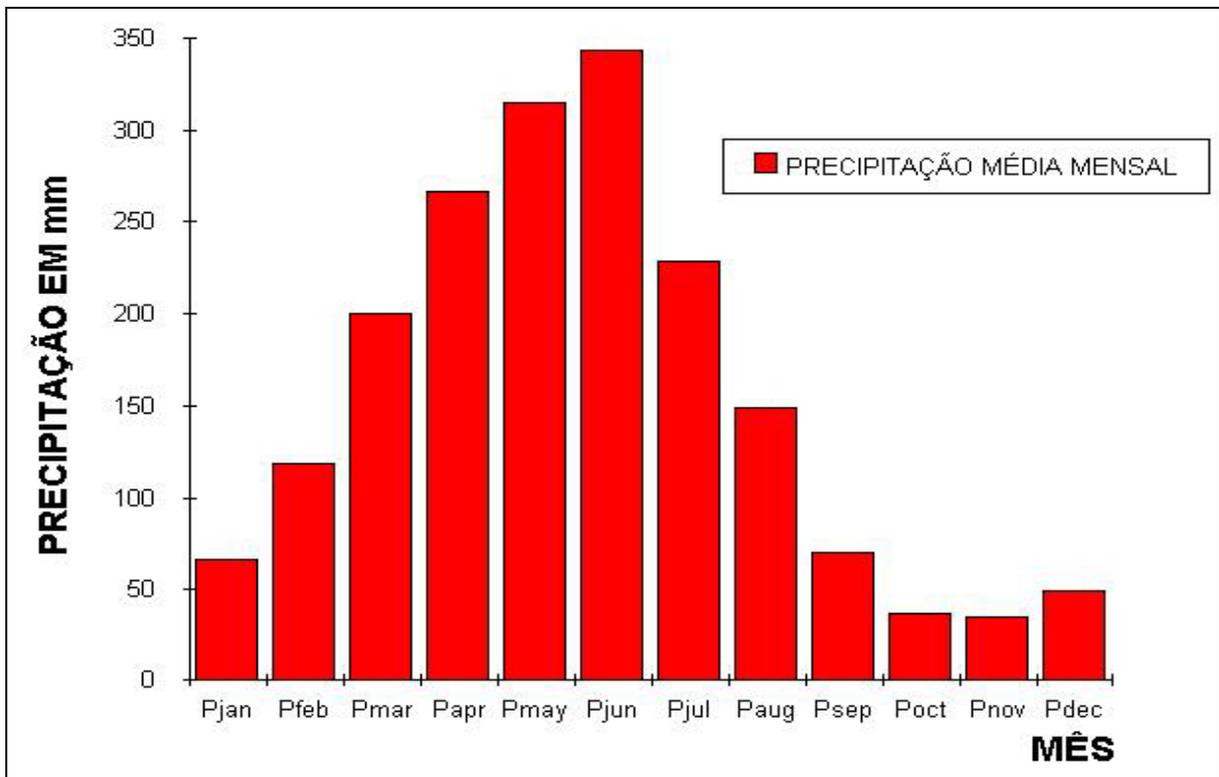


Figura 15 – Dados pluviométricos mensais da Climatologia Global (MAIDMENT; REED; EID, 1997).

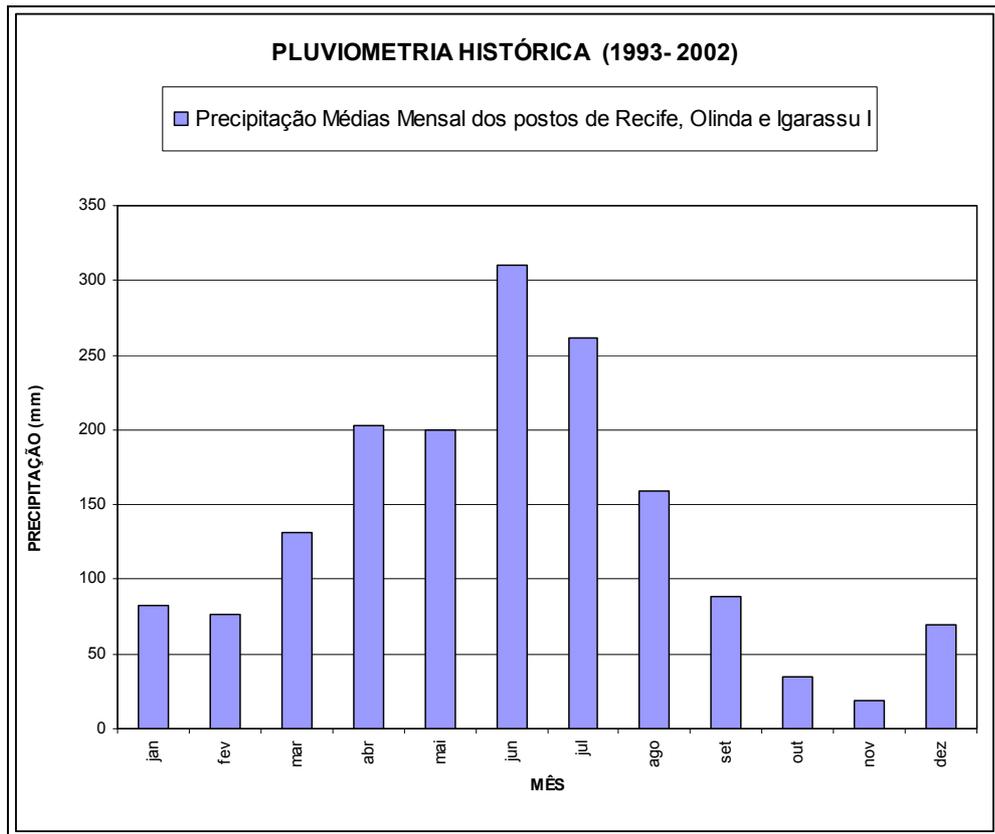


Figura 16 – Dados extraídos dos postos do Recife, Olinda e Igarassu. Fonte SECTMA (2002).

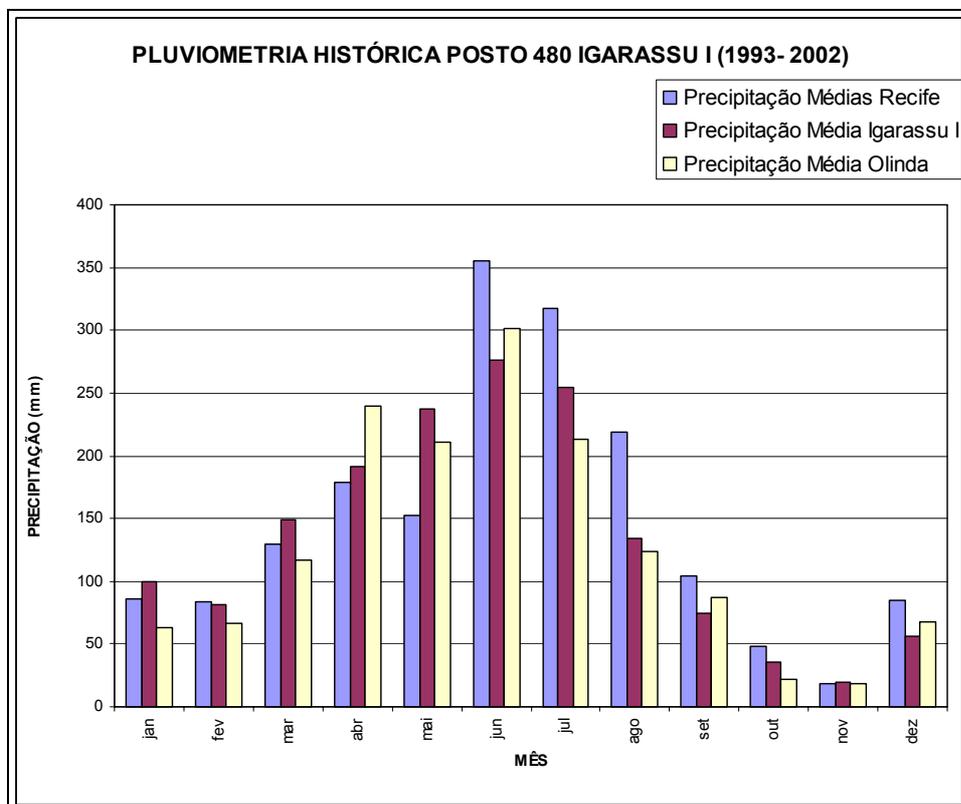


Figura 17 – Dados do posto de Olinda. Fonte SECTMA (2002).

As Figuras 18 e 19 ilustram o comportamento ao longo dos meses do ano da umidade relativa do ar e da temperatura, respectivamente.

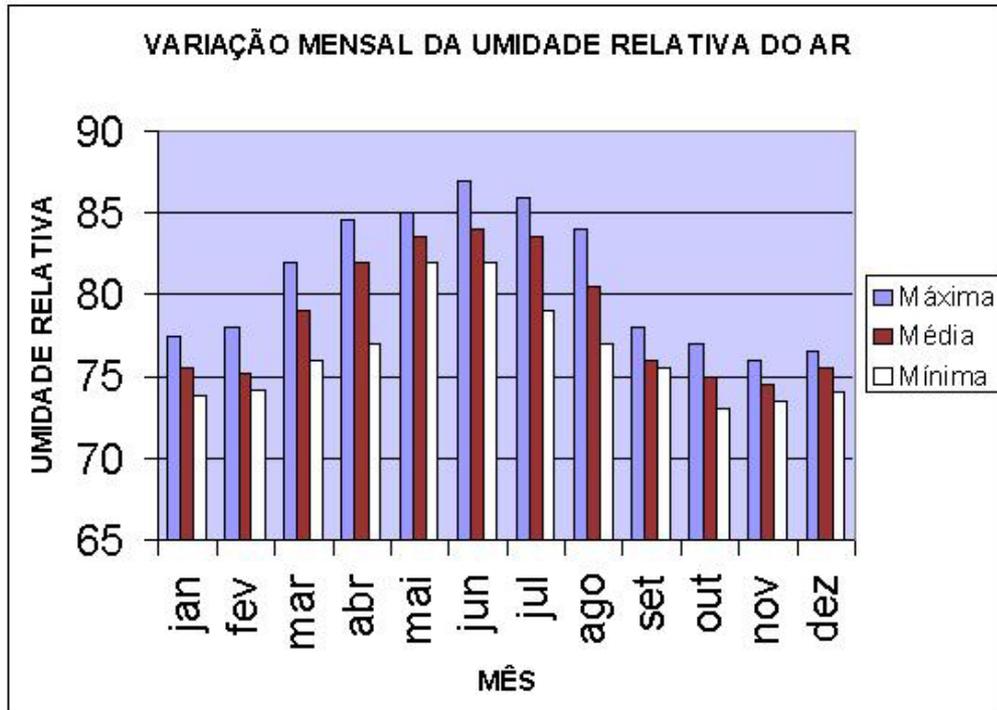


Figura 18 – Variação mensal da umidade relativa do ar da RMR adaptado (Fonte: DNOCS/INMET,1985).

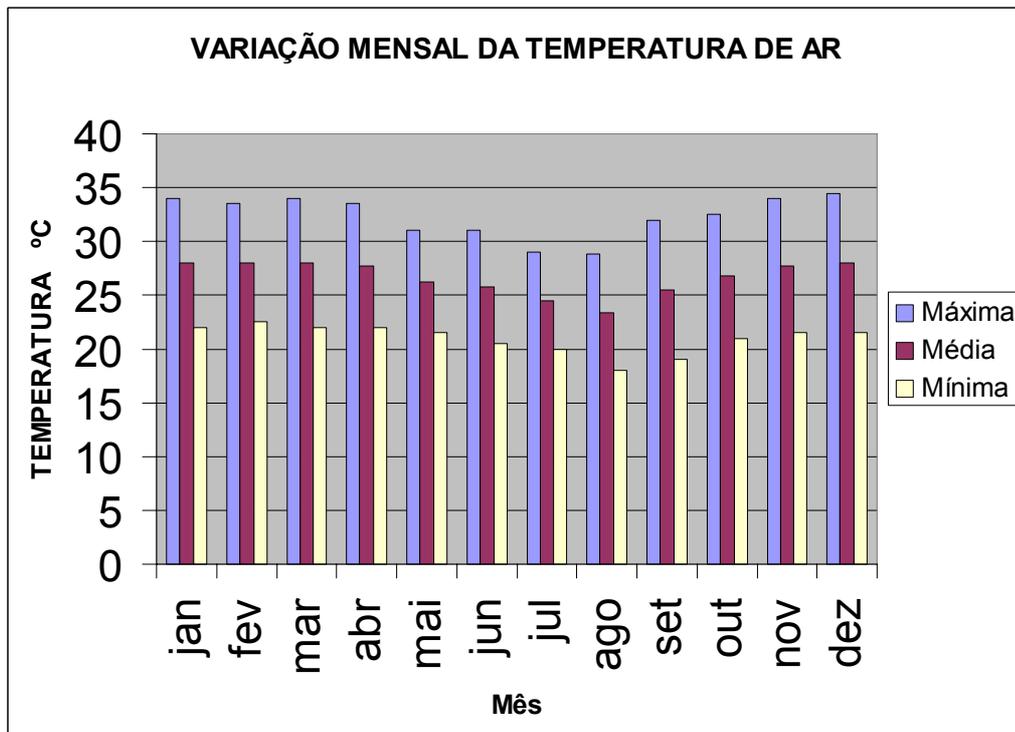


Figura 19– Variação mensal da temperatura do ar da RMR adaptado (Fonte: DNOCS/INMET,1985).

5.3 Precipitação, pluviometria e estimativa de vazão.

Para a determinação dos valores das intensidades de chuvas foi utilizada a fórmula do “Plano Diretor de Macro Drenagem da Região Metropolitana do Recife” (ACQUAPLAN, 1980), a partir dos estudos de Otto Pfafstetter, que estabelece:

$$i = \frac{456,768 \times (T_r - 1,5)^{0,117} \times (1 - 4,54 \times 10^{-21} \times t^8)}{(t+6)^{0,5811}}$$

(1)

Onde:

i = Intensidade da precipitação, mm/h

Tr = Tempo de recorrência, em anos

t = Tempo de duração, em minutos.

A Figura 20 apresenta as curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) para os valores correspondentes aos tempos de retorno de 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

Esta formulação das relações IDF, ainda em uso, deve ser refeita com os dados mais atuais, ajustando-se melhor à realidade estatística das séries de eventos registrados após 1980.

5.3.1 Escoamento superficial

O volume de água admitido em uma calha de drenagem representa apenas uma parcela da quantidade total de água que se precipita na bacia contribuinte. Há outras parcelas, que correspondem às porções que se infiltram no terreno, que são retidas e que se evaporam.

A relação entre esta parcela, que atinge o sistema de drenagem, e a quantidade de água precipitada denomina-se coeficiente de escoamento superficial **C** ou coeficiente de deflúvio (coeficiente de “run off”), obtido a partir da Tabela 6.

O coeficiente de escoamento superficial é definido em função de um conjunto de fatores. Entre estes, podem ser destacados o tipo de solo, a forma e intensidade

da ocupação da bacia, as condições da umidade antecedente e a intensidade das precipitações, além de outros fatores de menor relevância.

O coeficiente de deflúvio C, que indica a proporção da precipitação que escoa como deflúvio superficial direto, é avaliado a partir de observações de bacias em condições hidrologicamente semelhantes.

O escoamento superficial depende, principalmente, do grau de impermeabilização da bacia contribuinte e, portanto, se pode dizer que a melhor solução é estimar cuidadosamente o coeficiente de deflúvio global, baseado na experiência de projetos já realizados e tidos como satisfatórios.

Tabela 6– Valores do coeficiente de escoamento superficial C.

Fonte: ASCE/WEF (CHOW, 1962).

DESCRIÇÃO DA ÁREA	COEFICIENTE DE “RUN OFF”
ÁREA COMERCIAL	
• Central	0,70 a 0,95
• Bairros	0,50 a 0,70
ÁREA RESIDENCIAL	
• Residências isoladas	0,35 a 0,50
• Unidades Múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
• Unidades Múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
• Lotes com 2000m ² ou mais	0,30 a 0,40
ÁREA INDUSTRIAL	
• Indústrias leves	0,50 a 0,80
• Indústrias pesadas	0,60 a 0,90
RUAS	
• Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
• Pavimentação em concreto	0,80 a 0,95
• Revestimento primário	0,60 a 0,70
TERRENOS	
• Solos arenosos, pequena declividade (<2%)	0,05 a 0,10
• Solos argilosos, pequena declividade (<2%)	0,15 a 0,20
• Solos arenosos, declividade média (2 a 7%)	0,10 a 0,15
• Solos argilosos, declividade média (2 a 7%)	0,20 a 0,25
• Solos arenosos, forte declividade (>7%)	0,15 a 0,20
• Solos argilosos, forte declividade (>7%)	0,25 a 0,30

Usualmente, o coeficiente de escoamento é determinado em função da ocupação do solo, conforme Tabela 6, que fornece os valores de C para períodos de retorno de 5 a 10 anos.

Curvas de intensidade-duração-freqüência

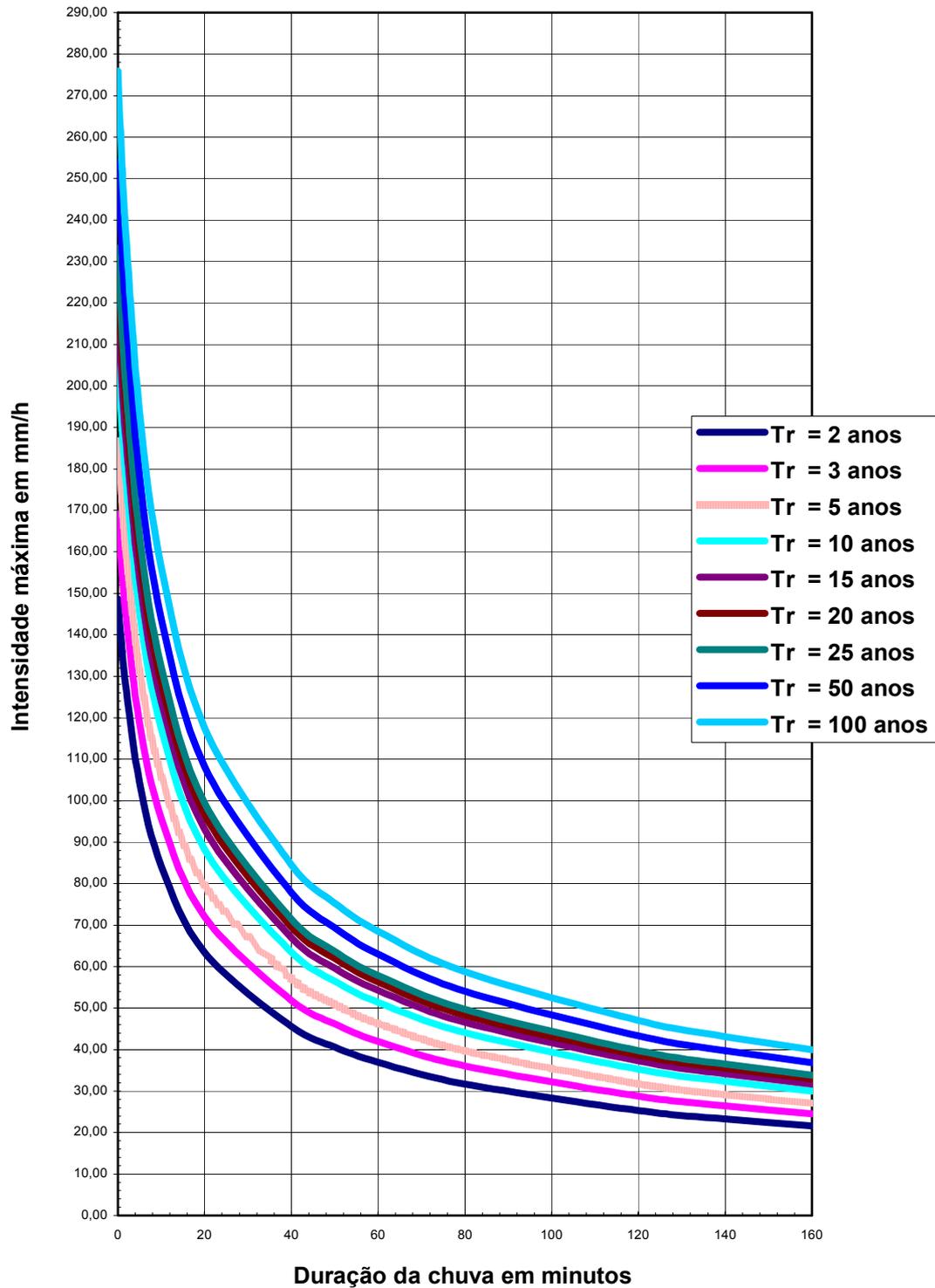


Figura 20 – Curva de Intensidade – Duração – Freqüência

Para períodos de retorno maiores do que dez anos, há necessidade de ser corrigido o valor de C (conforme obtido na tabela) que pode ser feito através da utilização da seguinte expressão:

$$C_t = 0,8 Tr^{0,1} C_{10}$$

(2)

Sendo:

C_t = Coeficiente de escoamento superficial para o período de retorno Tr, em anos;

C₁₀ = Coeficiente de escoamento superficial para o período de retorno de 10 anos;

Tr = período de retorno em anos.

Quando a bacia apresenta ocupação muito heterogênea, é recomendável calcular o valor de C, para toda a bacia, pela média ponderada dos diversos valores de C, conforme cada setor característico da bacia.

$$C_m = 1/A \sum C_i \times A_i$$

(3)

Sendo:

C_m = coeficiente médio de escoamento superficial;

A = área total da bacia de drenagem;

C_i = coeficiente de escoamento superficial correspondente à ocupação “i”;

A_i = área da bacia correspondente à ocupação “i”.

Tempo de Concentração

Quando se considera uma determinada seção de escoamento em uma bacia contribuinte, sempre decorre algum tempo, a contar do início da chuva, até que toda a bacia passe a contribuir uniformemente para a seção considerada. Este intervalo inicial se chama tempo de concentração.

O tempo de concentração é, ao lado do coeficiente de escoamento superficial, um dos parâmetros fundamentais na aplicação das metodologias de cálculo de vazões de pico por processos indiretos, cuja determinação está também sujeita a imprecisões e incertezas.

A forma mais aceita e, teoricamente a mais correta, de calcular o tempo de concentração é através do método cinemático, que recomenda dividir a bacia em N trechos homogêneos e calcular a velocidade de escoamento em cada um deles. O tempo de concentração em minutos será dado pela fórmula:

$$t_c = 1/60 \sum L_i \times V_i$$

(4)

Onde:

t_c = tempo de concentração, em minutos;

L_i = comprimento em quilômetros de cada trecho homogêneo;

V_i = velocidade média em m/s do escoamento no trecho "i".

No caso de áreas urbanas, o tempo de concentração compõe-se de duas parcelas: o tempo de entrada e o tempo de percurso dentro do dispositivo de drenagem.

$$t_c = t_e + t_p$$

(5)

Denomina-se tempo de entrada, o tempo gasto pelas águas precipitadas nos pontos mais distantes da bacia considerada para atingir o primeiro ponto de captação. Os valores mais utilizados nos projetos de drenagem urbana situam-se no intervalo de 5 a 15 minutos.

Denomina-se tempo de percurso, o tempo de escoamento, dentro dos elementos de drenagem, desde o primeiro ponto de captação até a seção considerada. Esse tempo pode ser calculado a partir dos parâmetros hidráulicos da rede de drenagem, utilizando, por exemplo, a fórmula de Manning, o que requer o pré-dimensionamento dessa rede.

Nas bacias rurais, o tempo de concentração foi calculado utilizando-se a expressão proposta pelo Califórnia Highways and Public Roads, que se reproduz a seguir (PORTO, 1995):

$$t_c = 57 (L^3/H)^{0,385}$$

(6)

Nela tem-se:

t_c = tempo de concentração, em minutos

L = comprimento de talvegue em quilômetros

H = diferença de nível entre o ponto mais afastado da bacia e a seção, em quilômetros.

O tempo de concentração (t_c) também pode ser definido como sendo o menor tempo de precipitação necessário para que toda a bacia hidrográfica contribua

integralmente para uma determinada seção de controle. Fisicamente, é representado pelo tempo de escoamento entre o ponto mais distante da bacia até a seção de controle considerada.

Período de Recorrência

O período de recorrência, estabelecido por análise de frequência, indica simplesmente o intervalo médio entre eventos iguais ou o inverso da probabilidade de que tal evento ocorrerá em um ano qualquer.

Na previsão de chuvas intensas, o tempo de recorrência corresponde ao número médio de anos em que uma dada precipitação será igualada ou excedida.

Normalmente, a escolha do período de recorrência é feita levando-se em conta a importância da obra e o grau de segurança que se pretende, tendo em vista as condições econômico-financeiras e os inconvenientes que poderão advir da insuficiência da obra em atender às vazões de enchente. Valores usualmente empregados são listados a seguir:

- Microdrenagem, drenagem superficial - tempo de retorno: 10 anos;
- Canais secundários e dispositivos de macro-drenagem – tempo de retorno: 25 anos;
- Bueiros – tempo de retorno: 25 anos (funcionando como canal) ou 50 anos (funcionando como orifício);
- Calhas de rios e pontes - tempo de retorno: 100 anos.

5.3.2 Métodos de dimensionamento das descargas

Métodos Empíricos Racionais

Para bacias com áreas inferiores a 500 ha (ou 5,0km²) (GENOVEZ, 2001), é recomendada a utilização do Método Racional, que admite como critério básico, que o pico da vazão de uma bacia hidrográfica ocorre quando toda a bacia está contribuindo, sob a ação de uma precipitação de intensidade constante e

uniformemente distribuída, ou seja, é assumido que a duração da precipitação é igual ao tempo de concentração. A implicação dessa hipótese é que o efeito do armazenamento na bacia é desprezado

A fórmula para cálculo por esse método é a seguinte :

$$Q = C I A / 36$$

(7)

Onde:

- Q** = descarga máxima, em m³/s;
- I** = intensidade de chuvas, cm/h;
- A** = área da bacia, em hectares;
- C** = coeficiente de escoamento superficial.

Métodos Baseados na Teoria dos Hidrogramas

Para bacias com áreas superiores a 1 Km², não é mais possível se supor como válidas as hipóteses que sustentam o método racional, em especial as seguintes:

- Não é admissível a hipótese da intensidade constante das chuvas, pois à medida que a duração da precipitação aumenta, esta hipótese se torna menos possível. Como as vazões de projeto dependem da distribuição temporal da precipitação, há necessidade de se aplicar um método que considere essa variabilidade.
- A hipótese da inexistência de armazenamento na bacia, admitida pelo método racional, passa a não ser realista. A admissão desta hipótese acarreta valores maiores que os existentes na realidade para as vazões de pico.

Dessa maneira, faz-se necessária a adoção de outras metodologias conceitualmente mais ajustadas, onde a teoria do hidrograma unitário encontra maior aplicabilidade no âmbito dos estudos de drenagem superficial.

Método do Hidrograma de Snyder.

Para as bacias urbanas maiores que 1,0 km², nos canais de macro-drenagem, é recomendado que a descarga de projeto seja calculada aplicando-se hidrogramas unitários sintéticos. O princípio do hidrograma unitário foi desenvolvido por Sherman

em 1932 (SHERMAN, 1949). Um exemplo de hidrograma unitário sintético, que é utilizado quando não existem dados de chuvas-deflúvio, foi desenvolvido por Snyder em 1938 (TUCCI, 2000) .

Define-se como hidrograma unitário de uma bacia, o hidrograma do deflúvio superficial direto de um volume unitário, que é produzido por uma chuva efetiva unitária. O volume unitário é considerado como sendo o volume correspondente a uma chuva efetiva unitária sobre a área drenada da bacia. A chuva unitária é definida, por sua vez, como uma chuva de duração tal que o intervalo de tempo abrangido pelo deflúvio direto correspondente, não seja ponderavelmente menor para qualquer chuva de duração inferior.

Para se aplicar o hidrograma unitário, a chuva efetiva de projeto é dividida em intervalos de tempo iguais à duração da chuva unitária: os resultados da multiplicação das alturas pluviométricas correspondente a cada um desses intervalos (incrementos) pelas ordenadas desse hidrograma são somados entre si para se obter o deflúvio direto de projeto.

A premissa básica do método do hidrograma unitário é que os hidrogramas individuais, resultantes dos sucessivos incrementos da chuva efetiva de projeto, serão proporcionais em descargas e que, quando adequadamente arranjados com respeito ao tempo, suas ordenadas individuais podem ser somadas, a fim de se obterem ordenadas que representem o hidrograma final.

A obtenção e aplicação do hidrograma unitário são baseadas nas seguintes hipóteses:

- A intensidade da chuva efetiva é constante durante a tormenta que produz o hidrograma unitário;
- A chuva efetiva é uniformemente distribuída em toda área de drenagem;
- O tempo base ou o tempo de duração do hidrograma do deflúvio superficial direto é devido a uma chuva efetiva de duração unitária e constante;
- As ordenadas dos hidrogramas do deflúvio superficial direto devido, com o tempo base comum, são diretamente proporcionais aos seus volumes;
- Os efeitos de todas as características de uma bacia de drenagem, incluindo forma, declividade, retenção, infiltração, rede de drenagem,

capacidade de armazenamento do canal, etc., são refletidos na forma do hidrograma unitário da bacia.

Duas equações básicas de Snyder, obtidas a partir de estudos de bacias rurais com 25km² a 25.000km² de área de drenagem, são utilizadas para definir o hidrograma unitário sintético. A primeira delas é a seguinte (TUCCI, 2000):

$$t_p = 0,752 C_t (L * L_{ca})^{0,3}$$

(8)

Onde:

t_p = tempo de pico desde o ponto médio do intervalo de tempo abrangido pela chuva efetiva até o pico do hidrograma unitário, em horas (h);

L = o comprimento ao longo do curso d'água, desde o ponto de estudo até os limites da bacia a montante, em quilômetros (km);

L_{ca} = a distância ao longo do curso d'água, desse o ponto de estudo até um ponto, localizado nesse mesmo curso da água, mais próximo do centro de gravidade da área de drenagem, em quilômetros (km);

C_t = coeficiente que depende das características da bacia.

A segunda equação define o pico do hidrograma unitário, em termos de descarga específica (TUCCI, 2000):

$$q_p = 2,755 C_p / t_p$$

(9)

Onde:

q_p = pico do hidrograma unitário, em m³/(s * km²);

C_p = coeficiente que depende das características da bacia (que varia entre 0.56 a 0.69).

Os valores de C_p e C_t , nas equações acima, são determinados a partir das seguintes equações (FENDRICH, 1984):

$$C_t = 7,81 / (I_a)^{0,78} \quad \text{para } I_a \geq 30 \%$$

(10)

Onde:

I_a = percentagem de impermeabilização da bacia, em valor percentual.

$$C_p = 0,89 (C_t)^{0,46}$$

(11)

Para a estimativa de C_t , deve-se:

- Adicionar 10 % para áreas esparsamente dotadas de galerias;
- Subtrair 10 % para áreas inteiramente servidas por galerias;
- Correção em função da declividade do terreno utilizando-se as seguintes equações:

$$Se < 0,010 \text{ m/ m} \Rightarrow Ct = 0,40 * Cto * Se^{-0,2}$$

$$Se > 0,025 \text{ m/ m} \Rightarrow Ct = 0,48 * Cto * Se^{-0,2}$$

$$0,010 \text{ m/ m} \leq Se \leq 0,025 \text{ m/ m} \Rightarrow Ct = Cto$$

Onde:

Se = declividade referente ao comprimento do curso d'água principal, considerando-se 80% do comprimento do canal a montante do ponto de estudo

Cto = coeficiente determinado pela equação 12

Para estimativa de **Cp**, deve-se utilizar o valor de **Ct** com a correção devida e recalculado utilizando a equação descrita anteriormente.

A forma do **hidrograma unitário** é função das características físicas da bacia e é estabelecida como base em relações empíricas.

Uma vez determinado **qp**, o valor do pico do hidrograma unitário, **Qp** pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\boxed{Qp = qp \cdot A}$$

(12)

Onde,

A = área da bacia, em km².

O intervalo de tempo compreendido entre o início da chuva e o pico do hidrograma unitário é determinado pela seguinte fórmula:

$$\boxed{Tp = 60tp + 0,5 tu}$$

(13)

Onde:

tu = duração da chuva unitária em minutos

Tp = tempo de ascensão compreendido desde o início da chuva até o pico do hidrograma unitário em minutos

Localizado Q_p , o hidrograma unitário pode ser elaborado com o auxílio das larguras estimadas do hidrograma unitário a 50% e 75%, através das seguintes equações (PORTO, 1995):

$$W_{50\% Q_p} = 2,15 / (Q_p/A)$$

(14)

$$W_{75\% Q_p} = 1,12 / (Q_p/A)$$

(15)

Após esboçar o hidrograma, planimetra-se a área compreendida pelo mesmo e determina-se o volume do deflúvio superficial direto.

Paralelamente, determina-se o volume de 1,0 cm de chuva em toda a área da bacia em estudo, ou seja:

$$V_u = 1 \times 10^6 \times A \times 0,01 \text{ m}$$

Daí resulta:

(16)

$$V_u = 1 * A * 10^4 \text{ m}^3$$

Onde:

V_u = volume unitário para 1,0 cm de chuva;
 A = área de drenagem, em km^2 .

Quando o volume do hidrograma unitário esboçado se aproxima do volume acima citado, com tolerância de 5%, então esse hidrograma é aceitável.

Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)

Para bacias urbanas ou rurais com área menor que 2600 km^2 , no cálculo das descargas de pico, pode ser utilizado o método do hidrograma unitário triangular ou Método do US Soil Conservation Service (SCS) (GENOVEZ, 2001) (SCS, 1957, apud TUCCI, 1993)

Para as bacias com áreas entre 1 e 25 km^2 , é normalmente utilizado o método do Hidrograma Unitário Triangular Simplificado e, para as áreas superiores a 25 km^2 , o método do Hidrograma Unitário Triangular Completo.

Cálculo da Altura da Chuva Efetiva

Define-se chuva efetiva, como a parcela de precipitação total que escoar superficialmente. Sua determinação, entretanto, depende de vários fatores, dos quais os mais significativos são o tipo de solo da bacia, o seu uso e a sua declividade nas encostas.

Analiticamente, a chuva efetiva é definida pela expressão (GENOVEZ, 2001):

(17)

$$R = \frac{(P-5080/CN+50,8)^2}{P+20320/ CN-203,2}$$

Onde:

R = chuva efetiva acumulada, em mm;
P = precipitação total acumulada, em mm;
CN = número de curva do escoamento superficial.

O Soil Conservation Service - SCS, em seu método, distingue quatro grupos hidrológicos de solo:

Grupo A - solos arenosos, com baixo teor de argila total inferior a 8%, sem rocha nem camadas de argila e nem mesmo camadas mais densas de solo até profundidade de 1,50m. O teor de húmus é muito baixo, menor que 1%;

Grupo B - solos arenosos, menos profundos que os do grupo A e com maior teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas, esse limite pode subir a 20% graças a sua maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir respectivamente a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras ou camadas de argila até 1,5m de profundidade, mas estão, quase sempre presentes, camadas mais densas que a camada superficial;

Grupo C - solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis nem pedras até profundidades que podem variar de 40 cm a 1,50m. Nota-se a presença, a cerca de 60 cm de profundidade, de camada mais densa que aquela do grupo B, mas ainda longe das condições de impermeabilidade.

Grupo D - solos argilosos (30 a 40 % de argila total), podendo possuir camadas densas a uns 50 cm de profundidade.

O Anexo 3 fornece valores de CN para os diferentes tipos de solo e respectivas condições de ocupação. Esse anexo refere-se à condição intermediária (Condição II) de umidade antecedente do solo, dentre as três descritas a seguir:

- Condição I - solos secos - as chuvas nos últimos cinco dias não ultrapassam os 15 mm;
- Condição II - solos intermediários - situação média na época das cheias - as chuvas, nos últimos cinco dias, totalizam de 15 a 40 mm;
- Condição III - solos úmidos (próximos da saturação) - as chuvas nos últimos cinco dias são superiores aos 40 mm e as condições meteorológicas desfavoráveis a altas taxas de evaporação.

A aplicação do Método SCS às áreas urbanizadas foi feita por consulta aos valores diretamente do Anexo 3 e, nas áreas com características variadas, o valor de CN é obtido pela média ponderada dos diversos valores correspondentes às áreas homogêneas.

A vazão de projeto do Hidrograma Unitário Triangular Simplificado é calculado pela seguinte fórmula (GENOVEZ, 2001):

$$Q = 0,189 (R A / T_c)$$

(18)

Onde:

- Q** = vazão de projeto, em m³/s;
A = área da bacia, em km²;
T_c = tempo de concentração, em horas;
R = precipitação efetiva, em mm.

Os parâmetros do Hidrograma Unitário Triangular Completo, para uma chuva efetiva (R), são calculados pela seguinte forma:

$$Q_p = 0,208 (R A / T_p)$$

(19)

Sendo:

$$T_p = D/2 + 0,6T_c$$

(20)

(21)

$$\boxed{Tr = 1,67 Tp}$$

(22)

$$\boxed{Tb = 2,67Tp}$$

Onde:

Qp = descarga de pico, em m³/s;

A = área da bacia hidrográfica, em km²;

D = duração da chuva, em horas;

R = precipitação efetiva, em mm;

Tp = tempo de pico, em horas;

Tb = tempo de base, em horas;

Tr = tempo de recessão, em horas.

5.3.3 Exemplo de cálculo de uma descarga de pico em trecho do Rio Fragoso em Olinda

Definição do Hidrograma Unitário utilizando o método de Snyder na Sub-bacia do Riacho da Mirueira.

Tabela 7– Dados para exemplo da sistemática usual de cálculo.

Variável	Valor	Unidade	Correspondência na fórmula
A	2,30	km ²	Área
L	3,80	Km	Comprimento ao longo do curso d'água, desde o ponto de estudo até os limites da bacia a montante.
Lca	2,0	Km	Distância ao longo do curso d'água, desde o ponto de estudo até um ponto, localizado nesse mesmo curso d'água, mais próximo do centro de gravidade da área de drenagem.
I	0,008	m/m	Declividade média do terreno
-	70	%	Área permeável (vide Anexo 3)
-	30	%	Área impermeável (vide Anexo 3)

Obteve-se inicialmente, o coeficiente **Ct** que depende das características da bacia, através da equação 10.

(10)

$$\boxed{Ct = 7,81 / (Ia)^{0,78}}$$

para **Ia** ≥ 30% , onde **Ia** corresponde à percentagem de impermeabilização da bacia.

Logo, tem-se: $C_t = 7,81 / (30)^{0,78} = \boxed{0,550}$

Com a correção em função da declividade do terreno, que neste caso é de 0,008m/m, tem-se:

$$\boxed{C_t = 0,40 C_{to} S_e^{-0,2}}$$

$$C_{to} = 0,55 \Rightarrow C_t \text{ original}$$

$S_e = i$, ou declividade do terreno e admitindo que a área em estudo é dotada de galerias esparsamente instaladas, majora-se em 10% o valor de C_{to} .

Logo, tem-se: $C_t = 1,10 \times 0,40 \times (0,55) \times 0,008^{-0,2} \therefore$

$$C_t = \boxed{0,636}$$

Da Equação 10, tem-se que:

$$t_p = 0,752 C_t (L * Lca)^{0,30}$$

Onde, t_p = tempo de pico, em horas

$$t_p = \boxed{0,879} \text{ h}$$

ou em minutos $t_p = \boxed{52,74} \text{ min}$

Onde, t_r = tempo de retardo, em horas

$$t_r = t_p / 5,5 \text{ (TUCCI, 2000, p.430)}$$

$$t_r = \boxed{0,160} \text{ h}$$

ou em minutos $t_r = \boxed{9,6} \text{ min}$

Obtem-se também o C_p (Eq. 13), que é encontrado utilizando a fórmula:

$$C_p = 0,89 (C_t)^{0,46} \therefore$$

$$C_p = \boxed{0,723}$$

Em seguida, a eq. 11- define o pico do hidrograma:

$$q_p = 2,755 C_p/t_p \quad \therefore$$

$$q_p = \boxed{2,266}$$

$$q_p = 2,26 \text{ m}^3/\text{s} / \text{km}^2$$

Logo (eq. 14): $Q_p = q_p \cdot A \therefore Q_p = 2,266 \text{ m}^3/\text{s} / \text{km}^2 \times 2,30 \text{ km}^2 \therefore$

$$\underline{\underline{Q_p = 5,21 \text{ m}^3/\text{s} (\text{PICO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO)}}$$

$$W_{50\% Q_p} = 2,15 / (Q_p/A) \text{ (eq. 16) } \therefore$$

$$W_{50\% Q_p} = \boxed{0,949} \therefore$$

$$\underline{W_{50\% Q_p} = 0,949 \text{ horas ou } 56,9 \text{ minutos}}$$

$$W_{75\% Q_p} = 1,12 / (Q_p/A) \text{ (eq. 17) } \therefore$$

$$W_{75\% Q_p} = \boxed{0,494} \therefore$$

$$\underline{W_{75\% Q_p} = 0,49 \text{ horas ou } 29,64 \text{ minutos.}}$$

Em seguida a Eq. 15:

$$\underline{Tp = 60t_p + t_u / 2 \therefore Tp = 60 (0,879) + 10 / 2 = 57,74 \text{ minutos}}$$

Há uma orientação de Tucci (2000) para a utilização desse método:

“... o tempo de base é irreal, porque o menor valor será 3 dias. Sendo assim, deve-se procurar prolongar as larguras obtidas, mantendo o volume unitário. Como o trabalho de esboçar curva é tedioso e sujeito a várias interpretações, pode-se usar as larguras e pontos obtidos para estabelecer trechos retilíneos que apresente um volume unitário”.

Tem-se que:

$$t_b = 3 + t_p/8$$

Onde, t_b = tempo de base, em horas

$$t_p = \boxed{3,110} \text{ h}$$

Tem-se então:

$$t_c = W_{75} + 0,75 t_p \therefore t_c = \boxed{1,35}$$

$$q_c = \boxed{3,394}$$

$$t_D = W_{50} + 0,50 t_p \therefore t_D = \boxed{1,39}$$

$$q_D = \boxed{3,30}$$

$$t_b = 11,1 \times A / q_p - W_{75} - 1,5 \times W_{50} \therefore t_b = \boxed{9,35} \text{ h}$$

Como o valor está superior ao $t_p = 3,11\text{h}$ obtidos inicialmente, este então será mantido.

Tem-se então um gráfico do Hidrograma Unitário para a situação exemplificada (Figura 21).

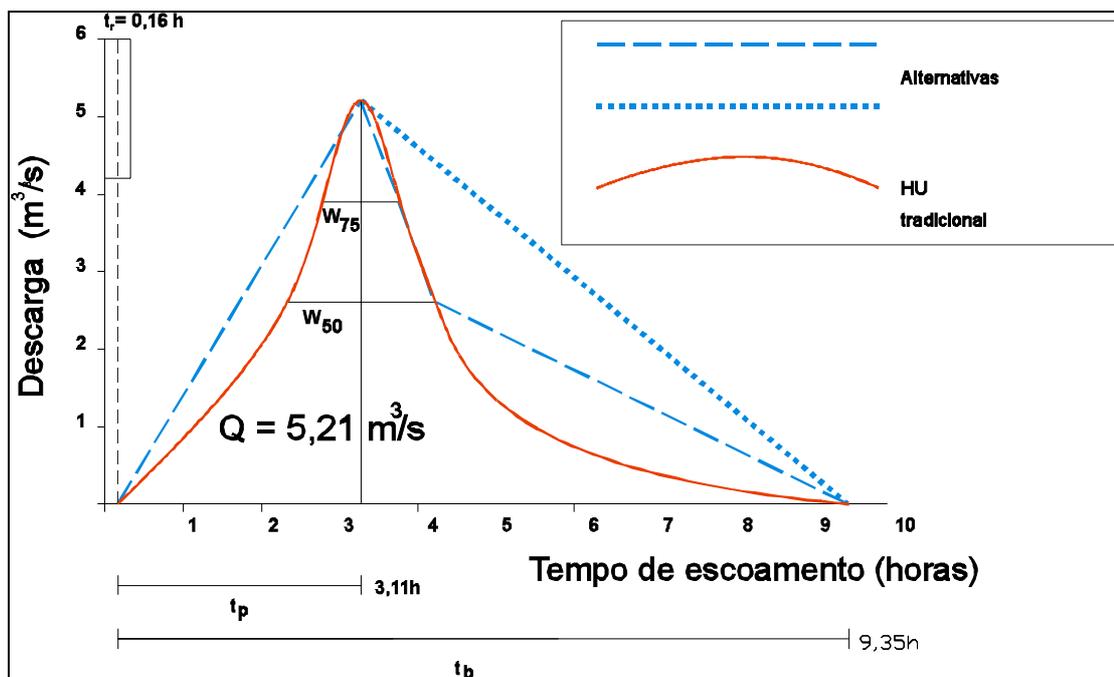


Figura 21 - Hidrograma Sintético Unitário de Snyder.

Aplicado ao estudo de vazão em trecho do Riacho da Mirueira, afluente do Rio Fragoso, a título de exemplificação de metodologia usual.

Esses são as metodologias e modelos matemáticos usualmente utilizados nos projetos de engenharia adotados nas soluções dos problemas de drenagem urbana. Foram eles utilizados no dimensionamento das obras de engenharia da Bacia do Rio Fragoso até a data atual.

Tais métodos, considerados clássicos, devem ser comparados com outros métodos tais como o SBUH (Santa Barbara Urban Hydrograph Method) e o CUHP (Colorado Urban Hydrograph Procedure) (RAMOS, 1999), dentre outros, ao mesmo tempo em que se deverá coletar informações de campo que permitam a correta calibração e validação dos mesmos.

Diversas metodologias para cálculo da chuva de projeto têm sido desenvolvidas, a partir da análise de dados pluviométricos dos postos de observação, devendo esses dados serem avaliados e validados de tal forma que representem com maior eficácia as variações dos eventos hidrológicos locais.

A estimativa de parâmetros de modelos hidrológicos depende de vários fatores, tais como a qualidade e a representatividade dos dados; as condições do modelo matemático em representar os processos; a capacidade dos parâmetros em retratar a variabilidade física da bacia (TUCCI; MARQUES, 2000b).

As informações das prefeituras sobre problemas causados pelos alagamentos são muito valiosas, principalmente se utilizados sistemas de informações geográficas para suporte a decisões.

Para a avaliação de chuva de projeto, o método mais comum é o dos blocos alternados, a partir de curvas IDF da série de eventos da época presente. As alternativas são o hietograma triangular usado pelo SCS, muito semelhante ao de blocos alternados, ou o método baseado na distribuição temporal das chuvas da região em estudo de Huff ou Pilgrim e Cordery (VILLANUEVA; TUCCI, 2001).

Cabem, ainda, modelos e técnicas mais atuais, com vistas a obtenção de resultados mais reais de chuva efetiva, escoamento superficial, escoamento na rede de macrodrenagem, áreas de possíveis reservatórios de retenção, dimensionamento de condutos e canais e suas avaliações econômicas.

A complexa heterogeneidade de solos, vegetação e topografia, cada uma delas com sua escala própria e suas interações, com estímulos meteorológicos que variam no tempo e no espaço, produzem efeitos complexos. Em consequência, observa-se que os processos hidrológicos podem apresentar comportamentos distintos de acordo com as escalas espaço-tempo do sistema e dos processos analisados (WOOD, 1995; MEDIONDO; TUCCI, 1997).

Para uma melhor compreensão e entendimento, deve-se observar que os estudos hidrológicos normalmente abrangem as seguintes etapas:

- Definição da área a ser estudada, com possíveis características homogêneas;
- Coleta de dados climatológicos, pluviométricos e pluviográficos da região;
- Delimitação e determinação das características da bacia hidrográfica;
- Cálculos e verificações, a partir dos dados obtidos, para conhecimento das condições em que se verificam as precipitações pluviais intensas;
- Comportamento do escoamento superficial existente;
- Funcionamento das redes de macrodrenagem existentes; e
- Possíveis impactos ambientais negativos existentes ou por existir.

A finalidade fundamental desses estudos é para se obter uma avaliação das possíveis vazões de pico das bacias, que solicitarão estruturas de macro e microdrenagem a serem projetadas, otimizando assim os seus custos.

Wright (1997) avaliou os procedimentos utilizados em países em desenvolvimento para água e saneamento e suas principais conclusões foram:

- O planejamento e a construção do sistema foram baseados em práticas de países desenvolvidos que não consideram as reais necessidades locais, resultando em investimentos com baixo retorno;
- É comum a falta de gerenciamento, tais como: falta de financiamento, pouco contato com os beneficiários e centralização das decisões;
- São realizados grandes projetos cujos custos são dificilmente ressarcidos aos cofres públicos pela população beneficiada ou o seu conjunto;
- O desempenho da manutenção e a operação do sistema são ruins.

Medidas hidrológicas tais como precipitação, vazão e evaporação, são importantes para o entendimento do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. Estes dados darão suporte à calibração e a validação de modelos hidrológicos a serem adotados.

Não existe atualmente qualquer estudo contínuo que favoreça ao planejamento da drenagem nem para a proteção contra inundações na bacia do Rio Frágoso.

O estudo das vazões, por exemplo, podem ser de três tipos: (i) de nível, (ii) não estrutural e (iii) estrutural, os quais podem ser adotados para um período contínuo

de tempo, propiciando valiosas informações e dados para possíveis calibrações de modelos, já citados anteriormente.

Vale ainda salientar que a maioria dos hidrólogos considera que uma boa série de vazões deve ter quantidade, qualidade e pelo menos trinta anos de dados observados.

Se as séries de vazões não têm um tamanho suficiente, para se verificar o ajuste de uma distribuição de probabilidades, mas existe algum dado de vazão, então se pode calibrar um modelo determinístico chuva-vazão para as enchentes (PAIVA, J; PAIVA, E., 2001).

Desta forma, o dimensionamento e todas as formas de cálculo devem apresentar em seu conjunto, a dinâmica que ocorre com a ocupação desordenada da bacia e seus efeitos funestos, exigindo que os projetos atendam ao tempo de vida útil da cada obra de engenharia e que evite o processo de degradação existente, propiciando assim um processo natural de revitalização e melhoria da qualidade ambiental.

5.4 Qualidade da Água

A qualidade da água da bacia em estudo reflete dois momentos de análise realizada pelos técnicos da CPRH, onde foram enfocados os parâmetros necessários aos estudos requeridos para um período definido.

Num primeiro momento, os estudos serviriam de base para a classificação dos cursos de água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, atendendo ao critério da Portaria GM 013, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior e do Decreto Estadual nº 7.269 de 05 de junho de 1981, no seu artigo 22, que considera a classificação dos corpos de água, não necessariamente no seu estado encontrado nesta data, mas nos parâmetros que eles deveriam possuir, para atender as necessidades conforme os usos pretendidos atuais e futuros da época.

Num segundo momento, tinham como objetivo a avaliação da qualidade das águas com base nos parâmetros estabelecidos pela Portaria MINTER/SEMA Nº 13/76 (anteriormente citada), uma vez que os rios da Bacia do Rio Frágoso (o qual, até a presente data, era tratado como um simples afluente da Bacia do Rio Paratibe)

não se enquadravam com o padrão Classe 1 e 2 de qualidade estabelecido pela Resolução N° 20/86 – CONAMA, e definido conforme a Tabela 11.

A Figura 22 representa o Diagrama Unifilar da Bacia do Paratibe, com destaque para a bacia do Rio Frágoso.

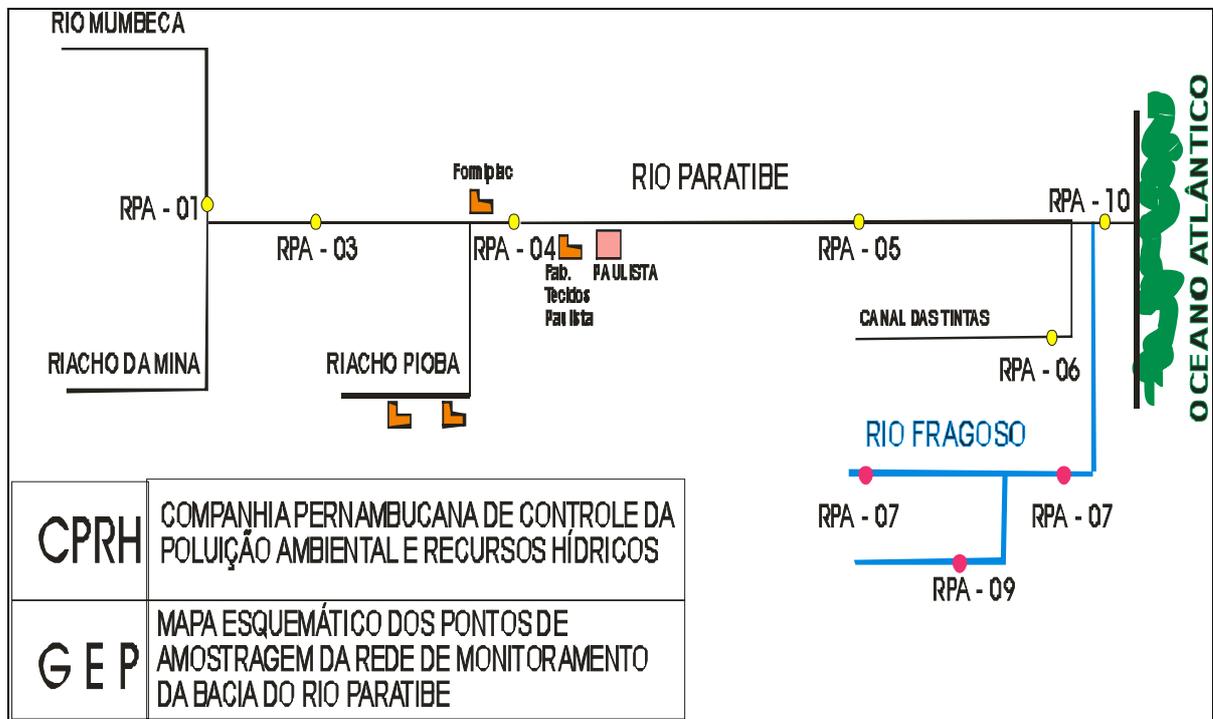


Figura 22– Diagrama Unifilar - Bacias Rio Paratibe/Rio Frágoso
Realce para Rio Frágoso e suas Estações de Amostragem.
 (Fonte: CPRH, 1986)

As Tabelas 8, 9 e 10, apresentam respectivamente a DBO, o OD e o NMP observados nos estudos de 1986, únicos que foram resgatados dos arquivos do CPRH.

Tabela 8– DBO entre 09/86 e 12/86 na Bacia do Rio Frágoso

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – DBO _{5,20°C} (Fonte: CPRH, 1986)			
DBO _{5,20°C} recomendada ≤ 5,0 ml / l para Classe 2			
ESTATÍSTICA	RPA -07	RPA-08	RPA-09
Nº de amostras	3	3	3
1 (Mínimo)	2,80	14,20	8,30
2	4,61	16,79	17,09
3 (Máximo)	4,80	23,10	18,50
Amplitude	2,00	8,90	10,20
Média	4,07	18,03	14,63

Desvio Padrão	1,10	4,58	5,53
---------------	------	------	------

Tabela 9– OD entre 09/86 e 12/86 na Bacia do Rio Fragoso.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO – OD (Fonte: CPRH, 1986) OD recomendado $\geq 5,0$ mg / l para a Classe 2			
ESTATÍSTICA	RPA –07	RPA-08	RPA-09
Nº de amostras	3	3	3
1 (Mínimo)	5,20	0,60	0,60
2	6,10	0,61	1,99
3 (Máximo)	6,40	0,80	3,80
Amplitude	1,20	0,20	3,20
Média	5,90	0,67	2,13
Desvio Padrão	0,62	0,11	1,60

Tabela 10 – NMP Coliformes Fecais/100ml, 09/86-12/86, Bacia Rio Fragoso.

NMP COLIFORMES FECAIS/100ml (Fonte CPRH, 1986) NMP COLIFORMES FECAIS/100ml recomendado ≤ 1000 / 100ml para a Classe 2			
ESTATÍSTICA	RPA –07	RPA-08	RPA-09
Nº de amostras	3	3	3
1 (Mínimo)	1.700	4.500	1.500
2	4.699	5.199	2.000
3 (Máximo)	90.000	5.400	13.000
Amplitude	88.300	900	11.500
Média	32.133	5.033	5.500
Desvio Padrão	50.137	472	6.500

Os dados anteriormente apresentados, indicam que já em 1986, a qualidade da água do Rio Fragoso se encontrava fora dos limites da Classe 2 conforme a Resolução Nº 20/86 – CONAMA, não atendendo nem aos limites desta mesma resolução para a Classe 8, que estabelece o OD maior ou igual a 3,0 mg/l de O₂ em qualquer amostra e valores inferiores a 20.000 coliformes fecais por 100ml em pelo menos cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês (MOTA, 1995, p. 21).

A Tabela 11 identifica os diversos trechos da Bacia, conforme Decreto Estadual nº 7.269, de 05 de junho de 1981, onde foram estabelecidas as CLASSES 1 e 2 para a Bacia do Rio Fragoso pelos estudos desenvolvidos pela CPRH.

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 182, estabelece que o Plano Diretor é obrigatório para cidades com mais de 20.000 habitantes, devendo ser o instrumento básico da Política de Desenvolvimento e Expansão Urbana.

Tabela 11 – Enquadra cursos d’água da Bacia do Rio Fragoso (CPRH, 1986).

USO DAS COLEÇÕES HÍDRICAS Conforme critérios da Portaria GM 0013, de 15/01/76, do Ministério do Interior, e do Decreto Estadual de nº 7269, de 05/06/81, no seu artigo 22		BACIA DO RIO FRAGOSO		
		Riacho da Mirueira da nascente até 1km	Riacho da Mirueira de 1km da nascente até o ponto da PE-6	Demais trechos da Bacia
ABASTECIMENTO DE ÁGUA	S/ prévia ou simples desinfecção	X		
	Após tratamento convencional		X	X
	Após tratamento avançado			
	Industrial			
IRRIGAÇÃO	Hortaliças	X	X	X
	Plantas Frutíferas	X	X	X
PRESERVAÇÃO	Fauna e Flora	X	X	X
	Peixes em geral	X	X	X
OUTROS	Recreação de contato primário			
	Navegação			
	Harmonia Paisagística			
	Dessedentação animal			
	Diluição de Despejos		X	
CLASSE		1	2	2

Partindo desta exigência, foi elaborado um plano de trabalho envolvendo uma parceria entre os técnicos da Prefeitura Municipal de Olinda e do CPRH, cuja base de dados serviu para um diagnóstico ambiental, possibilitando a elaboração do Plano Diretor da Cidade de Olinda.

As Tabelas 12, 13 e 14, correspondem à parte do acervo da CPRH que possibilitou a produção do Diagnóstico Ambiental do Município de Olinda (BELTRÃO, et al. 1995).

Material este que corresponde a uma pequena parte das inúmeras amostras e exames colhidos durante o período de 1990 a 1992, com a implantação de rede de monitoramento de qualidades das águas, constituídas de 08 (oito) estações na Bacia do Rio Paratibe, sendo que 3 (três) destas estações se encontravam na Bacia do Rio Frágoso, considerada um afluente do Rio Paratibe.

A Figura 23 apresenta o Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Paratibe, bem como a distribuição dos pontos de amostragem, que não levaram em consideração os pontos observados em 1986.

A Figura 23 foi adaptada dos autores BELTRÃO et al. (1995), com destaque em azul para o Rio Frágoso e suas novas estações de amostragem, de onde resultou as novas coletas que possibilitaram a estimativa de qualidade de água local em 1992.

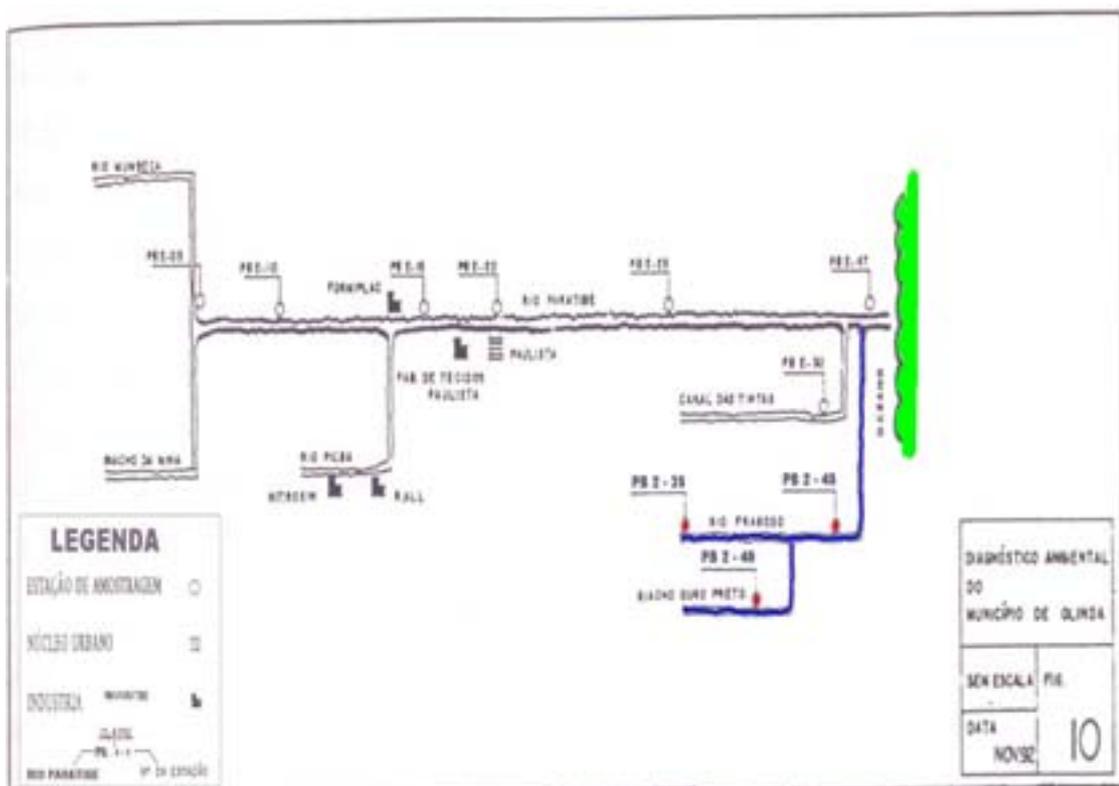


Figura 23 – Diagrama Unifilar (Bacias dos Rios Paratibe e Frágoso) (BELTRÃO et al. 1995).

O material apresentado nas tabelas 12, 13 e 14, correspondem apenas aos boletins que foram encontrados nos arquivos da CPRH.

**Tabela 12- Monitoramento da Bacia do Rio Paratibe(GL-1)/Rio Fragoso (DBO)
No ano de 1990 (Fonte: BELTRÃO et al. 1995)**

Parametro: DBO (5 dias a 20 graus C) mg/l		
Estacao	PA 2-35	PA 2-45
Mes		
JAN		
FEV	3,10	8,80
MAR		
ABR		
MAI	4,40	
JUN		
JUL		
AGO		
SET		
OUT		
NOV		
DEZ		
max	4,40	8,80
min	3,10	8,80

DBO_{5,20°C} recomendada $\leq 5,0$ ml / l para Classe 2

**Tabela 13 – Monitoramento Bacia do Rio Paratibe/Rio Fragoso (OD)
No ano de 1990 (Fonte: BELTRÃO et al. 1995)**

Parametro: Oxigenio Dissolvido (mg/l)		
Estacao	PA 2-35	PA 2-45
Mes		
JAN		
FEV	4,80	0,00
MAR		
ABR		
MAI	4,40	
JUN		
JUL		
AGO		
SET		
OUT		
NOV		
DEZ		
max	4,80	0,00
min	4,40	0,00

OD recomendado $\geq 5,0$ mg / l para a Classe 2

**Tabela 14 – Monitoramento Bacia Rio Paratibe/Rio Fragoso (NMP).
No ano de 1990 (Fonte: BELTRÃO et al. 1995)**

Parametro: NMP de coliformes fecais p/ 100ml		
Estacao	PA 2-35	PA 2-45
Mes		
JAN		
FEV	810	1.100
MAR		
ABR		
MAI	>160.000	
JUN		
JUL		
AGO		
SET		
OUT		
NOV		
DEZ		
max	>160.000	1.100
min	810	1.100

NMP COLIFORMES FECAIS/100ml recomendado ≤ 1000 / 100ml para a Classe 2.

A Tabela 15 apresenta uma comparação entre alguns parâmetros para avaliação da qualidade da água, que foram registrados em 1986 e 1995. No Anexo 4, existe a relação completa de todos os parâmetros de qualidade que devem ser coletados para uma correta avaliação da qualidade da água.

Tabela 15 - Qualidade das águas em dois períodos analisados pela CPRH.

PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA	UNID.	COMPARAÇÃO ENTRE OS LIMITES/CONDIÇÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS E ANÁLISES OBTIDAS			
		PORTARIA GM – 13/76 SEMA MINTER e DEC. EST. Nº 7.269/81 CLASSE 2	ANÁLISES OBTIDAS EM 1986 (máxima e mínima)	RESOLUÇÃO CONAMA Nº 020/86 CLASSE 2	ANÁLISES OBTIDAS EM 1995 (máxima e mínima)
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					
OD	mg/l.O ₂	≥ 5	6,40 – 0,60	≥ 5	4,80 – 4,40
DBO	mg/l.O ₂	≤ 5	2,08 – 23,10	≤ 5	3,10 – 8,80
Coliformes Fecal	NMP /100ml	1.000	1.500 – 90.000	1.000	810 – 160.000

Como se pode observar, existe uma clara necessidade de um maior número de análises de quantidade e qualidade que permita um controle efetivo ao longo do tempo.

Os dados obtidos já demonstram claramente uma degradação quando comparado aos valores mínimos desejados de acordo com o enquadramento do rio, com destaque para as análises de coliformes fecais.

A maior carga poluidora aí identificada é causada pelos esgotos domésticos das áreas urbanizadas dos Municípios de Olinda e do Paulista.

5.5 Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal da área era originalmente constituída pela Floresta Atlântica do tipo *Ombrófila Densa* e seus ecossistemas associados aos manguezais e restingas.

Lamentavelmente, a Mata Atlântica é hoje considerada inexpressiva em nosso Estado. Restam, no entanto, como testemunha de sua existência primitiva, a Mata do Ronca e a Mata do Quartel do 7º GAC/EX, todas localizadas nas nascentes da Bacia do Rio Fragoso (Figura 24).

Até esses resquícios de florestas vêm sendo gradativamente eliminados por ações antrópicas, como veremos no título em que serão apresentadas fotos recentes de degradação das nascentes e das matas ciliares.

A Figura 24 apresenta um mapa da cobertura vegetal elaborado pela FIDEM em 1995, destacando-se a região delimitada pela bacia em estudo.

Esse mapa foi elaborado utilizando-se fotografias aéreas na escala 1:30.000 de 1984/88, complementado com imagens de satélite LANDSAT – TM de 1991 e vistoria de campo.

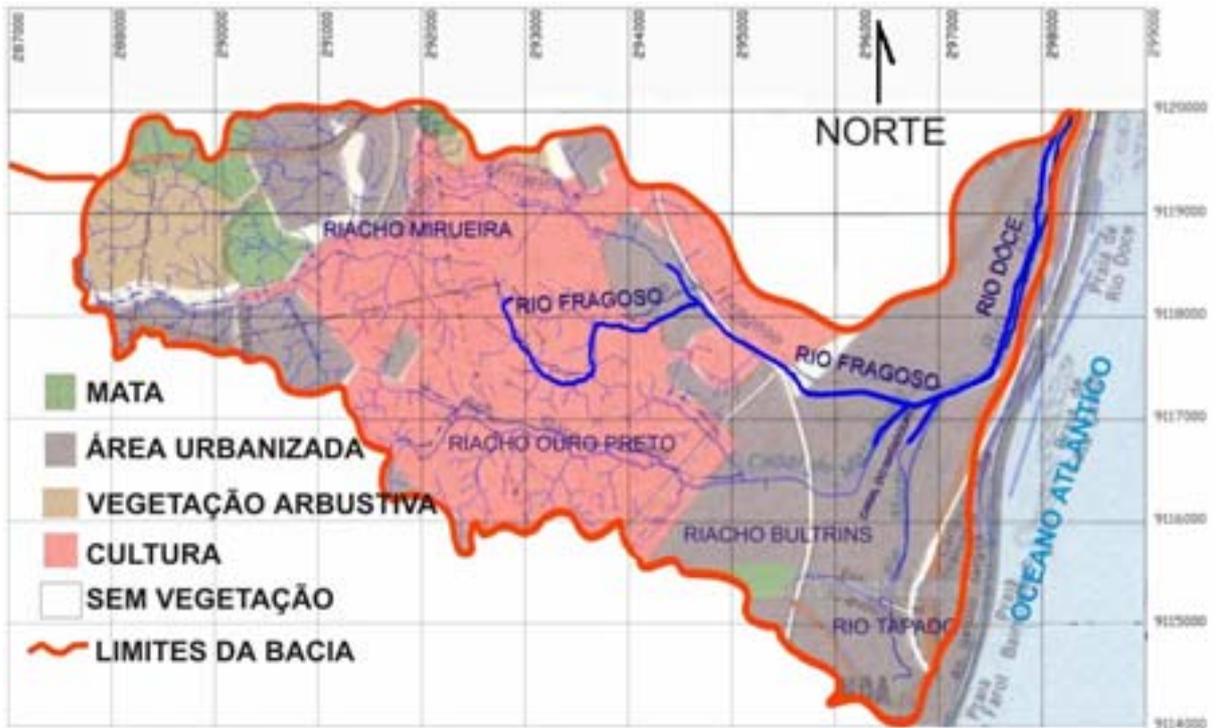


Figura 24– Mapa da cobertura vegetal (Fonte: FIDEM 1995)

Em destaque para os limites da Bacia do Rio Fragoso .

6. DRENAGEM URBANA NA BACIA DO RIO FRAGOSO

A Bacia do Rio Fragoso drena os Municípios de Olinda e do Paulista, tendo grande importância tanto na macrodrenagem quanto na microdrenagem. Encontra-se no Município de Olinda o trecho de maior abrangência dessa bacia e é no encontro com suas áreas urbanas onde ocorre a maior degradação e se processa a maioria dos efeitos negativos das ações antrópicas. Vale salientar que as obras de engenharia de microdrenagem estão presentes em uma área reduzida se comparada às reais necessidades dos Municípios.

A implantação de uma política global de operacionalização de projetos de drenagem urbana se justifica, visto que a cada evento extremo de precipitação pluvial ocorrem inundações nas áreas urbanizadas da bacia hidrográfica, comprovando a ineficiência do escoamento das águas pluviais da rede coletora, o mau dimensionamento das obras hidráulicas, oriundo de avaliação inadequada das vazões máximas de projeto ou decorrente da degradação antrópica que não foi devidamente prevista.

Fendrich (1999) salientou a importância da drenagem urbana, no tocante à saúde e ao meio ambiente, pois cresce a degradação cada vez mais e com maior frequência a partir dos esgotos sanitários, ainda não coletados por rede cloacal específica, ou ainda, dos lançamentos indevidos de resíduos sólidos urbanos, nos sistemas de drenagem das bacias hidrográficas.

Nos eventos extremos de chuva, surgem doenças hidroveiculadas pela proliferação de ratos, baratas, mosquitos ou insetos vetores de diversas doenças, colocando em risco a saúde da população e, adicionalmente, deteriorando a qualidade ambiental da bacia hidrográfica e, portanto, a qualidade de vida dos habitantes dessa bacia (FENDRICH, 1999).

Nota-se, às vezes, a ausência de integração do estudo da drenagem urbana com outros setores da gestão municipal. Ao contrário do que se preconiza, os problemas vão surgindo com o uso e ocupação do solo e são tratados de forma pontual e fragmentada. Este tipo de ação traz prejuízos a médio e longo prazos e não resolve os problemas advindos da pluviosidade, tornando os microssistemas de drenagem implantados problemáticos e inadequados em pouco tempo de uso (CABRAL et al., 2001).

6.1 A Microdrenagem

O controle de pontos críticos de acúmulo das águas de chuva em pontos baixos das ruas pavimentadas, cujas conseqüências muitas vezes extrapolam os danos materiais, acarretando até mesmo a perda de uma vida; como no caso das chuvas que ocorreram na Bacia do Rio Frágoso em fevereiro de 2002 (Figura 25); necessita de melhor enfoque e mais ação para eliminar o perigo que existe nas nossas ruas.

Para que se possa desenvolver equipamentos que atendam melhor as necessidades do sistema de microdrenagem, se faz necessária uma pesquisa voltada para as principais patologias usualmente observadas.

Não basta a correta escolha do tipo de sistema de microdrenagem e seu correto dimensionamento em conjunto com as galerias que receberão o seu fluxo (AZEVEDO NETTO; ALVAREZ, 1982); mais do que isso deve-se:

- a) Normalizar métodos de dimensionamento e de construção, que resultem na redução de casos críticos, dando maior estabilidade para acidentes provocados por veículos;
- b) Estabelecer uma melhor definição para o posicionamento do sistema de microdrenagem no greide da rua;
- c) Dificultar ao máximo a utilização da rede de águas pluviais por ligações clandestinas de esgotos domésticos ou, se possível torná-las inexecutáveis;
- d) Melhorar a seleção e promover a retenção dos resíduos sólidos, que resultem em impactos ambientais negativos no corpo receptor;
- e) Projetar um modelo de controle e manutenção do sistema implantado, desde os seus reflexos a jusante do ponto da bacia urbanizada, até o controle estatístico das falhas e problemas que surgirão durante o uso do sistema ao longo do tempo.



Figura 25 - Jornal do Comércio, de grande circulação em PE (11/02/2002)

A interferência do Poder Público é exigida pela comunidade, após a construção do sistema, principalmente quando ocorrem falhas pela falta de manutenção preventiva, por erro de projeto que às vezes apenas transfere o problema para outro local a jusante do ponto observado, ou mesmo devido à ocorrência de precipitações pluviométricas extraordinárias, que provocam inundações nos locais em que havia sido implantado sistema de drenagem não adequado para chuva intensa superior a probabilidade de projeto. Isso tudo pode provocar perdas materiais e humanas.

Sabe-se que existem nas estruturas de drenagem urbana das cidades, problemas graves e urgentes, motivo de intenso envolvimento social e público, principalmente devido ao grande e crescente adensamento populacional, à desordenada ocupação do solo e ao aumento de sua impermeabilização, de que resulta o aumento do pico das chuvas e conseqüentes alagamentos registrados nos últimos anos.

As inundações acontecidas solicitam um melhor dimensionamento nos projetos de sistemas de drenagem, mediante construções que privilegiem as inovações tecnológicas.

Devem ser adotadas novas formas de concepção de projetos construtivos, novas metodologias de acompanhamento de sua implantação e, principalmente, postura mais responsável da administração pública para a manutenção permanente

do sistema de drenagem, que minimize os efeitos catastróficos das enchentes sempre muito dispendiosas.

Outra recomendação sempre oportuna, é a realização de campanha educativa ininterrupta em todos os meios de comunicação, além das escolas, alertando a população para os entupimentos e prejuízos decorrentes do lixo lançado no sistema de drenagem.

São apresentadas, a seguir, as principais patologias, identificadas nas bocas coletoras das ruas das Cidades de Olinda e do Paulista, em Pernambuco, e sugeridas modificações em seu posicionamento e construção.

6.1.1 Construção usual das bocas coletoras

As bocas coletoras podem ser de vários tipos, formas e características, levando-se em conta sempre a sua aplicação e funcionamento.

Será abordada a do tipo boca coletora simples, considerada a mais comum e percentualmente a mais executada. Serão motivo de análise, não os critérios para o seu dimensionamento hidráulico e sim sua composição estrutural construtiva quanto aos seguintes elementos (Figuras 26, 27 e 28):

- Tampa de inspeção;
- Guia chapéu;
- Laje superior de concreto armado;
- Laje de fundo;
- Prolongamento interior e
- Interligação com as galerias.

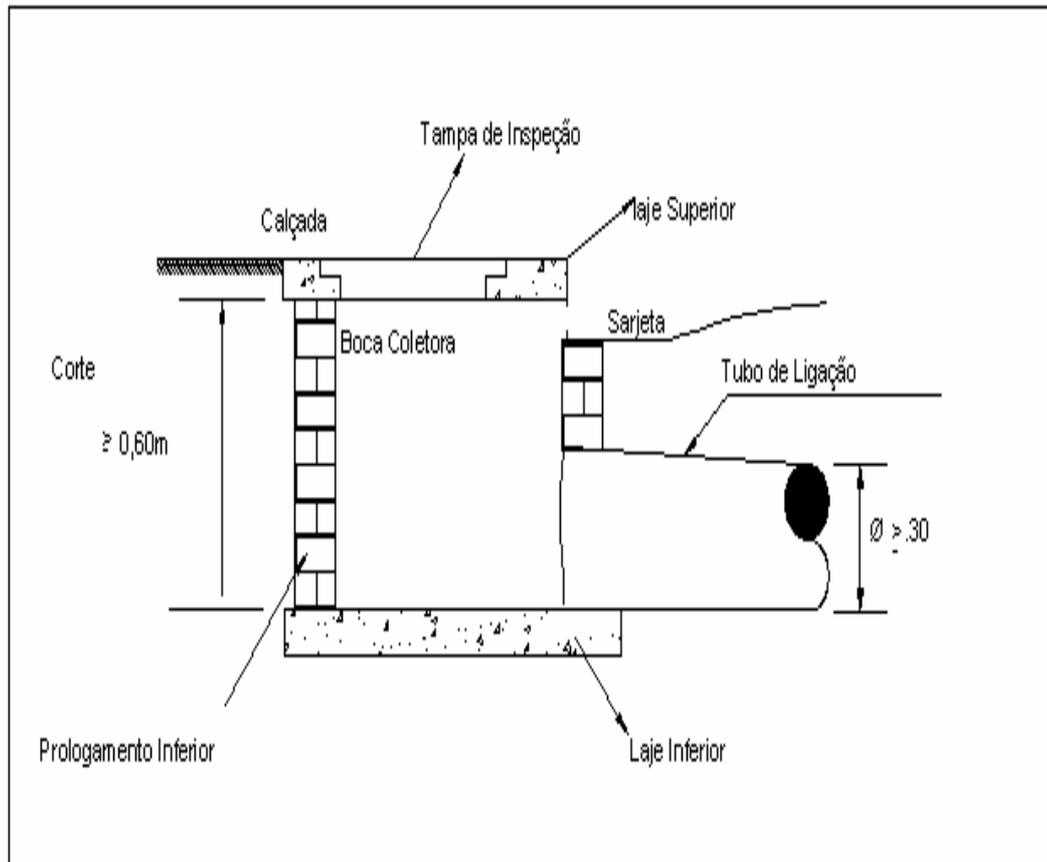


Figura 26 - Boca coletora em corte lateral.

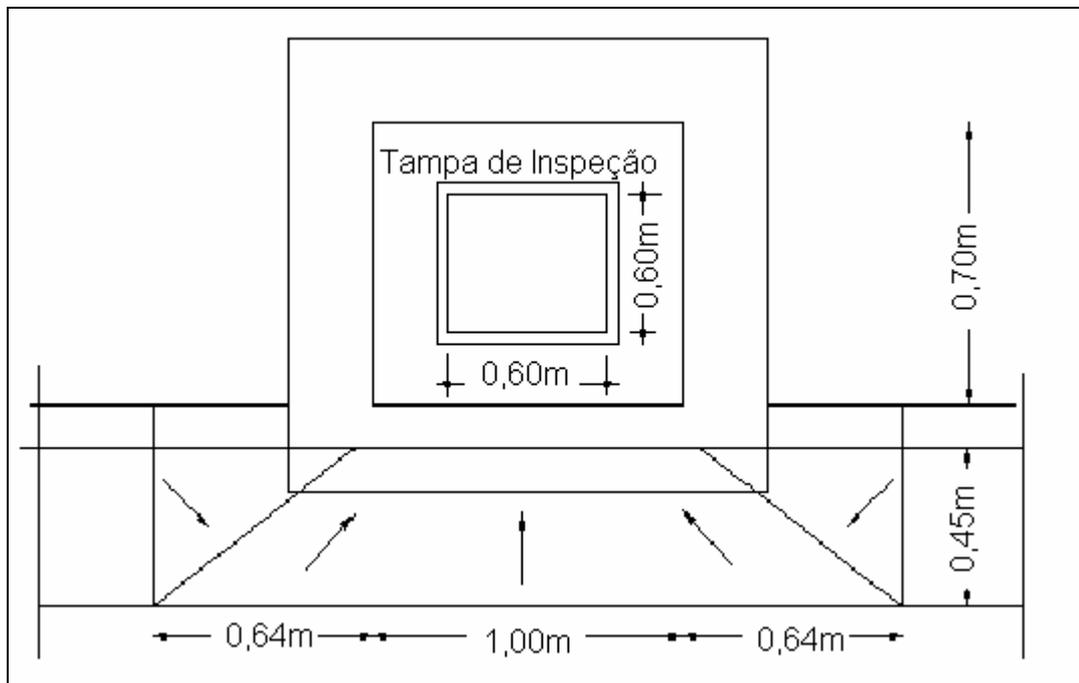


Figura 27- Boca coletora em planta baixa.

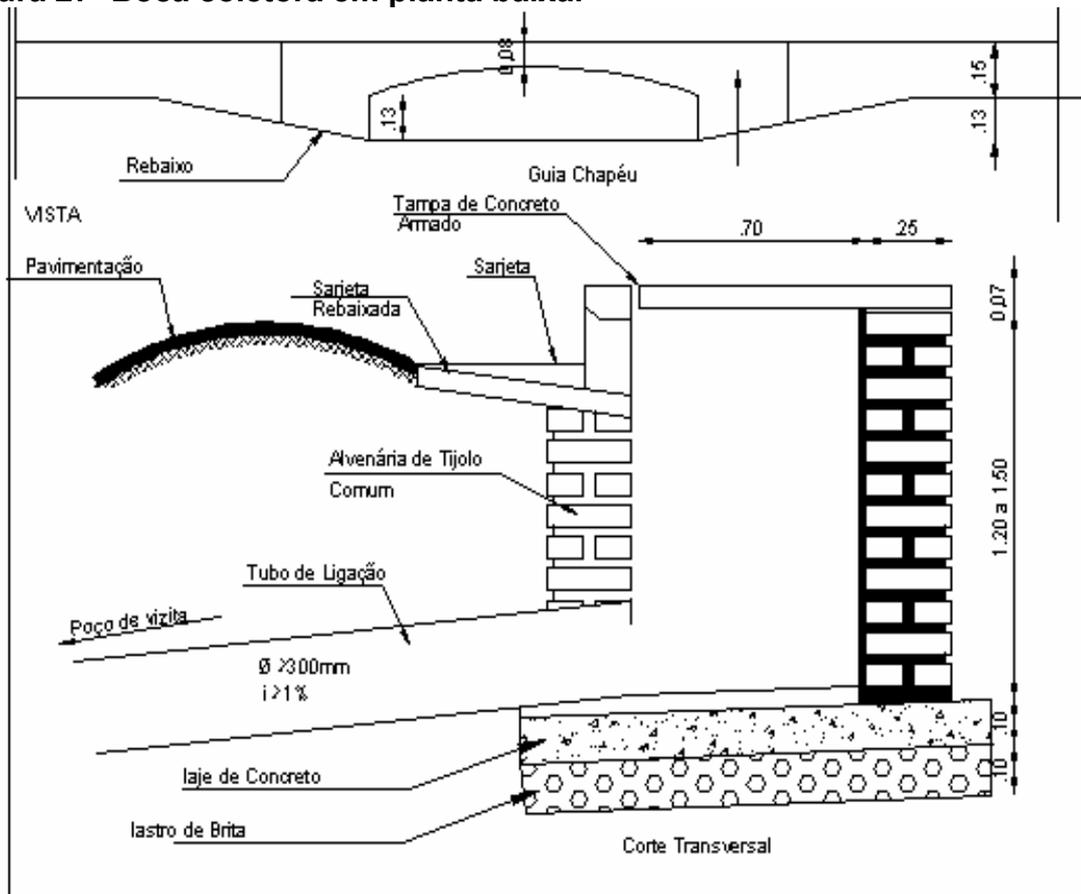


Figura 28 - Boca coletora em planta de corte transversal.

As plantas executivas ilustradas nas Figuras 29, 30, 31 e 32 apresentam características de construção de bocas coletoras que são seguidas pelas Prefeituras das Cidades de Olinda e do Paulista em sua execução.

Vale salientar que as construções de sistemas de drenagem local, estadual e nacional, desde o início dos anos setenta, já adotavam, sem grandes modificações, este tipo de dispositivo.

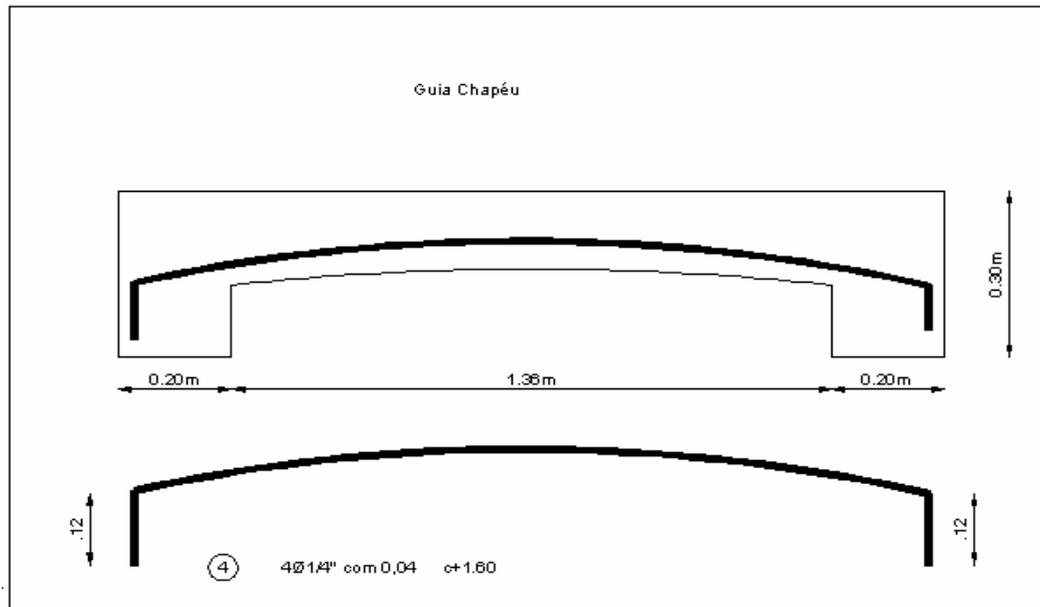


Figura 29 - Forma e dimensionamento do guia chapéu.

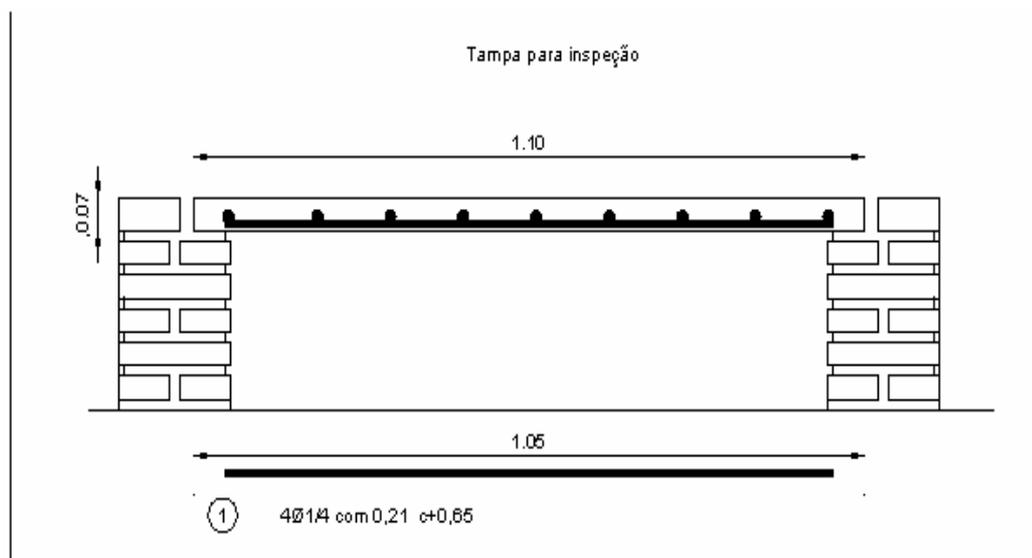


Figura 30- Forma e dimensionamento da tampa.

O guia chapéu, como se pode observar na Figura 29, deveria ser dimensionado como uma viga bi-apoiada, com características próprias, principalmente devido ao fato de receber maior número de impactos nas colisões de veículos. No entanto, sua planta executiva, como se pode observar; recebe apenas um reforço simples de ferragem.

As tampas de inspeção, como a da Figura 27, possuem, na sua maioria, as dimensões de 60cm x 60cm com espessura inferior a 7,0cm e com uma armação de

ferro que não confere segurança para cargas de veículos. Existem, também, construções de tampas com tamanhos diferentes do padrão como na Figura 31.

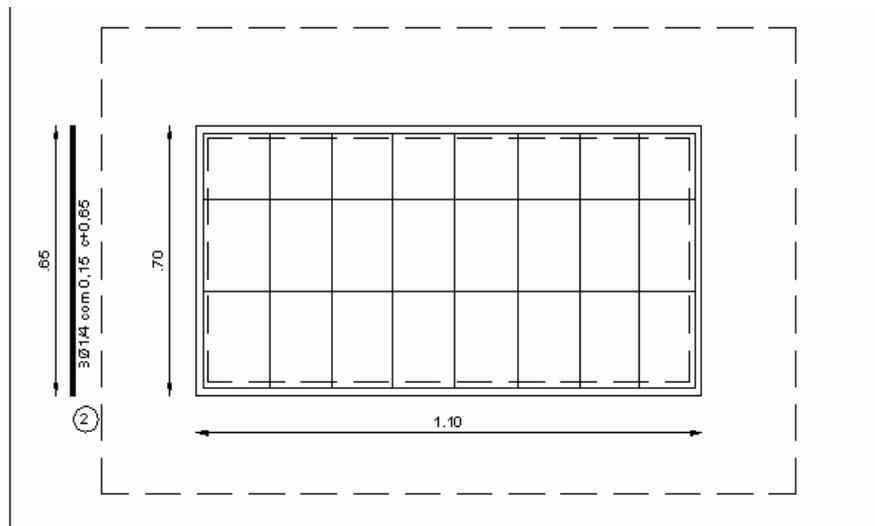


Figura 31 - Forma e dimensionamento da tampa.

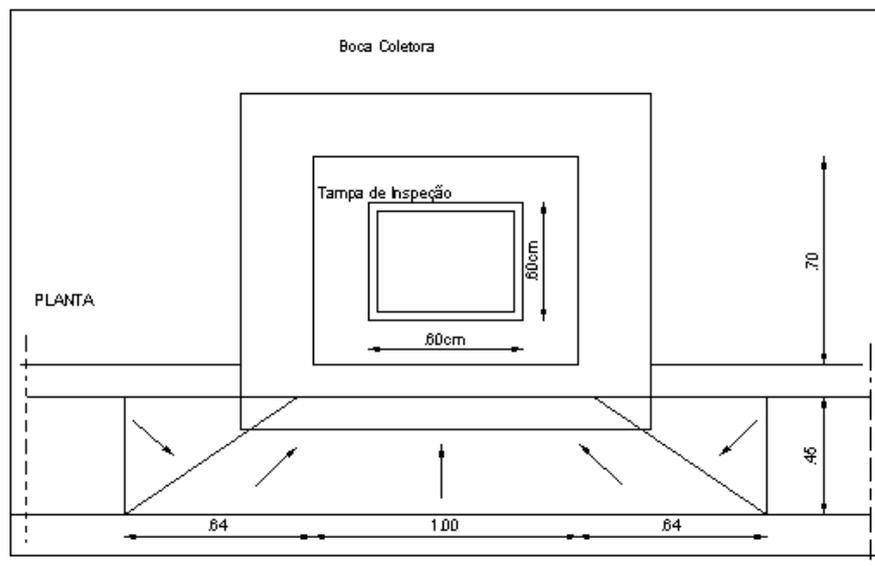


Figura 32- Planta baixa de boca coletora usualmente construída.

6.1.2 Patologias mais freqüentes

Durante uma simples análise de campo, é fácil constatar as diversas situações de degradação das bocas de lobo. Os motivos são muitos, alguns bem definidos e outros um conjunto de fatores que terminam por contribuir para a sua destruição ou redução de capacidade de funcionamento.

São apresentadas, a seguir, algumas das patologias mais freqüentemente observadas nas vistorias realizadas em ruas do Município de Olinda:

6.1.2.1 Esmagamento de bocas coletoras

Percebe-se, na Figura 33, que a tampa não mais existe, e que a destruição da sua base se deu por motivo de excesso de carga provocado por tráfego de veículo, que corretamente não deveria existir.



Figura 33- Boca coletora esmagada e furto da tampa de inspeção. (Olinda, jul/2002).

Percebe-se, na Figura 34, a pouca espessura da laje inferior, insuficiente para resistir a sua destruição por impacto ou excesso de carga.



Figura 34- Boca coletora e tampa esmagadas com perda total. (Olinda, jul/2002).

6.1.2.2 Furto de tampa de inspeção (vandalismo)

A Figura 35 é uma prova de furto e vandalismo, com o desaparecimento da tampa e a ligação clandestina de tubulação de esgoto sanitário no sistema de esgotamento pluvial.



Figura 35 - Tampa de inspeção furtada (Olinda, jul/2002).

Na Figura 36, comprova-se que a tampa foi tirada e recolocada inadequadamente, possivelmente para propiciar ligação clandestina. Acontece que nas condições em que foi repostada, de forma invertida à posição original, o sistema de malhas de ferros utilizado na sua concepção, se torna mais frágil, pela inversão da armação de ferros positivos, os quais agora se encontram na posição negativa, reduzindo ainda mais a sua capacidade de suportar uma possível carga pontual.



Figura 36- Tampa de inspeção criminosamente invertida (Olinda, jul/ 2002).

Essa modificação apresenta, ainda, um ponto de risco para o pedestre, ocasionando possíveis tropeços.

6.1.2.3 Redução proposital de abertura de entrada

Há várias situações de estrangulamento da abertura da boca coletora, sendo mais comum a intervenção física irregular feita por particular (Figuras 37 e 38).



Figura 37- Redução da abertura da boca coletora (Olinda, jul/2002).



Figura 38- Modificação da abertura da boca coletora (Olinda, jul/2002).

6.1.2.4 Posicionamento incorreto favorecendo sua deterioração

É recomendação geral que o espaçamento de pares de Bocas de Lobo ocorra entre 40 até 60m de extensão de rua ou a cada 300 a 800m² de área (WILKEN, 1978), respeitados sempre o cálculo de vazão e demais fatores físicos e hidráulicos

do projeto (MANUAL DE PROJETO POR DAEE/CETESB, 1980). Quando estão elas próximas a cruzamento, procura-se deixar espaço, pelo menos igual ao da calçada, para facilitar a travessia de pedestres (BOTELHO, 1988), o que nem sempre é obedecido como se observa na Figura 39.



Figura 39- Laje superior de boca coletora destruída no tráfego de pedestre (Olinda, jul/2002).

Os exemplos das Figuras 39 e 40 são de situações que propiciam deterioração de conjuntos da boca coletora, porquanto estão elas posicionadas na área de manobra de veículos longos, cujo acesso à rua transversal só acontece com invasão de parte da calçada.

6.1.2.5 Choques no Guia Chapéu

De todas as partes que compõem a boca de lobo, a guia chapéu é a que mais freqüentemente é atingida, devido à sua exposição ao tráfego de veículos.

A sua deterioração é a mais acelerada e a que proporciona numerosos acidentes no tráfego de bicicletas e pedestres.

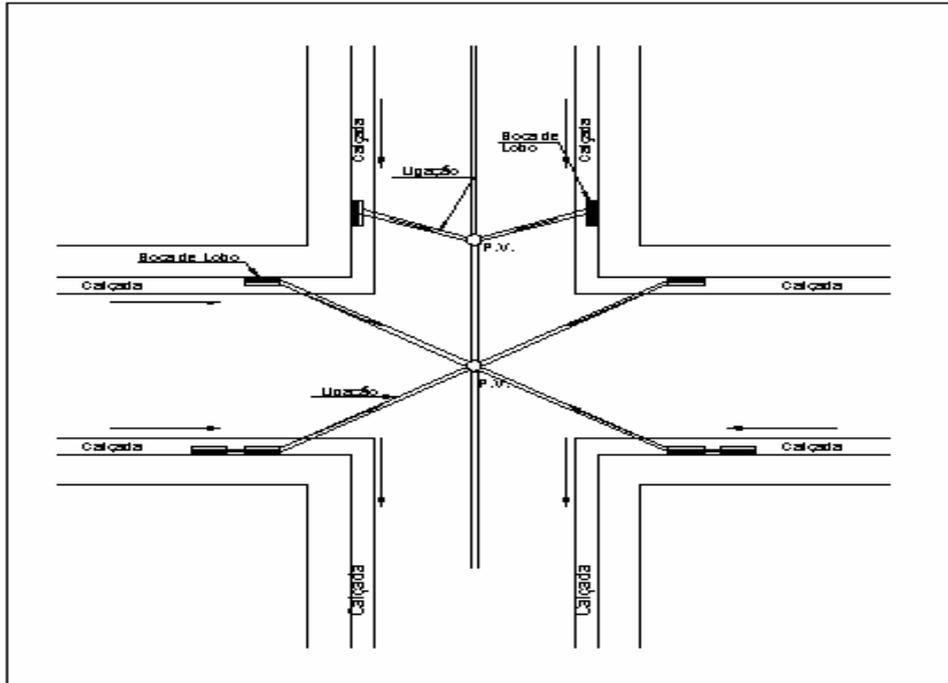


Figura 40- Posição de bocas coletoras fácil ao tráfego de pedestres, não a veículos.

A alteração de suas características pela intervenção física de pessoas que necessitam de acesso mais fácil de veículos ao seu estabelecimento ou lar, interfere diretamente na capacidade do sistema de captação do caudal que se escoa pela sarjeta, provocando modificação na drenagem projetada, contribuindo assim para alagamentos na rua.

A deterioração das armaduras com graves riscos para os pedestres é constante, como se apresenta nas Figuras 41 e 42.



Figura 41- Ferros corroidos de boca coletora com risco para pedestres. (Olinda, jul/2002).



Figura 42- Ferros aparentes de boca coletora em grave risco para pedestres (Olinda, jul/2002).

6.1.2.6 Desmoronamento da soleira da sarjeta

O desmoronamento da soleira, que pode ser observado na Figura 34, anteriormente apresentada, é também provocado por falha de construção.

A soleira da boca coletora deverá simplesmente acompanhar a sarjeta existente ou ser rebaixada de acordo com a necessidade de vazão a ser coletada e ainda ser capaz de suportar o acidental tráfego de veículos. Quando isso não é observado, ocorre uma rápida deterioração da boca coletora e, na maioria das vezes, do próprio pavimento circundante.

6.1.2.7 Acúmulo de sedimentos e de vegetação no acesso da boca coletora.

A falta de manutenção e de limpeza da microdrenagem contribui para o assoreamento do curso d'água afluente das galerias de despejo das águas pluviais, como bem se pode observar na Figura 43.



Figura 43- Boca coletora com acúmulo de sedimentos e de vegetação. (Olinda jul/2002).

6.1.2.8 Obstrução por lixo

É esta a infração mais comum em nossas cidades, decorrente da carência de educação do nosso povo e da precariedade da coleta de lixo.

Com a multiplicação de detritos depositados junto ao corpo d'água receptor, é essa uma das causas, responsável pelos entupimentos das galerias e obstruções das bocas coletoras (Figura 44).

O lixo que mais freqüentemente prejudica o sistema, é constituído por:

- a) Sacos e garrafas plásticas;
- b) Detritos de construção;
- c) Poda de árvores incorretamente coletadas.



Figura 44 – Lixo em boca coletora - falta de manutenção e educação ambiental. (Olinda, jul/2002).

6.1.2.9 Agressão por resíduos e produtos químicos perigosos

Ao longo das rodovias, onde trafegam veículos transportando produtos químicos perigosos ou líquidos inflamáveis, deve haver monitoramento, por exigência legal. A Lei Estadual de Pernambuco, de nº 11.516/97, estabelece a obrigatoriedade de todos os postos de gasolina terem suas licenças de funcionamento e ambiental submetidas à aprovação da CPRH (Companhia Pernambucana do Meio Ambiente), acompanhadas de um Plano de Controle Ambiental (PCA) onde são definidas as medidas mitigadoras de emergência, em caso de acidentes com os seus produtos que degradam violentamente o meio físico, biológico e antrópico.

A contaminação dos recursos hídricos por derivados de petróleo e por outros produtos perigosos é considerada de grande risco, pelo que as falhas na legislação e fiscalização não podem ser mais toleradas.

6.1.3 Correção para as Patologias Observadas

6.1.3.1 Tampas de inspeção

Situação atual das tampas de inspeção::

- Não suportam o tráfego de veículos, pois ainda que não tenham sido instaladas em acesso de garagens, sofrem carregamento eventuais ou acidentais por parte dos que estacionam nas calçadas ou delas se utilizam para manobra;
- Por sua forma retangular, são roubadas para serem utilizadas como piso de residência de pessoas inescrupulosas;
- Por causa da sua forma, podem facilmente ser lançadas para o interior da caixa da Boca Coletora, por puro vandalismo (Figura 45).

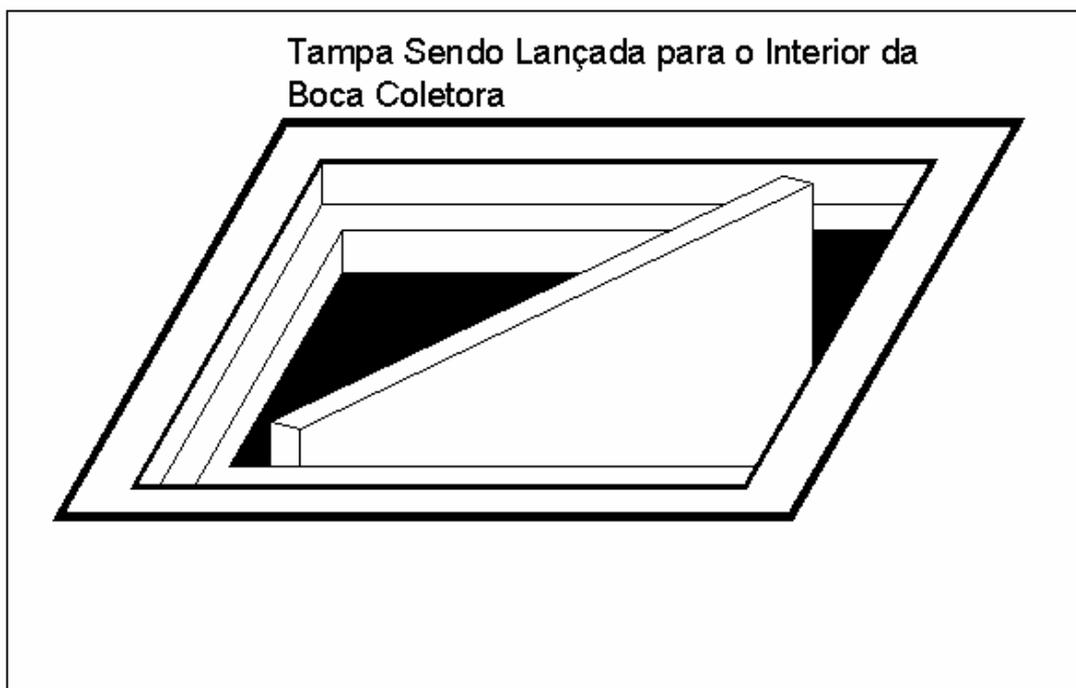


Figura 45. Tampa de boca coletora sendo lançada em seu interior

Soluções possíveis:

- Execução das tampas, em forma circular, como aquelas dos poços de visita de sistema de esgotamento sanitário;
- Sua espessura deveria adotar forma elíptica ou irregular, de maneira a não ser útil para a composição de piso residencial dos vândalos, sem deixar de ser apropriada para o uso no tráfego de pedestres;

- Espessura adequadamente calculada com armação de ferragem condizente para resistir ao tráfego de veículos;
- Superfície rugosa e abaulada para evitar outro tipo de uso e que ao mesmo tempo não prejudique a circulação do pedestre portador de deficiência física.

Sugestão para Projeto:

A forma da tampa de inspeção acompanharia aquela das já comuns tampas de poços de visita em concreto, com estrutura capaz de suportar, até mesmo o tráfego mais pesado e intenso (Figura 47).

Na Figura 46 e 47 são ilustradas as sugestões para projeto.

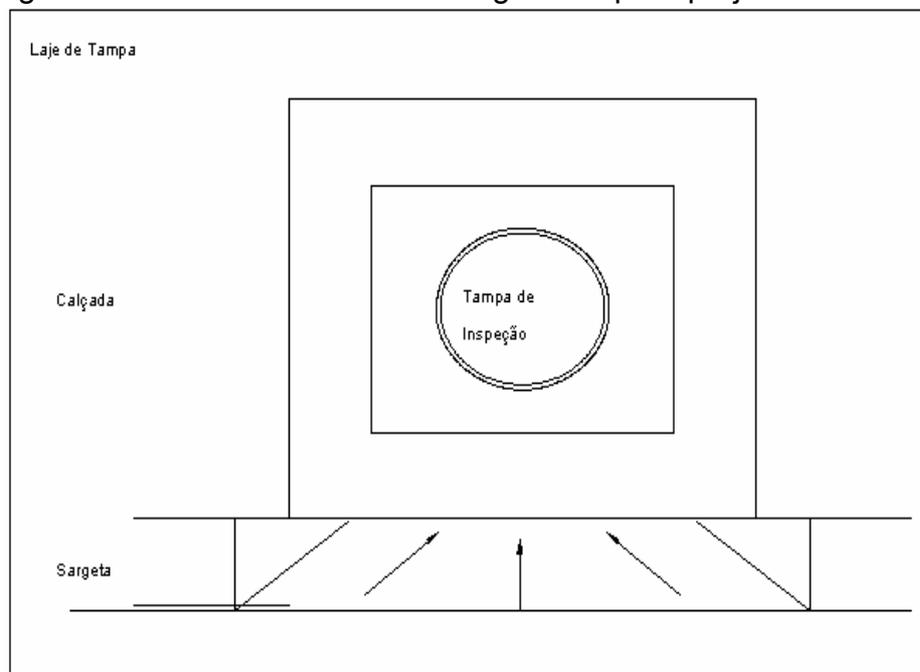


Figura 46- Planta de boca coletora com tampa circular

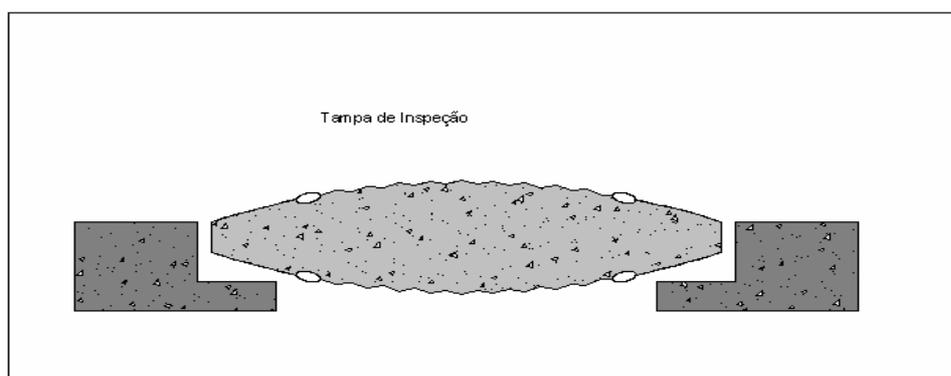


Figura 47-Corte lateral da tampa de inspeção da figura anterior.

6.1.3.2 Guias Chapéu e lajes superiores

Situação atual das guias chapéu e lajes superiores:

- 1) Não suportam o tráfego de veículos pois, mesmo não tendo sido instaladas em acesso de garagens sofrem, eventualmente, face ao tráfego dos que estacionam nas calçadas ou delas se utilizam para manobra e, mais ainda, quando são vítimas de choques dos veículos;
- 2) Pela maneira como suas malhas de ferragens foram executadas, quando de seu provável rompimento, transformam-se em verdadeiros arpões, com grave risco para o pedestre (ver Figura 45 e 46).
- 3) A Guia chapéu geralmente não é dimensionada como uma viga bi-apoiada, apresentando, assim, alta fragilidade, inadequada para a finalidade e uso a que se propõe.

Possíveis soluções:

- a) A laje de tampa deverá ser executada com espessura que suporte maiores cargas;
- b) As malhas de ferragens deverão ser aplicadas como estribo (com continuidade), dificultando que em sua ruptura não implique em armadilhas para o usuário;
- c) As guias chapéu deveriam ser dimensionadas como vigas bi-apoiadas e, juntamente com a laje, com características de dosagem de concreto compatíveis com as cargas eventuais a que serão expostas.

São apresentados exemplos dessas sugestões de dimensionamento da laje superior e guia chapéu nas Figuras 48, 49 e 50.

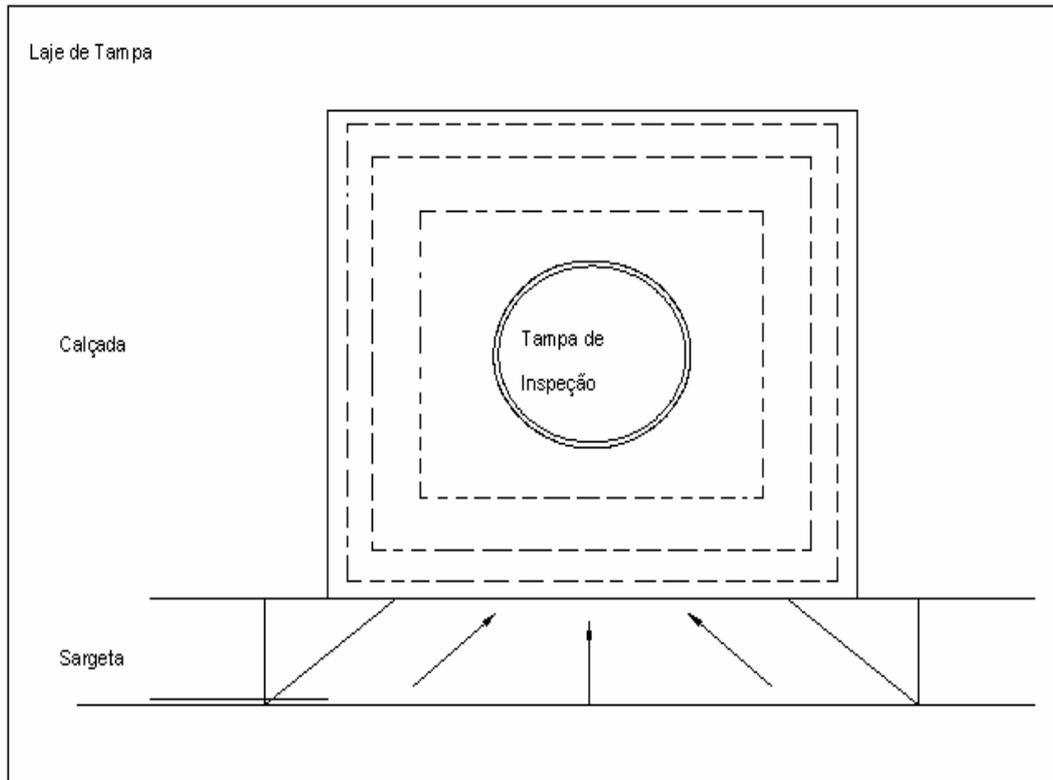


Figura 48- Planta baixa da boca coletora.

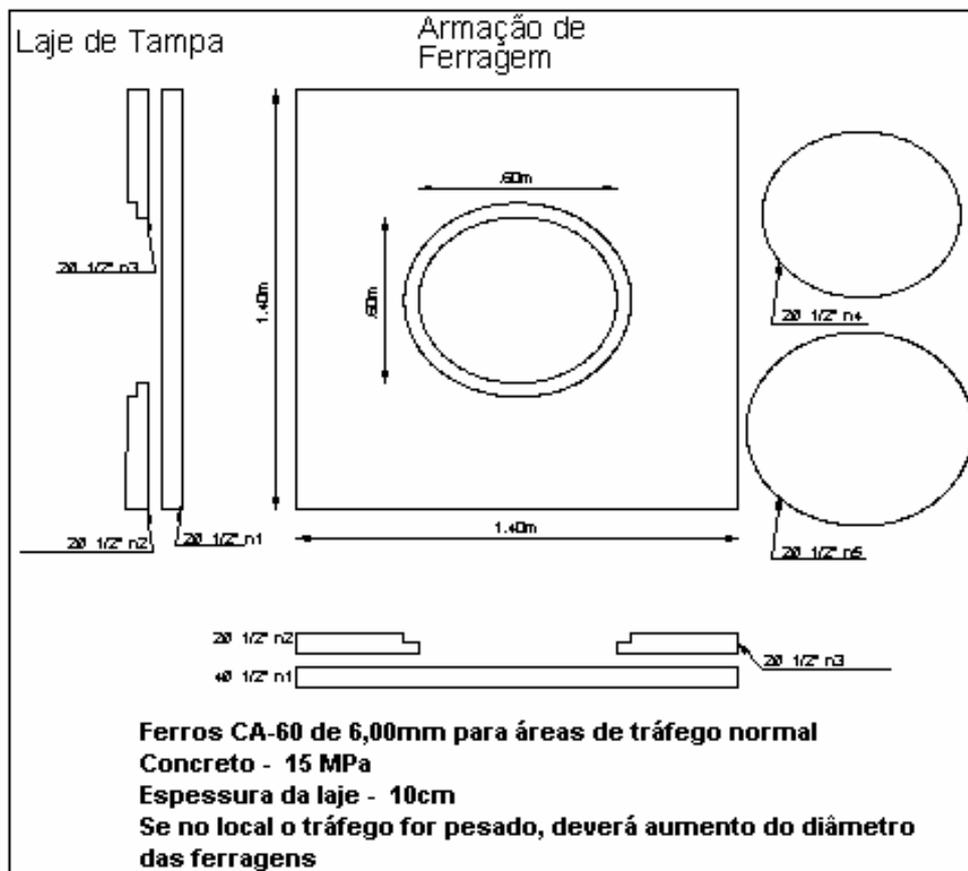


Figura 49- Planta de armação dos ferros da boca coletora.

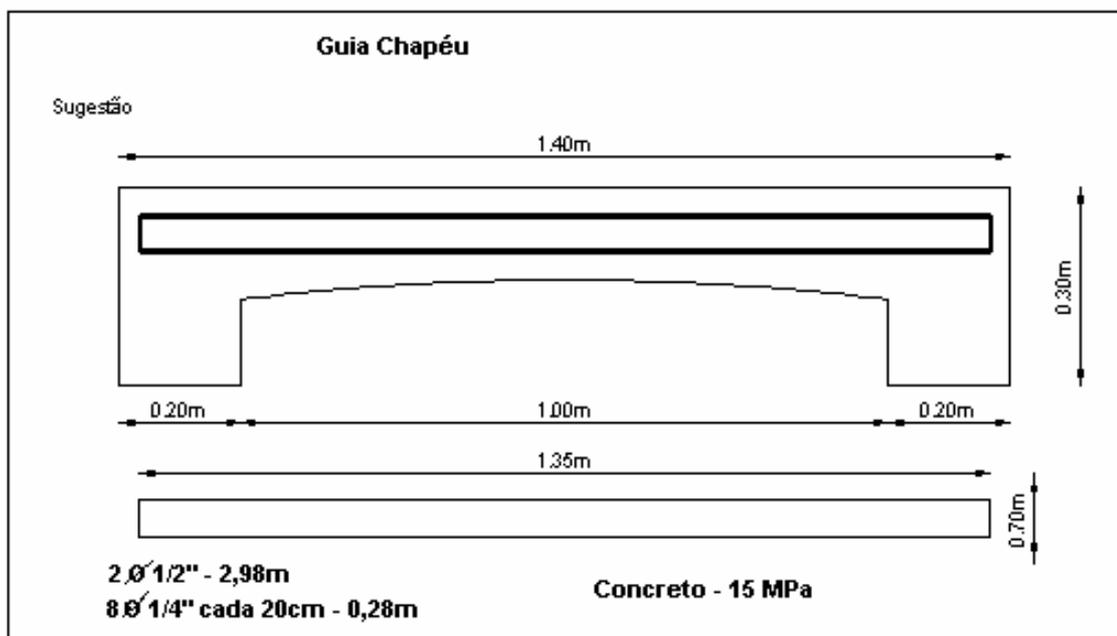


Figura 50- Planta de armação dos ferros da guia chapéu.

6.1.3.3 Lajes de fundo

Não encontrada na literatura qualquer menção sobre o dimensionamento da laje de fundo, estima-se que ela só é necessária nos casos em que o nível do lençol freático se encontrar acima do nível da estrutura causando o efeito da subpressão, o que facilitaria a sua execução, quando corretamente se aplica apenas um concreto magro de base.

Propõe-se a utilização de sistema modificado para se poder realimentar o lençol freático como se fosse uma caixa de areia, devolvendo um pouco da água ao solo e retardando o seu lançamento nas galerias, sendo esta solução polêmica face aos possíveis riscos de contaminação.

Esta situação só será possível em localidades onde o lençol freático se encontre em profundidades superiores a 1,00m abaixo da base da laje de fundo, que por sua vez seria reduzida para uma fundação de apoio à estrutura da boca coletora, como mostra a Figura 51.

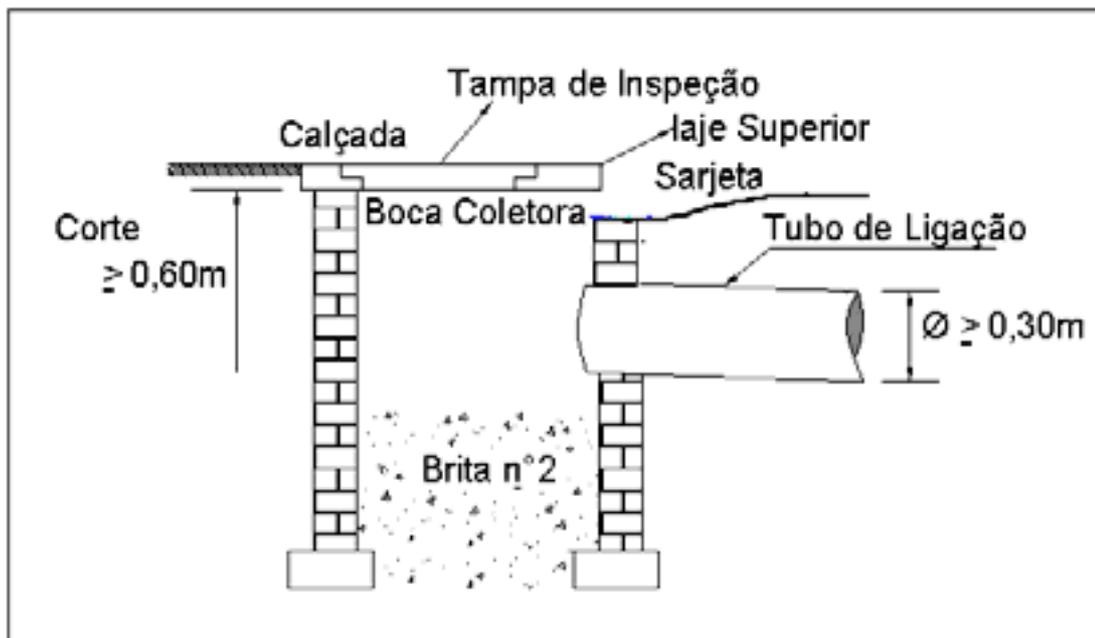


Figura 51- “Boca Coletora Realimentadora” de lençol freático em corte lateral

6.1.3.4 Prolongamento interior ou “Caixa de Coleta”

O maior problema observado foi o da penetração clandestina, em seu interior, de tubulações de esgoto que comprovam seu lançamento de forma criminosa nos coletores de águas pluviais.

Como solução para o problema, sugere-se:

- a) A sua execução, que na Figura 51 se apresenta em alvenaria de tijolo, deve ser feita em cilindros pré-moldados de 0,60m a 1,50m de altura, superpostos até a altura de ligação com a galeria de águas pluviais;
- b) O prolongamento do interior da boca coletora, executado de forma mista, ou em cilindros superpostos;
- c) Alguns cilindros teriam, em sua execução encaixe de acordo com as medidas de diâmetro dos tubos da galeria a se interligar.

Essas medidas aumentariam a dificuldade para a inserção irregular de tubulações clandestinas.

No caso de ser adotada a boca coletora realimentadora do lençol freático, citada, teria-se apenas que dar continuidade aos cilindros até a base definida, onde seria lançado brita nº 2, conforme sugestão da Figura 51.

6.1.3.5 Disposição das bocas coletoras

As regras de posicionamento, em projeto, das bocas coletoras deveriam melhor contemplar a segurança do próprio pedestre e propiciar menor agressão física por parte de veículos de grande porte, principalmente em ruas onde o tráfego principal previsto, mesmo sendo de veículos leves, é eventualmente utilizado por veículos de maior porte. Esses últimos veículos, quando em sua manobra para curvas, devido à sua extensão, geralmente transpassam a quina da calçada, alcançando normalmente duas bocas de lobo ao mesmo tempo.

A sugestão é o posicionamento das bocas coletoras a uma distância correspondente ao dobro da largura da calçada, conforme a Figura 52.

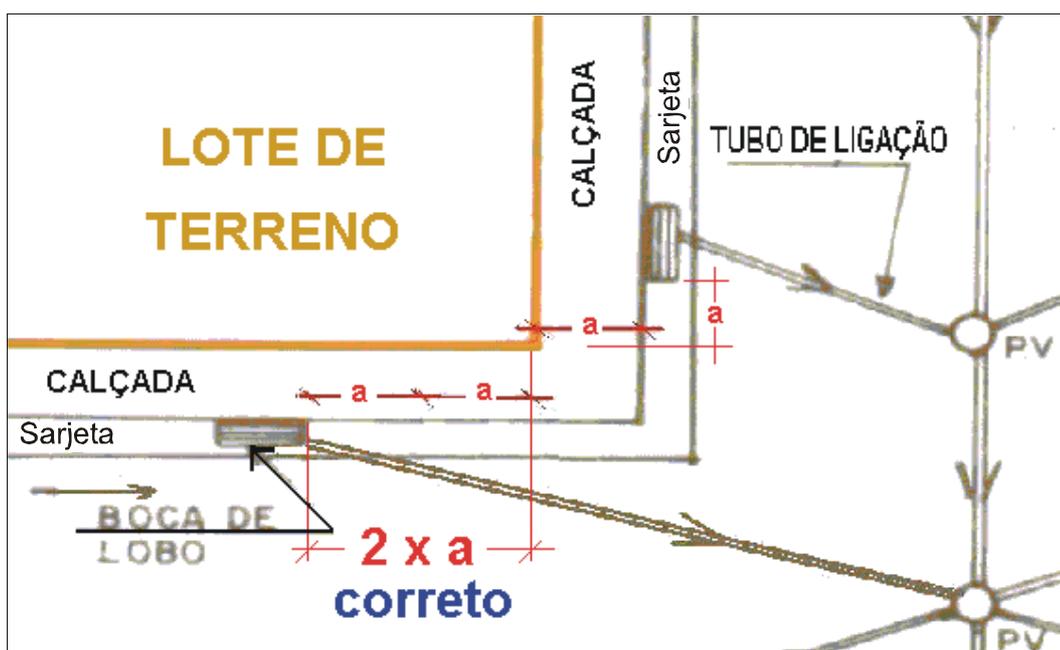


Figura 52- Posicionamento de boca coletora adequada à largura da calçada.

6.1.3.6 Caminhos possíveis para a microdrenagem

Existe uma série de ações que devem e podem ser feitas para um imediato controle e preservação da microdrenagem como um todo.

Primeiramente, deveria ser feita uma coleta de todos os dados possíveis sobre as obras de engenharia para a administração da própria rede existente, com registro de seu posicionamento no greide das ruas, de suas dimensões, da declividade, da capacidade limite de trabalho atual e de seu funcionamento.

Em seguida, deveria planejar uma sistemática de manutenção corretiva e de controle, que evite a degradação do sistema pelo vários motivos anteriormente expostos.

Ainda, deveria promover uma fiscalização e identificação dos despejos de esgotos clandestinos e de lixo.

Finalmente, há que se definir uma forma de parceria com a população servida pela rede, em que haja uma constante troca de informações, além de uma forte relação permanente de co-responsabilidade e controle social.

6.2 A Macrodrenagem

Os principais fatores de degradação dos rios decorrem das atividades humanas, desde as mais simples, como as atividades extrativistas e agrícolas, incluindo as atividades urbanas de despejos de esgotos domésticos e de lixo, até as mais complexas, como as atividades de produção, de transformação e de reciclagem industrial. Essas atividades interferem nos recursos hídricos, no sistema de drenagem urbana, na estrutura ambiental urbana e nos diversos ecossistemas existentes, carecendo-se de maiores estudos para redução dos seus impactos negativos (MELO; CABRAL; MONTENEGRO, 2003 a).

As macrodrenagens das Cidades de Olinda e do Paulista sempre foram analisadas a partir do ponto de vista da inserção destas cidades em parte das bacias hidrográficas dos Rios Beberibe e Paratibe e seus afluentes.

Por outro lado, é a Bacia Hidrográfica do Rio Frágoso (que, durante seu curso normal, não deságua no Rio Paratibe, só desaguando no mar, da mesma forma e no mesmo lugar que o Rio Paratibe), equivocadamente considerada como uma sub-bacia do Rio Paratibe. São, portanto, bacias independentes que possuem uma mesma foz.

A degradação existente na bacia do Rio Frágoso é muito acentuada em virtude dos aterros sobre áreas alagadas que, ao longo dos anos, vêm comprometendo de forma significativa a drenagem da Cidade de Olinda.

Há necessidade de se ampliarem as informações sobre o estado dessa bacia, para que se possam aprimorar as ações de controle urbano, com um melhor

planejamento das possíveis intervenções públicas, minimizando os efeitos negativos por ela sofridos, oriundos de qualquer causa.

6.2.1 As enchentes e o planejamento urbano.

As enchentes urbanas constituem-se, atualmente, um dos impactos ambientais mais acentuados de que resultam prejuízos e desgastes para a população.

Ao se desenvolver a urbanização ocupando áreas de fundo de vale e planícies de inundação, criam-se as condições favoráveis ao desencadeamento do processo de inundações e suas conseqüências, tão comuns na maioria das nossas grandes cidades.

Inundações acontecem ao longo do Canal Bultrins (Rio Morno) e na confluência dos afluentes Riacho Ouro Preto e Rio Morno (Canal do Matadouro) com o leito principal do Rio Fragoso, conforme identifica o mapa da Figura 53, onde se pode observar as áreas alagadas de forma permanente e temporária, a partir dos estudos realizados para o Diagnóstico Ambiental de Olinda. Têm-se, também, a identificação dos pontos críticos na Figura 54 (BELTRÃO et al. 1995). Esses pontos continuam os mesmos até a presente data, observando-se, contudo, um aumento de intensidade e amplitude ano a ano, segundo a constatação em campo nos períodos de 2002 e 2003.

Esta situação, ao invés de ter sido minorada, em decorrência dos levantamentos, obras de engenharia executadas e informações já obtidos, se agravou cada vez mais.

A dinâmica do vale fluvial, que envolve a atuação do curso d'água e os processos morfogenéticos atuantes no desenvolvimento das formas de relevo de seus cursos, recebe a influência das ações antrópicas que, geralmente, atuam de forma contrária ao da natureza que, por sua vez, luta para que os obstáculos criados sejam vencidos e o leito do rio e suas várzeas retornem ao processo natural.

Desse modo, o vale não se restringe a receber as influências do fluxo que ali escoar, mas expressa as influências advindas das forças morfogenéticas e antrópicas que atuam nas suas margens e interferem, também, na dinamização das suas vertentes.

Hoje, o que se busca é a situação de equilíbrio ecológico. Para que isto ocorra, obras de engenharia que envolvem o estudo da macro e micro drenagens são fundamentais. E só através do correto emprego dos conhecimentos tecnológicos na área, que pode ser obtida uma convivência harmoniosa entre a urbanização e os processos naturais de escoamento dos nossos rios.

O processo das enchentes em áreas urbanas decorrem, basicamente, de dois processos que acontecem isoladamente ou em conjunto (TUCCI; GENZ, 1995):

1) As enchentes de áreas ribeirinhas são enchentes naturais, que estão relacionadas a eventos de precipitação pluviométrica, nos quais o rio, obedecendo a um processo natural, com a ampliação do volume do seu fluxo, ocupa a área do seu “leito maior”. Tal fenômeno, ocorre, preferencialmente, em grandes bacias, vindo a atingir a população que ocupa, inadequadamente, essas áreas.;

Em maio de 2003, Olinda mais uma vez foi severamente castigada pelo excesso de chuva, como vem ocorrendo na maioria dos anos considerados normais. É necessário enfatizar o drama vivido pela população que se instala de forma precária em regiões que deveriam ser preservadas para o escoamento eventual do excesso de águas pluviais. Igualmente atribulada fica a administração municipal para suplantiar as calamidades acontecidas. E o que dizer dos munícipes nativos de Olinda que, como contribuintes de fato, serão responsabilizados pelos custos da manutenção gerencial decorrente dos inesperados eventos?

A Figura 55 mostra trechos da Avenida Getúlio Vargas totalmente tomada pela água. A rede de microdrenagem não funciona de forma adequada e isso decorre de vários fatores, sendo o maior deles o mal funcionamento da macrodrenagem, que veio se degradando ano a ano.

2) Enchentes devidas à urbanização estão intimamente vinculadas ao processo de impermeabilização, característico de área urbana, que reduz a parcela de infiltração de água no solo, aumentando o escoamento superficial, alterando os parâmetros de rugosidade e retenção. Assim, os efeitos da urbanização sobre a rede hidrográfica estão intimamente ligados ao aumento da vazão máxima, à antecipação do pico de vazão e ao aumento do volume do escoamento superficial.

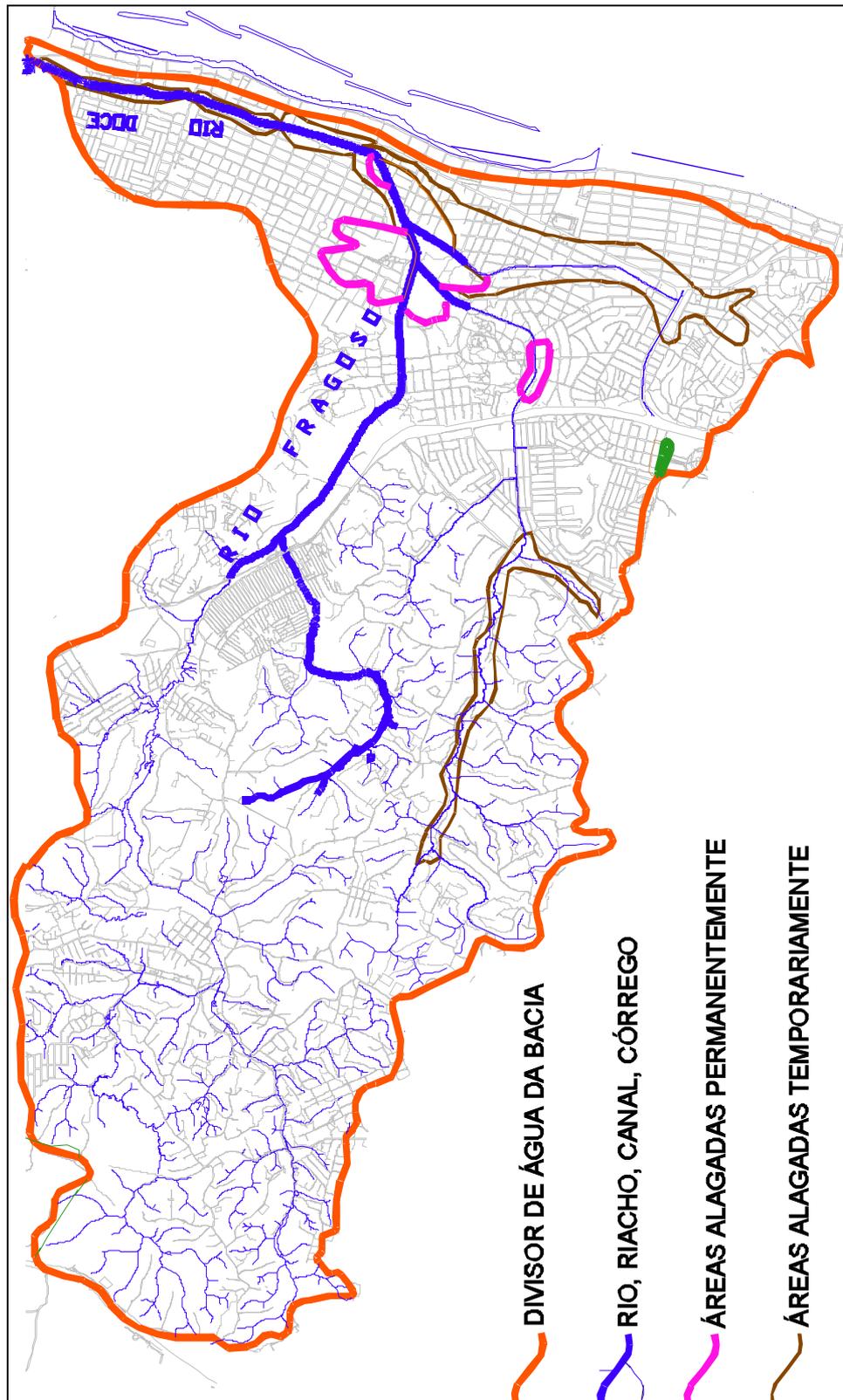


Figura 53: Mapa das áreas alagáveis e alagadas na Bacia do Rio Frágoso. (Fonte: BELTRÃO et al. 1995).

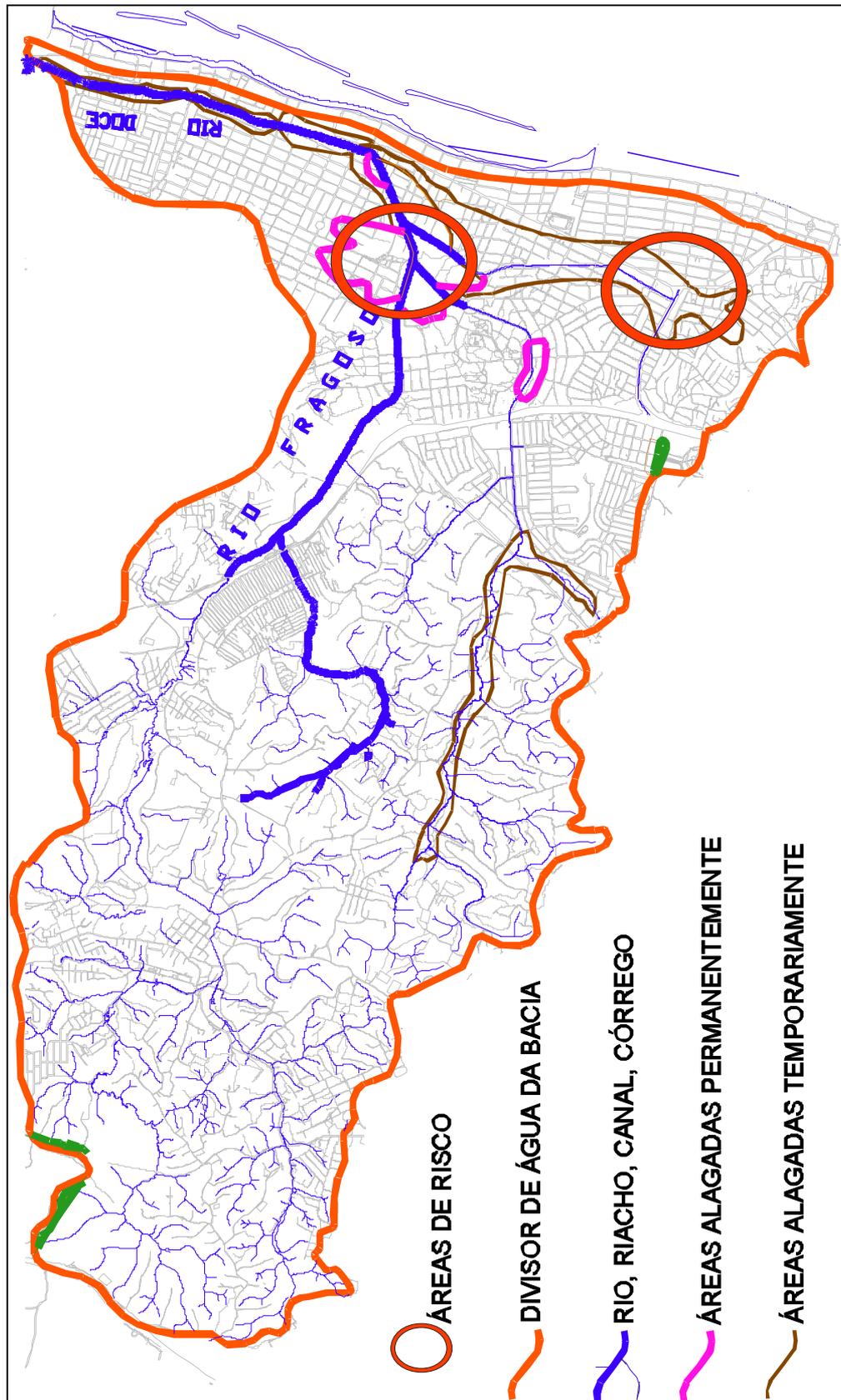


Figura 54 - Mapa de destaque das áreas de risco na Bacia do Rio Frágoso (Fonte: BELTRÃO et al. 1995).



Figura 55 - Avenida Getúlio Vargas, uma das principais de Olinda.

Têm ocorrido inundações em Olinda em anos seguidos. Os registros fotográficos, jornalísticos e técnicos são fundamentais para balizar estudos a serem desenvolvidos.

A contribuição das figuras descritas a seguir, como todas as demais inseridas neste trabalho de pesquisa, deverá ser somada às do acervo técnico existente na Secretaria de Meio Ambiente de Olinda. Deverão ser comparadas para uma análise mais acurada do aumento gradativo dos impactos provocados pelas fortes chuvas anuais.

A Figura 56 mostra o volume de água na R. Elesbão de Castro, que liga a Av. Gov. Carlos de Lima Cavalcante à Av. Getúlio Vargas.



Figura 56 - Trecho da Rua Elesbão de Castro, em Olinda.

Na Figura 57, observam-se construções em solo onde não deveria existir edificações, em área considerada de risco, no local onde existe o encontro entre o Rio Fragoso e os seus afluentes do sul.

O Bairro do Jardim Fragoso, como bem se observa na Figura 58, merece um estudo mais apurado sobre as soluções técnicas de macrodrenagem a serem implementadas.



Figura 57 - Conjunto habitacional recentemente construído em Olinda.



Figura 58 - Acesso às ruas do Bairro do Jardim Fragoso.

As ruas que margeiam o Rio Fragoso na altura do Bairro de Casa Caiada, tanto nas margens esquerda quanto direita, área dentre as mais edificadas, sofrem com a obstrução provocada pelas obras de engenharia que funcionam como barragens.

O mesmo acontece nos locais mostrados nas Figuras 59, 60 e 61, sendo as duas últimas figuras a Av. Governador Carlos de Lima Cavalcante, via comercial de intenso fluxo de veículos.



Figura 59 - Rua Pintor Manoel Bandeira, em Casa Caiada.



Figura 60 - Prejuízos ao comércio na Av. Gov. Carlos de L. Cavalcante.



Figura 61 – Outro trecho da Av. Carlos de Lima Cavalcante.

Observando-se as Figuras 62 e 63, percebe-se que as últimas obras executadas no Canal dos Bultrins não foram suficientes para atender a demanda do fluxo de vazão de pico e que o lixo é uma constante no âmbito de ações negativas praticadas pelos moradores.



Figura 62 - Lixo acumulado na ponte da Av. Bultrins.



Figura 63 – Outro ângulo da mesma ponte.

As construções que reduzem o leito do rio são comuns ao longo de todo o seu trajeto e isto se constata todos os dias, ao se transitar pelas ruas próximas, como se observa nas Fuguras 64, 65 e 66.



Figura 64 – Trecho do Canal dos Bultrins anexo à Av. Beira Canal.



Figura 65 - Trecho do Rio Fragoso na ponte de acesso do Bairro do mesmo nome.



Figura 66 - Trecho do Fragoso, onde as construções ficaram ilhadas.

Bairros como o do Fragoso, Casa Caiada, Rio Doce e outros são temporariamente alagados e seus habitantes ficam ilhados, como se observa nas Figuras 66, a 70, onde as estruturas viárias existentes são danificadas e não é possível o deslocamentos de veículos ou de pessoas.



Figura 67 - Visão da área de várzea do Bairro do Fragoso.



Figura 68 - Rua Pedro Álvares Cabral, totalmente impedida de tráfego.



Figura 69 - Trecho do Rio Fragoso antes da Rua Pedro Álvares Cabral.



Figura 70 - Ponte sobre o Rio Doce.

Com a série de imagens fotográficas das Figuras 56 a 70, por ocasião de fortes chuvas entre as 9h do dia 01 e 9h do dia 02 de maio de 2003, mediante visita de campo percorrendo-se as ruas que delimitavam as áreas ditas como eventualmente

inundáveis, foram comprovados os efeitos negativos nessas áreas definidas pelas Figuras 53 e 54.

6.2.2 População brasileira e de Olinda e a taxa de urbanização

O atual crescimento urbano em alguns centros se caracteriza por expansão irregular de periferia com quase nenhuma obediência às normas consolidadas no Plano Diretor ou, como no caso de Olinda, instituídas como consuetudinárias reguladoras de loteamentos, além de possuírem seus atores baixa renda. Isso tudo é fruto de demanda habitacional urbana histórica, que se maximiza entre as classes menos favorecidas, causando assentamentos sub-normais em áreas ribeirinhas, alagadiças ou de grande declividade.

Esses assentamentos se localizam em áreas invadidas ou em loteamentos populares informais, sem condições de infra-estrutura, sendo apenas solução, para o problema de moradia, encontrada pela população que não consegue entrar no mercado imobiliário formal, que, ao contrário, por atender às normas consuetudinárias, é mais bem dotado, pois já se inicia com o mínimo necessário para a implantação de infra-estrutura urbana.

A Tabela 16 apresenta a evolução da população total e o percentual correspondente de população urbana no Brasil e Olinda, desde 1970.

Tabela 16 - Urbanização das populações brasileira e olindense (IBGE, 2000).

ANO	BRASIL		OLINDA	
	POPULAÇÃO (milhões de habitantes)	PARCELA DA POPULAÇÃO URBANA (%)	POPULAÇÃO (habitantes)	PARCELA DA PO- PULAÇÃO URBANA (%)
1970	93,1	55,9	196.342	95,4
1980	119,0	68,2	282.207	94,5
1991	146,8	75,6	341.394	100,0
1996	157,1	78,4	349.380	100,0
2000	169,0	81,1	368.643	98,1

6.2.3 Problemas básicos

O processo de expansão, a partir do Sítio Histórico, integra o complexo problema ambiental morro-planície de Olinda. Os focos emergentes de risco se situam nos principais morros ocupados e nas áreas planas próximas aos cursos d'água os quais, quase sempre, passam da situação de parcialmente obstruídos para a situação crítica de quase completamente obstruídos.

Os aspectos relacionados com a infra-estrutura de água têm sido planejados de forma inadequada, porquanto tratados setorialmente dentro da esfera municipal.

Tal planejamento em Olinda, como na maioria das cidades do Brasil quanto às áreas urbanas, envolve aspectos como:

- desenvolvimento urbano;
- transporte;
- abastecimento de água e saneamento;
- drenagem urbana e controle de inundações;
- resíduos sólidos;
- e controle ambiental.

Relacionados com a água, há forte inter-relação entre seus aspectos, vistos dentro de cada uma das disciplinas afins, que ora se destacam:

- o abastecimento de água é realizado a partir de mananciais situados originariamente em áreas mais afastadas do centro da cidade; quando essas áreas são invadidas pela população carente, começam esses mananciais a ficar contaminados pelo esgoto cloacal, pluvial ou por depósitos de resíduos sólidos;
- o controle da drenagem urbana depende da existência de rede de esgoto cloacal e de suas características, nunca presente em invasões imobiliárias;
- a falta de limpeza das ruas e a inexistente coleta e deposição adequada de resíduos sólidos, interferem na quantidade e na qualidade da água dos mananciais pluviais.

Desses males decorrem quer através dos impactos por poluição pontual e difusa urbana, não restritos à área interna da área urbana, quer por aqueles impactos que ocorrem dentro das cidades e que são de responsabilidade e de controle municipais.

A maior dificuldade para a implementação do planejamento integrado decorre da limitada capacidade institucional dos municípios para enfrentar problemas tão complexos e interdisciplinares.

A estrutura institucional é a base do gerenciamento dos recursos hídricos urbanos e da sua política de controle. A definição institucional depende dos espaços de atribuição da organização do país e de sua inter-relação tanto legal quanto operacional de gestão da água, do uso do solo e do meio ambiente. Para se estabelecer o mecanismo de gerenciamento desses elementos é necessário definir os espaços geográficos relacionados com o problema.

6.2.4 Planejamento do gerenciamento da água no meio urbano de Olinda

Os técnicos da Secretaria do Meio Ambiente de Olinda optaram por identificar as áreas emergentes e de risco pelos seguintes agrupamentos (Figura 71):

Zona de Morros

GRUPO I – Morros situados a Oeste do Município, compreendendo 09 (nove) bairros: Alto Sol Nascente, Alto da Conquista, Alto da Bondade, Águas Compridas, Passarinho, Caixa d'Água, Sapucaia, Aguazinha e S. Benedito, com 80.978 habitantes, onde se concentra o maior número de pontos de riscos.

GRUPO II – Morros pertencentes e contíguos ao Sítio Histórico até os limites dos morros da região oeste do município, correspondente a nove bairros: Amparo, Bonsucesso, Guadalupe, Monte, Amaro Branco, Bultrins, Ouro Preto, Alto da Nação e Cidade Tabajara, além da Zona Rural, com 91.345 habitantes.

Zona de Planície

GRUPO III – Planície situada ao Sul, compreendendo as áreas de baixios e alagados e sujeitas à influência das marés, situadas em 06 (seis) bairros: Jardim Brasil, Peixinhos, Vila Popular, Sítio Novo, Salgadinho e Santa Tereza, com população de 102.588 habitantes.

O inverno de 2000 comprovou a vulnerabilidade do sistema de defesa: o despreparo das populações atingidas e o volume de pessoas em risco, sendo

identificados mais ou menos 3.000 pontos de risco na cidade, a maior parte deles nas áreas de morros ou de alagados, conforme descrição de situações vivenciadas na Secretaria de Meio Ambiente do Município de Olinda, durante este período.

DESENVOLVIMENTO DE AÇÕES ESPECIAIS

A Operação Inverno no ano 2000 constituiu-se num conjunto de ações, desenvolvidas pela equipe técnica da SEMA de Olinda, a fim de garantir e proporcionar à população a segurança e a tranqüilidade necessárias.

Esses conjuntos de ações se classificariam como ações emergenciais, ações estruturadoras de ambiente ou ações estratégicas de implantação da Coordenadoria de Defesa Civil:

I - AÇÕES EMERGENCIAIS:

a) Preventivas:

- mapeamento dos pontos de risco;
- monitoração de dados pluviométricos;
- remoção de ocupações de risco;
- remoção de lixo das encostas;
- proteção de morros com colocação de lonas plásticas;
- poda/erradicação de árvores de risco nas encostas e vias públicas;
- desobstrução de cursos d'água e limpeza de canais, canaletas e galerias;
- dragagem de canais mais profundos e assoreados, como os da Malaria, do Bultrins/ Fragoso, do México etc.;
- campanha educativa realizada pelos “reeditores” (termo usado pelos técnicos da Prefeitura de Olinda para designar as pessoas capazes de se comunicarem com a comunidade, transmitindo-lhe informalmente notícias oficiais de eventos emergenciais), nas comunidades para a conscientização da convivência com as circunstâncias dos morros e alagados;
- campanha de multivacinação seletiva nas áreas de maior risco;
- e ação educativa de prevenção das doenças do inverno.

b) De Socorro e Assistencial:

- evacuação dos locais atingidos;

- garantia de abrigos, agasalhos e alimentação;
- campanhas de vacinação, dedetização e desratização;
- e combate efetivo a leptospirose, a dengue e a filariose, através de ações no meio ambiente como em canais, em reservatórios de água por domicílio, dentre outras.

II – AÇÕES ESTRUTURADORAS:

- intervenção em pontos de risco, com construção de muro de arrimo, escadarias e drenagens;
- distribuição de kits habitacionais, objetivando garantir uma moradia segura para famílias em situação de risco;
- plantio nas áreas desocupadas de encosta, com espécies vegetais apropriadas;
- maior controle urbano nas áreas de concentração de pontos de risco através de reforço na fiscalização, de orientação para projetos de construção de habitações nos morros e de adequação da legislação urbanística às situações locais;
- elaboração de Plano de Macrodrenagem e de Programas de Educação Ambiental;
- implantação de sistema georeferenciado dos pontos de risco;
- e urbanização, no limite do possível orçamentário, das áreas de baixa renda, quase sempre as mais atingidas pelas ocorrências de desabamentos e inundações, otimizando os programas em andamento.

III - INSTALAÇÃO DA COORDENADORIA DE DEFESA CIVIL:

- Núcleos Comunitários de Defesa Civil;
- montagem de Plano de Contingência, para ser acionado na urgência do enfrentamento de precipitações pluviométricas que coloquem em risco a população, onde se incluam ações preventivas, assistenciais, de socorro e recuperativas;
- implantação de uma rede globalizante de defesa civil, envolvendo Administração Pública Municipal, Poder Legislativo Municipal, Ministério Público, Poder Judiciário, Entidades de Direito Público e Privado, Associações de Classe e Comunitárias, comunidades organizadas em geral, setores comer-

cial e industrial do município, Forças Armadas e Poderes Público Estadual e Federal, com definições de atribuições e responsabilidades de cada órgão municipal;

- implantação de um sistema de plantão permanente em dias de risco para atendimento e apoio à comunidade, mantendo um Centro de Operações de Defesa Civil, capaz de identificar e utilizar rádios comunitários para articulação de ações e veiculação de mensagens educativas e de interesse geral;
- articulação com as empresas concessionárias de serviço público, atuantes no município, como a CELPE- Companhia Energética de Pernambucana, a COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento e as de telefonia etc., visando garantir sua rápida intervenção nas circunstâncias emergenciais, não só com ações saneadoras mas também com ações de ordem preventiva e/ou recuperativa;
- articulação dos agentes locais para definir estratégias de comunicação e de mobilização dos moradores;
- elaboração de folder para instrumento de mobilização permanente;
- identificação e cadastramento dos possíveis agentes reeditores, capacitando-os sistematicamente para mobilização da população em cada área de risco.

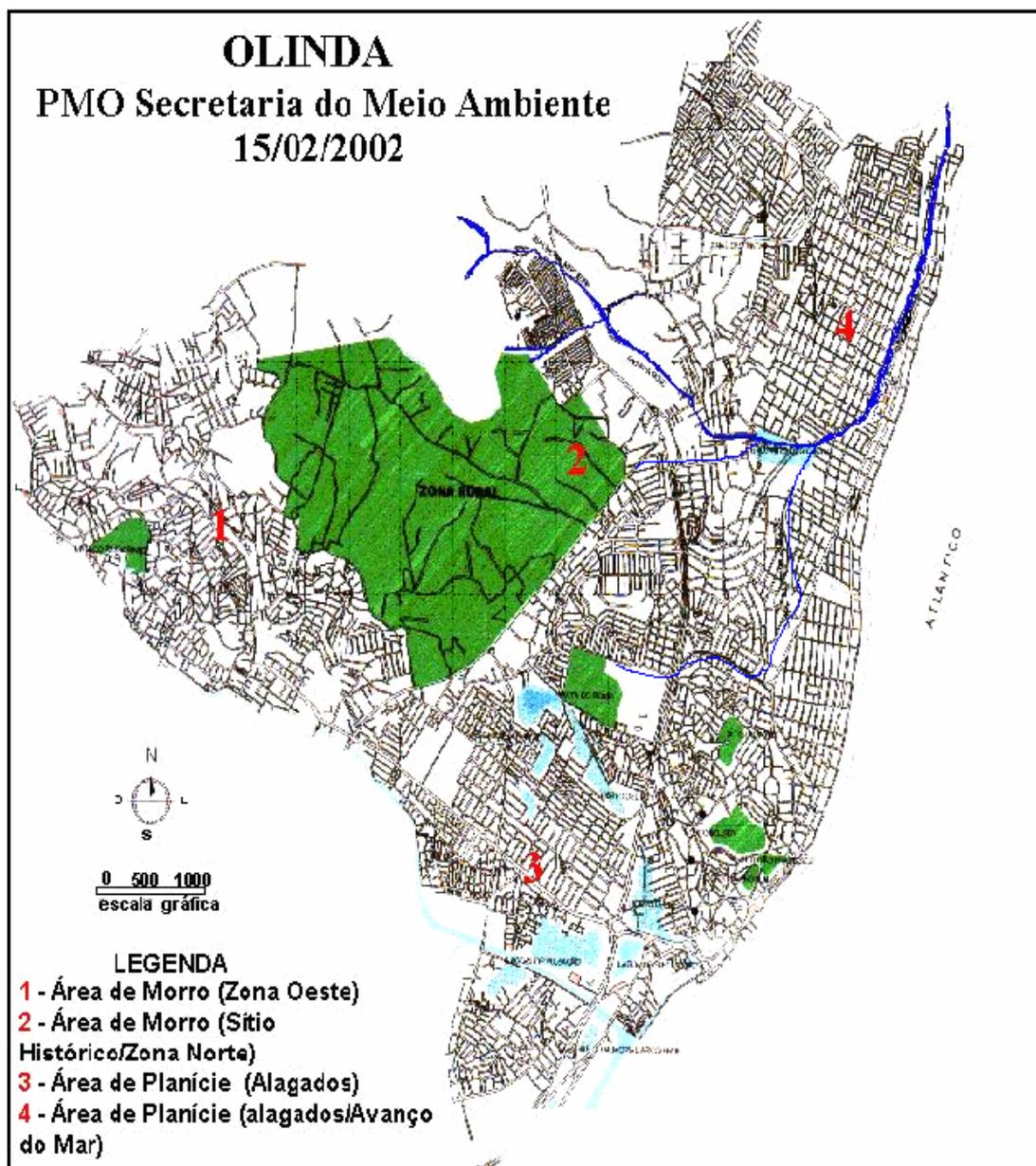


Figura 71 - Mapa de relevo: planícies e morros de Olinda
(Fonte: SEMA/PMO, 2002).

6.2.5 Políticas de controle ambiental e de drenagem urbana

Os planos tradicionais provam que grande contingente de técnicos e políticos crêem que a cidade tenderia ao caos, o que poderia ser evitado pela intervenção centralizada em um instrumento técnico, legal e político, produtor de nova ordem.

Os planos diretores representam, na verdade, manuais de comportamento urbano para normalizar as ações individuais e coletivas junto a procedimentos consensuais que produzem uma forma e uma disposição do sistema urbano desejado. Os planos demonstram a fé na superioridade da força de recuperação do

homem na antítese entre “vocação ao caos % poder intervencionistas” (TUCCI, 2000).

Isso pouco resolve, antes tende a gerar um retorno a condições sanitárias que causam novos tipos de endemias. Tem-se, contudo, as contribuições de experiências e estudos já realizados, que exigem a consolidação em sistema de Gestão de Drenagem Urbana e a instituição do Plano Diretor da Cidade, instituindo os Princípios e as Ações de Controle de Impactos Ambientais.

Esse Plano para a cidade de Olinda, dará ênfase ao controle de inundações e quedas de barreiras e planejar  a proteção dos mananciais de água, pois promover  a micro e macro drenagens, suas causas e conseq ncias e norteará a es necessárias para eliminação dos pontos críticos de poluição. Esse plano deverá ser desenvolvido segundo a seq ncia:

- estudos preliminares e coleta de dados;
- diagnóstico e a es para o aperfeiçoamento institucional;
- diagnóstico de um plano diretor preliminar;
- campanha de monitoramento;
- diagnóstico do sistema de drenagem e definição das a es e das obras necessárias.

Como instrumentos de controle ambiental e de drenagem urbana, deve-se promover:

- utilização de legislação municipal: que estabeleça as políticas setoriais e indique quais rubricas orçamentárias adequadas aos vários mecanismos de financiamento;
- implementação e aprimoramento rigorosos da Lei de Uso e Ocupação do Solo, que estabelece parâmetros com base na densidade populacional, na dimensão da área a ser utilizada, otimizando a finalidade e o volume das construções, face   função social da propriedade;
- implantação de Plano Urbanístico Global que estabeleça as diretrizes para a intervenção urbanística, levando em consideração o uso e ocupação do solo;
- implantação de Plano Diretor de Drenagem Urbana, voltado para a orientação racional do desenvolvimento físico do município quanto à drenagem

urbana, orientando o crescimento, estimulando e ordenando as atividades ligadas à rede de captação pluvial.

Em obediência aos princípios básicos, deve-se pôr em execução diversos procedimentos fundamentais, entre eles:

- identificar meios de proporcionar recursos financeiros novos e adicionais, em particular para programas e projetos de desenvolvimento ambiental saudável;
- considerar as alternativas de monitorar eficazmente a própria oferta desses recursos financeiros novos e adicionais, voltados especificamente para os trabalhos que impedirão os riscos e impactos já detectados, a fim de que a comunidade possa perceber as novas medidas em dados exatos e fidedignos, que demonstrem o bom uso dos recursos;
- quantificar as necessidades financeiras para implementar com sucesso as decisões e recomendações da equipe técnica do órgão gestor ou de instituições de assessoria que podem identificar possíveis fontes de recursos adicionais, inclusive as inovadoras;
- estabelecer com principal órgão de assessoria e consultoria as universidades públicas e particulares locais;
- buscar entre as diversas entidades financiadoras de desenvolvimento, as que proporcionem melhores condições e incentivos na área de infraestrutura urbana.

Exemplo de órgão financiador é o BNDES, que custeia projetos de infraestrutura urbana, nas áreas de saneamento ambiental e desenvolvimento urbano, através de suas linhas de financiamento FINEM, FINAME e BNDES AUTOMÁTICO (BNDES, 2002), dentro dos seguintes tópicos:

1º Saneamento Ambiental

- saneamento básico, compreendendo captação de água bruta, produção de água tratada, adução e reservação, distribuição de água tratada, coleta e tratamento de esgotos sanitários e disposição adequada de lodos;

- resíduos sólidos urbanos, compreendendo a coleta, tratamento e sua disposição adequada;
- recursos hídricos, compreendendo sua gestão integrada, manejo e despoluição de bacias hidrográficas, micro e macro drenagem, regularização de córregos e rios, além de medidas de combate e prevenção a inundações decorrentes de ocupação urbana desordenada e de recuperação de áreas ambientalmente degradadas, especialmente áreas ocupadas por mananciais e nascentes;
- difusão da educação sanitária e ambiental.

2º Desenvolvimento urbano

- sistemas estruturadores de transporte de grande capacidade, compreendendo metrô, sistemas ferroviários e hidroviários;
- sistemas de transporte de massa municipais e metropolitanos, compreendendo sua racionalização, modernização e integração, nos diversos modais (rodoviário, ferroviário, hidroviário etc.);
- revitalização e requalificação de espaços urbanos, compreendendo áreas degradadas, cidades com vocação turística, áreas portuárias e sítios históricos, além de regularização de infra-estrutura viária e de equipamentos urbanos, notadamente em áreas não assistidas de periferia, de ocupação irregular e de pólos geradores de tráfego.

6.2.6 Atividades imediatas para o problema da macrodrenagem

O principal problema da macrodrenagem, que aqui se coloca é de como substituir o antigo espaço natural das águas por estruturas artificiais ou retornando alguns trechos ao estado natural. Tudo isso inclui remoção de edificações e de outras ocupações antropicamente criadas nas áreas de planície aluvionar. Criam-se, assim, as condições de a região absorver os deflúvios, sem causar prejuízos materiais à população e desgaste aos gestores públicos.

Muitas vezes a execução das obras de macrodrenagem não corresponde ao planejamento já elaborado. Destaca-se como exemplo, o caso do projeto de retificação do canal dos Bultrins, que nos estudos arquivados na FIDEM, números de

acesso FDD 046, FI 120 e FDD 112, demonstram valores e planos para a execução do canal em curva longa, com elaborado plano de passeio para pedestres e de áreas de lazer, além da retificação do greide do canal em todos os trechos com problemas de alagamento. Sua execução optou por uma solução em curva de ângulo reto, que apresentou resultados não satisfatórios, tais como: os alagamentos constantes passaram apenas a ocorrer quando de chuvas mais intensas; desapareceu a área de lazer projetada; e a retificação das margens na proporção ideal foi reduzida para apenas uma quadra. O problema, assim, não foi devidamente sanado nem resolvido, pois que o estrangulamento localizado no trecho retificado passou a existir a jusante.

Observou-se a descrição dos fatos ocorridos neste ano de 2003, reflexo do tipo de situação em que se encontra a macrodrenagem do Rio Frágoso em Olinda, neste mesmo trecho.

Reportagens dos dois jornais de maior circulação de Pernambuco do dia 3 de maio de 2003, corroboram o que foi observado.

Jornal do Comércio:

PROBLEMAS DE DRENAGEM EM OLINDA

O índice pluviométrico de 51,1 milímetros, registrado das 9h de 01 de maio de 2003 às 9h de 02 de maio pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, representa quase a metade das chuvas de todo o mês de abril (116,5 mm).

Em Olinda, a Avenida Getúlio Vargas, a principal da cidade, alagou em várias partes. A via ficou estreita para a passagem de veículos. O trânsito congestionou, principalmente no começo da manhã. A Avenida Presidente Kennedy foi outra que não escapou do alagamento. O Rio Tapado (Canal dos Bultrins acima citado), que separa os Bairros de Jardim Atlântico e Casa Caiada, transbordou, inundando ruas próximas ao seu leito.

Diário de Pernambuco:

LIXO AFETA OLINDENSES

O temporal deixou dezenas de ruas alagadas em Olinda e colocou a defesa civil em estado de alerta. Os problemas aconteceram nos bairros de Águas Compridas, Caixa d'Água, Jardim Frágoso, Jardim Brasil e na Vila Popular. Apesar dos transtornos não houve deslizamento (grifo nosso).

Em Casa Caiada, área de classe média, diversas ruas ficaram inundadas. Perto do Conjunto Habitacional Vaticano, por exemplo, o canal do Frágoso transbordou e a água subiu cerca de um metro, obrigando os moradores a caminhar pela lama. "Isto é comum, moro nesta rua há 28 anos, já reclamamos mas todo ano é a mesma coisa", queixou-se a dona de casa Maria de Lurdes Carvalho, moradora da rua Caetano Ribeiro.

A estudante Leandra Albuquerque precisou tirar os sapatos e levantar a barra da calça para poder atravessar a rua Olímpio Ferreira Chaves. “Sempre enfrentamos isto”. O Coordenador da Comissão de Defesa Civil de Olinda, Artur Paiva, admite que a o município enfrentou problemas com a chuva. “Tivemos a água represada em vários pontos, pelo acúmulo de lixo, o que provocou os transbordamentos”.

Em termos de macrodrenagem, há necessidade da execução de obras de retificação de calha do Rio Frágoso, seu desassoreamento, alargamento, revestimentos e retorno ao estado natural em alguns trechos. Precedendo essas ações, de um levantamento das reais condições deste rio e seus afluentes, com dados que permitam o conhecimento, com a exatidão devida, de sua capacidade de escoamento, de seus pontos críticos e de suas possibilidades de alagamento. Deve-se considerar, também, a forte interferência da variação das marés e sua influência nos trechos do rio da planície aluvionar.

Em termos imediatos, porém, a ação mais importante a ser feita nessa rede de macrodrenagem é a sua manutenção, o desassoreamento de sua calha, a proteção de suas margens e das áreas alagadas contra invasões e construções ilegais, a retirada do lixo de seu leito e uma incessante atividade de informação e educação para a população do seu entorno.

7. GESTÃO AMBIENTAL

7.1 Legislação Ambiental

O Brasil é considerado um dos países que tem as mais completas leis para o controle ambiental. A legislação de proteção de recursos hídricos é ampla e robusta. Na prática, é lastimável o estado da bacia do Rio Frágoso como as de outras importantes bacias hidrográficas brasileiras.

Na Figura 72, é apresentado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, definido pelo Governo Federal, de fundamental importância para a interação entre os diversos órgãos e entidades, no âmbito Federal, Estadual e Municipal (MMA, 2003).

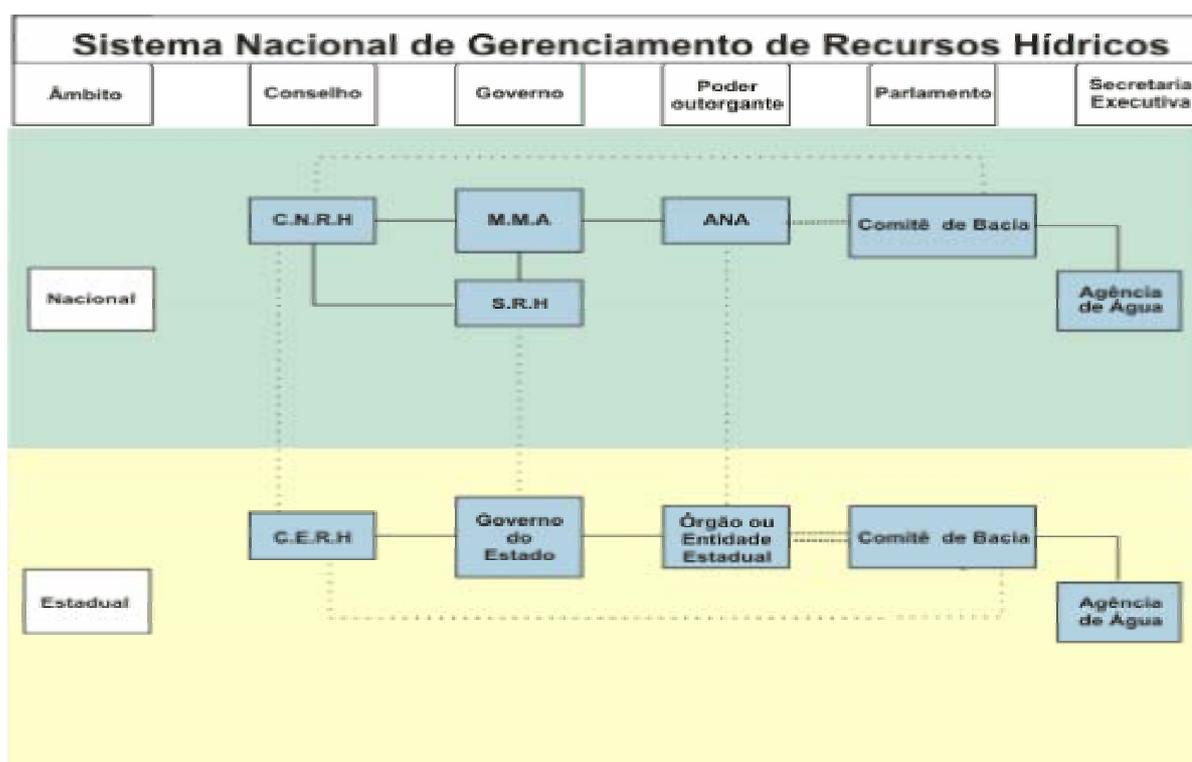


Figura 72 - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos Fluxograma (Fonte: MMA, 2003).

A seguir, serão sintetizados e relacionados as leis, decretos, portarias e resoluções pertinentes que servem de embasamento para aplicação e utilização pela sociedade e gestores ambientais da Bacia do Rio Frágoso.

7.1.1 Âmbito federal

- **Código das Águas**, Decreto nº 24.643, de 10/07/34, ainda em vigor, regula o uso da água para as diversas finalidades.

TÍTULO V

Águas pluviais

CAPÍTULO ÚNICO

Art. 102 - Consideram-se águas pluviais as que procedem imediatamente das chuvas.

Art. 103 - As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário.

Parágrafo único - Ao dono do prédio, porém, não é permitido:

1º - desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros prédios que delas se possam aproveitar, sob pena de indenização aos proprietários dos mesmos;

2º - desviar essas águas de seu curso natural para lhes dar outro, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las.

Art. 104 - Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável ficam sujeitas às regras ditadas para as águas comuns e para as águas públicas.

Art. 105 - O proprietário edificará de maneira que o beiral de seu telhado não despeje sobre o prédio vizinho, deixando entre este e o beiral, quando por outro modo não o possa evitar, um intervalo de 10 centímetros, quando menos, de modo que as águas se escoem.

Art. 106 - É imprescritível o direito de uso das águas pluviais.

Art. 107 - São de domínio público de uso comum as águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos de uso comum.

Art. 108 - A todos é lícito apanhar estas águas.

Parágrafo único - Não se poderão, porém, construir nestes lugares ou terrenos, reservatórios para o aproveitamento das mesmas águas, sem licença da administração.

- **O Novo Código Florestal Brasileiro**, instituído pela Lei nº 4.771 de 15/09/65 e alterado pelas Leis nº 5.106, nº 5.868, nº 7.754, nº 7.875.

Art. 1º - As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelece:

Parágrafo único. As ações ou omissões contrárias às disposições deste Código na utilização e exploração das florestas são consideradas uso nocivo da propriedade (art. 302, XI, b, do Código Civil).

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

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

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

2) de 50m (cinquenta metros) para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50m (cinquenta metros) de largura;

3) de 100m (cem metros) para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200m (duzentos metros) de largura;

4) de 200m (duzentos metros) para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600m (seiscentos metros) de largura;

5) de 500m (quinhentos metros) para os cursos d'água que tenham largura superior a 600m (seiscentos metros);

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

c) nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m (cinquenta metros) de largura;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras.

- **Lei nº 5.318 de 26/09/67** – Institui a política Nacional de Saneamento.
- **Lei nº 6.225 de 14/07/1975** – Institui os Planos de Proteção do Solo e Combate a Erosão.
- **Lei nº 6.776 de 19/12/1979** - Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.

Art.1º - O parcelamento do solo para fins urbanos será regido por esta Lei.

Parágrafo único. Os Estados, o Distrito Federal e os Municípios poderão estabelecer normas complementares relativas ao parcelamento do solo municipal para adequar o previsto nesta Lei às peculiaridades regionais e locais.

CAPÍTULO I - Disposições Preliminares

Art.2 - O parcelamento do solo urbano poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento, observadas as disposições desta Lei e as das legislações estaduais e municipais pertinentes.

§ 1 - Considera-se loteamento a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes.

§ 2 - Considera-se desmembramento a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com aproveitamento do sistema viário existente, desde que não implique a abertura de novas vias e logradouros públicos, nem prolongamento, modificação ou ampliação dos já existentes.

art.3 - Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas ou de expansão urbana, assim definidas por lei municipal.

Parágrafo único. Não será permitido o parcelamento do solo:

I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;

II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

III - em terreno com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

● **Lei nº 6.902 de 27/04/81** – Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, e dá outras providências.

● **Lei nº 6.938 de 31/08/81** – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e a **Lei 7.804, de 18/07/81**, que a alterou.

● **Lei nº 7.347 de 24/07/86** – Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (vetado, e dá outras providências.

● **Lei nº 7.661 de 16/05/88** – Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro de fundamental importância para as Bacias Costeiras.

● **A Constituição Federal do Brasil, de 05/10/1988.**

Em seu art. 21, estabelece entre outros, como de competência da União:

Art. 21 ...

IX – elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do Território e de desenvolvimento econômico e social;

XVIII – planejar e promover defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente secas e inundações;

XIX – instituir sistema nacional de gerenciamento de Recursos Hídricos e definir critérios de outorga de direito de seu uso;

XX – instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos;

...

Em seu art. 22, a Constituição Federal estabelece como de competência privativa da união, entre outros, legislar sobre:

Art. 22 ...

II – desapropriação

IV – águas, energia, informática, telecomunicações e radiodifusão:

XXVI – atividades nucleares de qualquer natureza.

A nível de competência comum União / Estados / Distrito Federal / Municípios, a Constituição Federal em seu art. 23, estabelece:

Art. 23 – ...

III – proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis os sítios arqueológicos;

IV – impedir a evasão, a destruição e a descaracterização de obras de arte e de outros bens de valor histórico, artístico e cultural;

...

VI – proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;

VII – preservar as florestas, a fauna e a flora;

...

XI – registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios.

No art. 24, a Carta Magna, institui, entre outros, como de competência da União / Estado / Distrito Federal, legislar concorrentemente sobre:

Art. 24 ...

...

VI – florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa, do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição;

VII – proteção ao patrimônio histórico, cultural, artístico e paisagístico;

VIII – responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico;

...

Ainda no que concerne às competências ambientais, a Constituição Federal determina que os órgãos governamentais nos diversos níveis (União / Estado / Distrito Federal e Municípios) passam a ter responsabilidades de todas as nações que afetem significativamente o meio ambiente.

Assim, em seu art. 225, a CF estabelece que:

ART. 225 --- todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as futuras e presentes gerações.

Ao Poder Público incumbe (art. 225, parágrafo 1º):

§ 1º...

I – preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e promover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II – preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III – definir em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitida somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a intensidade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV – exigir na forma da lei, para instalação de obras ou atividades potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V – controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI – promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII – proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco a função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

- **Lei nº 7.754 de 14/09/89** – Estabelece medidas para proteção da flora existente nas nascentes dos rios, e dá outras providências.

- **Lei nº 8.982 de 24/01/95** – Permite o aproveitamento das substâncias minerais que especifica, tanto pelo regime de licenciamento quanto pelo regime de autorização e concessão.

- **Lei nº 9.433, de 08/01/1997** – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Esta lei dentre outros benefícios, determinou que cada, Estado, estabelecesse através de análise das suas bacias hidrográficas, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seu uso.

- **Lei nº 9.605 de 12/02/98** – Lei dos Crimes Ambientais contra Fauna, Flora, Poluição, Patrimônio Cultural e Ordenamento Urbano.

- **Lei nº 9.984, de 17/07/2000** - Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos.

- **Decreto nº 50.877/61** – Dispõe sobre o lançamento de resíduos oleosos nas águas interiores ou litorâneas do país. Este decreto proíbe o lançamento de resíduos líquidos, sólidos ou gasosos, domiciliares ou industriais, às águas que implique na poluição das águas receptoras (Art. 1º), bem como a limpeza de motores dos navios e o lançamento de resíduos oleosos provenientes de tal limpeza nas águas.

- **Decreto nº 95.733, de 12/02/1988** – Dispõe sobre a inclusão no orçamento dos projetos e obras federais, de recursos destinados a prevenir ou corrigir os prejuízos da natureza ambiental, cultural e social decorrentes da execução desses projetos e obras.

Art. 1º - No planejamento de projetos de obras de médio e grande porte, executados total ou parcialmente com recursos federais, serão considerados os efeitos de caráter ambiental, cultural e sociais que esses empreendimentos possam causar ao meio considerado.

Parágrafo Único – Identificados efeitos negativos de natureza ambiental, cultural e sociais, os órgãos e entidades federais incluirão no orçamento de cada projeto ou obra, dotações correspondentes no mínimo a 1% (um por cento) do mesmo orçamento destinados a prevenção ou a correção desses efeitos.

- **Portaria/Divisão de Caça e Pesca nº 085 de 07/06/61** – Proíbe o lançamento de resíduos sólidos ou líquidos, domiciliares ou industriais nos cursos de água, visando preservar de poluição as águas dos interiores do país.

- **Portaria GM 013/76**, de 15/01/76, do Ministério do Interior **SEMA MINTER** – Estabelece a classificação das águas interiores.

- **Portaria/MINTER nº 231 de 27/04/76** – Estabelece padrões de qualidade do ar.

- **Resolução CONAMA nº 001-A de 23 de janeiro de 1986** – Esta resolução diz respeito à circulação de cargas perigosas, apresentando a seguinte redação:

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II, do art. 7º do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, alterado pelo Decreto nº 91.305, de 3 de junho de 1985, e o art. 48 do mesmo diploma legal, e considerando o crescente número de cargas perigosas que circulam próximas a áreas densamente povoadas, de proteção de mananciais, reservatórios de água e de proteção do meio ambiente natural, bem como a necessidade de se obterem níveis adequados de segurança no seu transporte, para evitar a degradação ambiental e prejuízos à saúde, resolve:

Art. 1º - Quando considerado conveniente pelos Estados, o transporte de produtos perigosos, em seus territórios, deverá ser efetuado mediante medidas essenciais complementares as estabelecidas pelo decreto nº 88.821 de 6 de outubro de 1983.

Art. 2º - Os Órgãos estaduais do Meio Ambiente deverão ser comunicados pelo transportador de produtos perigosos, com a antecedência mínima de setenta e duas horas de sua efetuação, a fim de que sejam adotadas as providências cabíveis.

Art. 3º - Na hipótese de que trata o artigo 1º, o CONAMA recomenda aos órgãos de trânsito, os cuidados especiais a serem adotados.

● **Resolução CONAMA nº 20, de 18/06/86** – Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas no território nacional em nove classes, segundo seus usos preponderantes.

● **Resolução CONAMA nº 005 de 15/06/89** – Institui o Programa Nacional de controle de Qualidade do Ar – PRONAR, como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e melhoria da qualidade de vida.

7.1.2 Âmbito estadual

A Constituição de Pernambuco (1989), art. 5º, assim se expressa:

Art. 5º - O estado exerce em seu território, todos os poderes que explicita ou implicitamente não lhes sejam vedados pela Constituição da República.

...

Art. 204 – O desenvolvimento deve conciliar-se com a proteção ao meio, obedecidos os seguintes princípios:

Preservação e restauração dos processos ecológicos essenciais;

Conservação do manejo ecológico das espécies e dos ecossistemas;

Proibição de alterações físicas, químicas ou biológicas, direta ou indiretamente nocivas à saúde, à segurança e ao bem estar da comunidade;

Proibição de danos à fauna, às águas, ao solo e à atmosfera.

Art. 209 – A política estadual de meio ambiente tem por objetivo garantir a qualidade ambiental, propiciar a vida e será aprovada por lei, a partir de proposta encaminhada pelo poder executivo com revisão periódica, atendendo os seguintes princípios:

- I. Racionalização do uso do solo, subsolo, da água e do ar;
 - VII. Recuperação de área degradada;
 - VIII. Proteção de áreas ameaçadas de degradação;
 - X. Educação ambiental a todos os níveis de ensino, de maneira integrada e multidisciplinar, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.
- Art. 215 – Para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação ambiental, será exigido estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade e, na forma da lei, submetido à audiência pública.

A Constituição do Estado de Pernambuco, promulgada em 05/10/89, estabelece a competência comum do Estado e Municípios: para proteger as paisagens naturais notáveis, os sítios arqueológicos, o meio ambiente (inclusive o combate à poluição em todas as suas formas, a preservação de florestas, da fauna e da flora), bem como registrar , acompanhar e fiscalizar a exploração de recursos hídricos e minerais em seu território (art. 5º, Incisos I, VI, VII, XI).

Entre as competências dos Municípios, dispostas no art. 78, destacam-se a elaboração de leis suplementares à legislação federal e estadual; a promoção do ordenamento territorial, abrangendo o controle do uso do solo urbano, no que couber; além da implantação da política municipal de proteção e de gestão ambiental (Incisos I, II, VII e XII). O mencionado dispositivo, em seu art. 80, acrescenta ainda que nos casos onde não haja legislação estadual sobre normas gerais, o Município exercerá a competência legislativa plena no que tange ao interesse local.

Quanto ao desenvolvimento urbano, o art. 144, define que “ a política de desenvolvimento urbano será formulada e executada pelos Estados e Municípios, de acordo com as diretrizes fixadas em lei, visando atender a função social do solo urbano, ao crescimento ordenado e harmônico das cidades e ao bem-estar dos seus habitantes “. Tais diretrizes deverão assegurar, dentre outros:

- a criação de áreas de especial interesse urbanístico, social, ambiental, cultural, artístico, turístico e de utilização pública;

- a utilização mais adequada do território e dos recursos naturais, através de controle de implantação e funcionamento de empreendimentos para fins diversos.

Continuando, o art. 146 estabelece que a Lei Orgânica de cada município fixará o âmbito, as condições de aprovação, a periodicidade, o conteúdo, entre outros aspectos, bem como a revisão do Plano Diretor. Durante a execução do Plano Diretor deverá ser assegurada a utilização de mecanismos de participação popular. Acrescenta ainda, no seu § 3º, que os municípios que tenham mais de vinte mil habitantes e sejam vizinhos, poderão se associar em Conselhos Regionais ou de microrregião, para a elaboração dos seus Planos Diretores e a execução dos mesmos.

A junção de municípios em consórcios por bacias ou sub-bacias hidrográficas para a realização de estudos e propostas comuns visando a realização de seus planos diretores, constitui-se em possível solução financeira e ao mesmo tempo, estimularia a participação e o envolvimento dos municípios entre si e entre as diversas comunidades que compartilham a unidade territorial acertada. Ressalta-se que dentre os municípios da RMR, apenas o Recife, nucleação centro, tem o seu Plano Diretor aprovado por lei e em execução. O município de Jaboatão dos Guararapes tem uma proposta de plano, porém não foi encaminhada à Câmara Municipal. Já o município de Olinda está na fase de elaboração do seu plano, colocando-o para discussão com a comunidade (CDM, COBRAPE-DIAGONAL, 1999).

Decreto Estadual de nº 7.269, de 05/06/81 – Regulamentou a Lei Estadual 8.361, de 26/09/80, na classificação dos corpos de água e dá outras providências.

Lei nº 11.426, de 17/01/97 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências

7.1.3 Âmbito do Município do Paulista

Lei Orgânica Do Município do Paulista, promulgada em 05/04/1990.

CAPÍTULO IX

Do Meio Ambiente

Art. 197 – Todos têm direito ao Meio Ambiente ecologicamente equilibrada, bem como de uso do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público Municipal e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para gerações presentes e futuras.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público Municipal, entre outras atribuições:

I – fiscalizar, proteger, recuperar e preservar as florestas, a fauna e a flora, de forma complementar à União e ao Estado;

II – prevenir e controlar a poluição, a erosão, o assoreamento, o deslizamento de encostas e outras formas de degradação ambiental;

III – estimular e promover o reflorestamento, preferencialmente com espécies nativas objetivando especialmente a proteção de encostas e dos recursos hídricos;

IV – estimular e promover o uso e a exploração nacional dos recursos bioterapêuticos regionais;

V – estimular a pesquisa, o desenvolvimento e a utilização de fontes de energia alternativa não poluentes, bem como de tecnológicas poupadoras de energia;

VI – implantar e manter hortos florestais destinados à recomposição da flora nativa e a produção de espécies diversas, destinadas à arborização dos logradouros públicos;

VII – promover ampla arborização dos logradouros públicos da área urbana, bem como a reposição dos espécimes em processo de deteriorização ou morte;

VIII – criar parques, reservas, estações ecológicas e outras unidades de conservação, mantê-los sobre especial proteção e dotá-los da infra - estrutura indispensável às suas finalidades;

IX – assegurar, defender e recuperar as áreas de proteção legal, de caráter ambiental e histórico – cultural, em especial os manguezais, os estuários, a mata atlântica e a zona costeira;

X – incentivar, participar e colaborar com a elaboração de planos programas e projetos de proteção ambiental de interesse do município;

XI – licenciar no território municipal, a implantação, construção ou ampliação de obras ou atividades efetiva ou potencialmente poluidoras em especial edificações, indústrias, empreendimentos agropecuários, parcelamento e remembramento do solo, exigido o respectivo licenciamento ambiental do órgão estadual competente.

Art. 203 – O Município deve buscar e implantar soluções técnicas alternativas de reciclagem do lixo e procurar reduzir ao máximo a utilização de material não reciclável e não biodegradável, além de divulgar os maléficos desse material sobre o meio ambiente.

Art. 205 – O Município, de modo articulado com agentes federais, estaduais, e a comunidade, definirá o órgão municipal que executará as funções relativas ao equilíbrio ecológico e de combate à poluição.

Lei de Meio Ambiente de Paulista – Lei 3.209/93

Art. 1 – O poder público municipal, no dever de defender o meio ambiente, fiscalizará, protegerá e preservará de forma, complementar, as ações do Estado e da União, no que se refere:

- I – aos recursos florestais, recursos hídricos e minerais;
- II – ao controle da poluição em suas múltiplas formas e efeitos;
- III – ao uso e à exploração dos recursos bioterapêuticos regionais;
- IV – à utilização de fontes alternativas de energia não poluentes;
- V – à flora nativa e produção de espécies em extinção e à arborização de logradouros públicos;
- VI – às áreas legais de caráter ambiental e histórico – cultural, os manguezais, os estuários de rios, canais, riachos, córregos e a orla marítima;
- VII – às áreas de interesse comum como ruas, praças, parques, áreas verdes de propriedade do município evitando a ocupação ilegal para o uso residencial e / ou de atividade comerciais, industriais e de prestação de serviços.

Art. 42 – As infrações relativas às violações contra o meio ambiente podem ser classificados em:

I – Infrações contra os recursos florestais:

derrubada e retirada de madeira em áreas consideradas de preservação florestal.

Atear fogo em áreas de matas, terrenos com cobertura vegetal, áreas donde passam redes de transmissão de energia elétrica, em outras definidas pela municipalidade;

Cortar árvores frondosas, espécies em extinção e coqueirais da orla marítima consideradas pela lei orgânica do município, vegetais de preservação obrigatória;

Cortar árvores tombadas pelo poder público municipal.

II – Infrações que impedem ou dificultam a circulação pública nas calçadas, praças e ruas .

instalação de unidades de comércio, prestação de serviços ou habilitação;

construção de fossas, esgotos e instalações sanitárias em áreas públicas ou à margem de rios, canais e riachos, inclusive com esgotamento de resíduos;

colocação de material de construção, resíduos de obras ou produtos para comercialização;

instalação de unidade móvel de comércio ou prestação de serviços.

III – infrações e irregularidades sobre poluição sonora:

utilização de equipamentos sonoros em decibéis não permitidos pela lei em locais de diversão, vias públicas ou em residências, e sobretudo edifícios ou conjuntos habitacionais fora dos horários permitidos;

serviço de som, fixo ou volante, com decibéis não permitidos pela lei e em horários proibitivos (22 às 06 horas);

utilização de buzinas de veículos automotivos em locais não permitidos.

Art. 5º - O processo de defesa e preservação do meio ambiente tem como base a coordenação e execução a Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente, que atuará de modo articulado com as administrações regionais.

Art. 9º - com base na legislação estadual vigente, são consideradas fontes de poluição todas e quaisquer atividades, processos, operações ou dispositivos móveis ou não, que

independente de seu campo de aplicação, induzam à poluição do meio ambiente e de modo específico:

I – atividades de extração e tratamento de minerais;

...

7.1.4 Âmbito do Município de Olinda

A Lei Orgânica do Município de Olinda 1990, art. 8º estabelece como sendo atribuições dos municípios:

Art. 8º ...

I – legislar sobre assuntos de interesse local;

II – suplementar a legislação Federal e a Estadual, no que couber, (80);

VI – promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano;

VII – promover a proteção do patrimônio histórico cultural local, observadas a legislação e a ação fiscalizadora Federal e Estadual;

X – organizar-se administrativamente, observadas as legislações Federal e Estadual;

XII – conceder licença de localização e funcionamento de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços e outros, de fins lucrativos, ou não, desde que atendam as exigências da legislação específica;

XIII – ordenar e regulamentar as atividades urbanas e exercer o seu poder de polícia determinando, inclusive, o fechamento, temporário ou definitivo, de estabelecimentos, nos casos de descumprimento da legislação vigente, e cuja atividade seja considerada prejudicial à saúde, à higiene, à segurança, ao meio ambiente, aos bons costumes e ao sossego da população;

XIX – estabelecer impor penalidades, por infração às leis e aos regulamentos;

XX – organizar, dirigir e fiscalizar o tráfego de veículos no seu território, diretamente, ou em convênio com o Estado de Pernambuco;

XXV – regulamentar a lei complementar de criação da Guarda Municipal, estabelecendo a competência dessa força auxiliar, na proteção dos bens, serviços e instalações municipais;

XXVI – estabelecer limitações urbanísticas, e dispor sobre normas de edificação, loteamento, arruamento e zoneamento urbano; ...

Uma das formas de promover a proteção e sustentabilidade do meio ambiente é através da correta aplicação das normas legais, que, dentro de um diagnóstico geoambiental, ou problema técnico, serve como instrumento do estabelecimento de limites, exigências e instrumentos adequados à fiscalização ambiental e correto gerenciamento dos recursos naturais.

Esta abordagem não possui a pretensão de se aprofundar no assunto, apenas colocou-se em destaque o que se buscou para servir de base para o estudo da Bacia do Rio Fragoso, especificamente como já foi dito anteriormente.

7.2 Problemas Ambientais da Bacia do Rio Fragoso

7.2.1 Urbanização

Apesar de a Cidade de Olinda ter sido povoada desde a sua fundação e transformada em poucos anos no maior centro urbano dos territórios ocupados por Portugal, a degradação do ecossistema que circundava a Bacia do Rio Fragoso só é registrada a partir de meados de 1930, quando de sua expansão urbana. Em 09/05/1930 se anota a primeira licença para o Loteamento de um sítio de Rio Doce (Tabela 20), desmembrado em 45 lotes. Há notícia, então, da construção de loteamentos denominados de “Cidade Dormitório” dando origem ao Bairro de Casa Caiada. Estruturava-se, assim, a cidade expandindo-a para o Norte, pelas suas praias, ocupando áreas da planície onde antes existiam sítios e fazendas, onde não havia degradação ambiental e onde existiam resquícios bem superiores aos de hoje da original Mata Atlântica (COSTA,1982).

Os aterros nas áreas dos mangues são também facilmente constatados, a partir da década de 1930 até a data atual, para a implantação de Loteamentos que atendiam à demanda de crescimento da Cidade de Recife, com reflexos diretos na Cidade de Olinda e posteriormente em Paulista.

A ocupação urbana é registrada pela alteração da paisagem que recebe novas residências e construções, que por sua vez vão expulsando dali os antigos habitantes constituídos basicamente por pescadores, que não suportam o poder especulativo do capital e iniciam a ocupação de várzeas e áreas próximas aos cursos d’água do Rio Fragoso, como se pode bem perceber através de depoimentos de pescadores, segundo Costa (1982)., que relatam problemas extremamente sérios como casos de famílias que já tinham recuado com sua habitação três vezes.

Tabela 17- Taxa de urbanização por loteamento em Olinda (Fonte: FIDEM, 2000).

Período	Número de Loteamentos	Total de Lotes	Lotes /Loteamentos	Número de Lotes %		
				Até 360m2	360m2 a 1000m2	A cima de 1000m2
Até 1950	04	212	53	56,1	36,8	7,1
1951 a 1960	13	2.201	169	14,2	85,6	0,2
1961 a 1970	03	3.577	1.192	64,9	35,1	-
1971 a 1979	08	1.265	158	95,3	4,5	0,2
1980 a S/data	17	7.601	447	75,9	24,0	0,1
TOTAL	45	14.856	330	65,5	34,3	0,2

Em Paulista, a maior expansão urbana ocorreu durante os últimos anos do assim chamado “período do milagre brasileiro”, onde ocorreu uma grande evolução do crescimento econômico e industrial (1964-1984), acompanhado de grande crescimento populacional urbano e rural (BRUM, 1999).

Para esses dois municípios, da década de noventa até a atual o que se observa é um crescimento populacional desordenado, com a ocupação inadequada das margens do Rio Frágoso e de suas várzeas, através da invasão de famílias carentes que fogem das secas de cidades do sertão para se estabelecerem em regiões litorâneas próximas aos grandes centros urbanos, com as conseqüências já conhecidas, principalmente no que se refere à devastação das Matas Ciliares.

Em função da importância dessas matas, o certo seria sua manutenção nas faixas consideradas de preservação permanente desde o advento do Código Florestal - Lei 4.771 de 1965. No entanto, nem proprietários de terra e nem autoridades de quaisquer dos três poderes, levaram a sério o teor da lei, muito menos deram a devida importância para a manutenção e recuperação destas faixas florestais.

Este crescimento urbano tem sido caracterizado pela expansão irregular da periferia, com pouca ou nenhuma obediência à regulamentação urbana, quer consubstanciada no Plano Diretor, quer, como no caso de Olinda, consolidada em normas técnicas costumeiras de regulamentação de loteamentos (BELTRÃO et al. 1995).

Além de tudo isso, os invasores dessas áreas se caracterizam por uma imensa pobreza de cultura urbana e de quase nenhuma renda familiar.

Tabela 18- Urbanização nas populações brasileira, olindense e paulistana (IBGE, 2000).

ANO	BRASIL		OLINDA		PAULISTA	
	POPULAÇÃO (milhões de habitantes)	PARCELA DA POPULAÇÃO URBANA (%)	POPULAÇÃO (habitantes)	PARCELA DA POPULAÇÃO URBANA (%)	POPULAÇÃO (habitantes)	PARCELA DA POPULAÇÃO URBANA (%)
1970	93,1	55,9	196.342	95,4	70.059	89,16
1980	119,0	68,2	282.207	94,5	165.743	58,38
1991	146,8	75,6	341.394	100,0	211.491	98,21
1996	157,1	78,4	349.380	100,0	233.634	98,23
2000	169,0	81,1	368.643	98,1	262.237	100,0

7.2.2 Problemas básicos

Como se observa na Tabela 18, as Cidades de Olinda e do Paulista apresentam população urbana próxima a 100% nas últimas décadas, o que dificulta grandemente o ordenamento das noções não-estruturais do controle do ambiental urbano.

Muitas catástrofes, inclusive com mortes no caso de enxurradas e enchentes, e prejuízos econômicos poderiam ter sido evitados no passado, e também prevenidos para o futuro, com a simples observância das faixas mínimas de vegetação preconizadas na legislação.

De um modo geral, pode-se falar sobre as seguintes situações de problemas encontrados nesta bacia, hoje:

- O contínuo processo de expansão, com a multiplicação de construções de baixa renda em áreas não edificantes a partir do Sítio Histórico, acelera o problema ambiental que envolve o complexo morro-planície no Município de Olinda e do Paulista;
- O empobrecimento da população brasileira e em especial da nordestina ao longo dos últimos anos;
- O êxodo rural nos períodos de seca, onde é natural a fuga da população do sertão para as regiões das zonas marginais aos grandes centros urbanos;
- O descontrole do planejamento urbanístico e da gestão ambiental por parte dos poderes públicos, que historicamente se perpetuaram no poder, mui-

tas vezes para atingir interesses familiares e de grupos em detrimento da maioria da população;

- A inoperância dos técnicos existentes nestes órgãos gestores, que às vezes se sentiram cerceados do direito de cumprimento de seu dever, buscando atender aos interesses dos superiores nos períodos de sua influência, sendo, devido à alternância dos mandados políticos, excluídos da continuidade de processos administrativos e de gestão dos recursos naturais por eles iniciados;
- As constantes reformas administrativas com os assim chamados ideais de melhoria do processo iniciado em gestão anterior e que, na maioria das vezes, trazem em seu cerne apenas a modificação do nome de órgãos e secretarias, e o engajamento de pessoas componentes do grupo vencedor de uma eleição, estes por sua vez comprometidos apenas com suas ambições pessoais.

Diante de tudo isto, assiste-se a uma grande devastação do ecossistema e a uma degradação do ambiente urbano.

Os focos emergentes de risco estão localizados nos principais morros ocupados e nas áreas planas próximas aos cursos d'água. Estes, na sua grande maioria, passam de uma situação de parcialmente obstruídos para a situação crítica de quase completamente obstruídos.

Os aspectos relacionados com a infra-estrutura de água têm sido planejados de forma inadequada, porquanto grande parte dos problemas citados está relacionada com a forma setorial como são tratados.

O planejamento urbano deve considerar os aspectos relacionados com a água, com o uso do solo e com a definição das tendências dos vetores de expansão da cidade.

7.2.3 Identificação das áreas

Para melhor identificação das áreas e seus respectivos problemas, optou-se pela seguinte subdivisão: trecho das nascentes, trecho de áreas pouco urbanizadas, onde se observa quase uma passagem de região rural para zona urbana, e por fim o trecho urbanizado.

É evidente que um estudo mais completo definiria as sub-regiões administrativas de tal forma que sua gestão teria uma maior participação social e técnica de acordo com suas peculiaridades próprias.

Trechos 1 – Nascentes

Nas suas nascentes foram encontradas as seguintes situações de degradação:

- Destruição das Matas Virgens e Ciliares, para utilização agrícola, construção de casebres ou edificações prediais em desacordo com as leis vigentes de uso e ocupação do solo (Figura 73);



Figura 73– Casebre à margem esquerda da nascente do Riacho da Mirueira Vistoria realizada com o apoio do pessoal do CIPOMA - Companhia de Polícia do Meio Ambiente.

- Utilização das várzeas das nascentes e suas encostas para uso agrícola, por conta do solo fértil existente, da abundância hídrica e das pequenas áreas planas locais (Figura 74);



Figura 74– Utilização de encostas das nascentes do Riacho da Mirueira onde antes existiam matas ciliares.

- Criação animal (Figura 75), principalmente de porcos, em áreas das margens das nascentes.



Figura 75 – Criação animal em áreas adjacentes às nascentes do Riacho da Mirueira.

Há excesso de exploração com prática de irrigação sem análise dos volumes utilizados para uso próprio e ou dessedentação animal, praticada pelos proprietários de sítios e granjas que, sem qualquer controle, se utilizam da água de poços rasos ou antigos, como cacimba, normalmente executados nas encostas dos vales (Figura 76);



Figura 76- Poço raso ou cacimba muito comum nas adjacências à nascente do Riacho da Mirueira.

Face ao afastamento das matas dos centros urbanos, com pouca ou nenhuma fiscalização por parte do poder público e da sociedade, algumas indústrias e principalmente os abatedouros de aves, depositam os seus resíduos sólidos nas encostas das matas, sendo esta uma das mais graves degradações existentes. Durante o reconhecimento e identificação da nascente do Riacho da Mirueira; afluente do Rio Fragoso; foram observados vários depósitos de restos de abatedouros de aves com carcaça e pena, assim como, resíduos sólidos industriais (Figura 77), cuja decomposição causa a destruição da vegetação nativa, dificultando a recuperação da mata.



Figura 77 – Resíduos sólidos de abatedouro animal próximo à nascente do Riacho da Mirueira.

Tornou-se comum, também, o esconderijo de veículos roubados, onde normalmente são queimados, e de plantações proibidas nestas áreas. São ações promovidas por quadrilhas de ladrões, que encontram nas matas ciliares o refúgio perfeito para seus atos criminosos, exigindo um maior patrulhamento ostensivo, para coibir tais práticas e para a proteção geral da floresta. Encontram-se, também, vestígios de ações criminosas de captura de animais silvestres, que podem causar o desequilíbrio do ecossistema no local onde se encontra uma das nascentes da Bacia do Rio Fragoso (Figura 78)..



Figura 78– Apreensão de gaiolas (caça a pássaros) em estrada da Mata do Ronca.

Trecho 2 – Áreas pouco urbanizadas

Nestas áreas, encontra-se o foco dos futuros grandes problemas a serem enfrentados pelas próximas gerações de habitantes e de seus governantes.

Estas regiões normalmente são ocupadas por pessoas de menor esclarecimento cultural, de quase nenhum poder aquisitivo e renda e com maiores dificuldades de exigir a atenção do poder público.

Em tais situações fica impossível o correto ordenamento destas áreas, que não são alvo de fiscalização rigorosa e cujos problemas vão gradativamente se avolumando. Em alguns casos, apresentam-se alternativas de soluções de repercussão em mídias locais por conta do clamor da população que cresceu desordenadamente e possuindo número de eleitores suficientes para influir em futuras escolhas políticas ou, quiçá, pelo surgimento de lideranças locais, com um pouco mais de esclarecimento sobre os seus direitos e muita garra para lutar pela melhoria da sua comunidade.

Normalmente, as correções urbanísticas necessárias nestas áreas e a preservação do meio ambiente não implicariam em grades somas financeiras, se atacadas em seu início. Assim também, a aplicação mais severa das disposições legais existentes sobre o uso e a ocupação do solo não seria de difícil eficácia. No entanto, isto não ocorre ou é realizado sob forte pressão dos que se encontram a jusante deste trecho da bacia, após os primeiros efeitos negativos das respectivas ações antrópicas, ou seja, de cheias e alagamentos.

Nestas áreas os maiores problemas constatados foram:

- Construções ou empreendimentos considerados de baixa qualidade social, que jamais seriam aceitos em áreas de grande desenvolvimento urbano, tais como: leprosário, cemitérios, oficinas de grande poluição sonora e residual e indústrias poluidoras do ar etc;
- Ocupação de áreas de menor valor comercial, principalmente por não serem próprias para moradias ou de difícil solução construtiva, provocando a criação de favelas, tais como: várzeas à margem de rios, encostas, alagados, manguezais e áreas marginais do rio;
- Deposição de esgotos domésticos diretamente no rio, riacho ou em canaletas a céu aberto;
- Destruição de matas ciliares e de qualquer vegetação das margens e cabeceiras do rio, provocando erosão local e assoreamento a jusante;
- Impermeabilização de grandes áreas sem um estudo dos impactos ambientais, com conseqüência direta no aumento do escoamento das águas pluviais nestas áreas e provocando o aumento das cheias, nas áreas de maior adensamento populacional e crescimento urbano, tornando ineficientes os sistemas de drenagem existentes;
- A precariedade de coleta de lixo e a falta de educação básica dos habitantes contribuem para o impacto direto no volume de lixo que é lançado no sistema de drenagem, criando barragens naturais juntamente com as plantas que se desenvolvem por motivo do excesso de matéria orgânica, cujos reflexos diretos são percebidos nos períodos de fortes chuvas no trecho urbano.

Trecho 3 – Áreas Urbanas

Com se pode observar pelos valores encontrados na Tabela 18, as taxas de aumento populacional e de urbanização têm sido muito altas na Cidade de Olinda e na do Paulista, de maneira que medidas relacionadas à organização física territorial, também devem ser consideradas para evitar o processo de conurbação existente.

O resultado de todo o processo de degradação que ocorre a montante desta área do rio, e aí se acrescente o forte adensamento populacional como agravante, pode-se imaginar o imenso impacto causado pela degradação vigente.

Considerando-se como a maior área da Bacia do Rio Fragoso, pode-se salientar também os seguintes problemas:

- Falhas na microdrenagem implantada com patologias freqüentemente observadas tais como: esmagamento de bocas coletoras, remoção de tampas de inspeção (vandalismo), várias situações de estrangulamento da abertura da boca coletora, intervenção física inadequada feita por morador, posicionamento no greide da rua de forma inadequada, desmoronamento por choques de veículos, acúmulo de sedimentos e vegetação por falta de varrição, obstrução por lixo e, como uma das mais graves falhas, a agressão por resíduos e líquidos inflamáveis ao longo do traçado das rodovias (Figura 79).
- Quanto à drenagem, percebe-se a alteração gradual do sistema existente, cujo custo de intervenções para sua correção além de muito alto, afeta toda uma população já estabelecida com conflitos de relocação e de redimensionamento de estruturas para vazões, que antes eram adequadas e ofereciam boa segurança, mas que agora vêm sendo suplantadas em intervalos de tempo cada vez menor de incidência de chuvas intensas, aumentando o transtorno das casas residenciais e comerciais atingidas;



Figura 79– Canaleta partindo de boca coletora para o Riacho do Bultrins.

- O assoreamento é crescente, por conta de invasão de áreas marginais por edificações irregulares, que impedem a correta manutenção dos canais e destroem a mata e a vegetação ciliar;
- A deposição dos esgotos em redes de águas pluviais através de ligações clandestinas, mesmo em áreas servidas por sistema de esgotamento sanitário, é percebida pelos poderes públicos e fiscalizadores, sem qualquer medida de punição.

Em decorrência disso, até em área habitada por residência de bom nível, pode-se observar, como na foto da Figura 80, a vegetação flutuante com destaque para a *Eichhornia azurea* (Aguapé), nome científico da macrófita comumente encontrada nesta região, em virtude do constante lançamento de despejos domésticos na área de maior adensamento populacional.

A espécie é muitas vezes considerada como praga, pois seu desenvolvimento excessivo cria represas, que, em conjunto com o lixo flutuante, aumentam as barreiras existentes para o escoamento superficial do rio, inundando as várzeas quando em contacto com estruturas como pontes e desvios de canais até quando o nível do rio não esteja em seu limite máximo.

Além disso, propicia o desenvolvimento de vetores de doenças e o aumento da poluição orgânica das águas pela decomposição, em larga escala, de suas folhas.

Note-se que em áreas sem poluição por matéria orgânica essa vegetação não desenvolve de forma tão rápida e agressiva, sendo em geral encontrada nos locais de grande adensamento populacional e falta de esgotamento sanitários, ou mesmo provenientes de loteamentos implantados em solos argilosos, pouco permeáveis, que, como reflexo, encontra-se o afloramento de efluentes de esgotos das residências direcionados para as sarjetas ou canais a céu aberto e em seguida para o leito do rio.

O maior problema, contudo, o mais comum e presente em todas as nossas cidades, é a desobediência à legislação que disciplina o “uso e ocupação do solo”, razão maior do caos urbano existente já citado.



Figura 80– Dragagem de rio no trecho do Rio Doce, afluente do Rio Fragoso.

7.2.4 Discussão de possíveis soluções

As possíveis soluções, apresentadas abundantemente pela nossa literatura, deverão se reportar às especificidades de cada caso, que são denominados de solução técnica de engenharia, de gestão, ou, ainda mais recentemente, de reengenharia, com a busca do estado natural ou próximo ao que existia antes das ações antrópicas.

Pode-se perguntar: Por que não se consegue resolver problemas já tão amplamente debatidos, equacionados, pesquisados e experimentados, com tantas e diversas soluções e com resultados alcançados em outras bacias, muitas delas com problemas bem maiores e mais importantes?

Não se pode deixar de destacar duas ações de fundamental importância para o planejamento da macrodrenagem e gestão ambientais, desenvolvidas para a Região Metropolitana do Recife: o já citado Plano Diretor de Macrodrenagem da RMR (ACQUAPLAN, 1980), e a elaboração do Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica das Bacias dos Rios Beberibe, Capibaribe e Jaboatão – PQA / PE (CDM, COBRAPE – DIAGONAL, 1999).

Foram grandes os avanços alcançados nos últimos anos nas questões hídricas e sua sustentabilidade qualitativa. Quanto aos aspectos legais, o país está contemplado com uma legislação ambiental considerada de excelência e de elevado conteúdo técnico e social. Já se dispõe de lei de Recursos Hídricos, com características extremamente modernas em seus conceitos e princípios, que agora está em fase de regulamentação e implementação em todos os estados da federação.

Tem-se pleno conhecimento que o gerenciamento ou gestão de um recurso ambiental natural econômico ou sociocultural consiste na articulação do conjunto de ações dos diferentes agentes sociais, econômicos ou socioculturais iterativos, objetivando compatibilizar o uso, o controle e a proteção deste recurso ambiental, disciplinando as respectivas ações antrópicas, de acordo com a política estabelecida para o mesmo, de modo a se atingir o desenvolvimento sustentável (SILVA; PRUSKI, 2000).

Como elemento inerente à gestão integrada de bacias hidrográficas tem-se:

- Conhecimento do ambiente reinante na bacia;
- Planejamento das intervenções na bacia, considerando o uso do solo;
- Participação do usuário; e
- Implementação de mecanismos de financiamento das intervenções, baseadas no princípio usuário pagador.

Mas, além dos princípios básicos para a gestão integrada da bacia, deve-se acrescentar ações mais diretas tais como:

- A criação de uma Lei de Responsabilidade Ambiental nos moldes da Lei de Responsabilidade Fiscal, onde parâmetros já observados e definidos como de um determinado padrão mensurável, seja monitorado de forma contínua e com metas previamente estabelecidas, que poderiam ser definidas por companhias públicas em conjunto com instituições de pesquisa e organizações não governamentais envolvidas com a preservação do meio ambiente; e que servissem de base para a adoção de sanções para os gestores públicos e seus auxiliares. Tome-se como exemplo, o grau atual de DBO, de um determinado trecho de bacia, e o desejável para ser atingido a cada dois anos;
- Reforçar, melhor capacitar, definir claramente os objetivos, a competência e subordinação de Batalhões de Policiamento Ambiental, que tenham como missão principal, o policiamento ostensivo fardado, com vistas a prevenir, coibir e reprimir com a força da lei e penas severas as ações de degradação do Meio Ambiente, buscando a todo custo e com todo o apoio dos três poderes constituídos a preservação e conservação dos recursos naturais;
- Criação de Juizados Especiais de Julgamento aos Crimes Ambientais, com toda a estrutura que ofereça rapidez no julgamento e punição de infratores da legislação ambiental, encaminhados pelos batalhões de policiamento ambiental e Delegacias Especializadas do Meio Ambiente;
- Definir um comando único de Gestão da Bacia em nível Estadual, com ligação direta à atuação Federal, e que se obrigue a avaliar, quantificar e ofertar dados públicos de situação existente, e metas estabelecidas para 5, 10 e 20 anos de gerência da bacia, além da criação de corpo técnico especializado;
- Implementar a criação de comitês de bacias em todos os níveis do planejamento hídrico integrado, de tal forma que o usuário local do canal, riacho ou afluente da bacia principal tenha não só uma participação efetiva na melhoria de qualidade da sua micro-bacia, mas seja também um seu defensor em potencial.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de uma gestão ambiental eficiente e dinâmica resulta na degradação, dando origem ao caos ou morte dos ecossistemas existentes.

A avaliação permanente de cada sistema existente é essencial para seu progresso e aperfeiçoamento.

Em cada município, a preservação das áreas verdes mediante a reserva de parte das florestas ainda existentes e das matas ciliares está se tornando cada vez mais um imperativo da consciência ecológica. A preservação das nascentes das bacias hidrográficas contra a degradação provocada pelo homem é requisito fundamental para a melhoria da qualidade de vida das áreas habitadas.

Por outro lado, o fenômeno da urbanização é um processo irreversível para todas as nações, assim como toda a ação antrópica de poluição daí decorrente.

8.1 PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES

Para uma melhor assimilação do tema, optou-se pela reunião das principais recomendações que foram abordadas durante o desenvolvimento dos capítulos, servirão para dar maior robustez as conclusões finais

8.1.1 NA MICRODRENAGEM

A busca de estruturas mais duráveis, que ofereçam menos riscos e de fácil manutenção, é fundamental.

Idéias inovadoras tais como o uso de sistemas que já funcionam regularmente, como a coleta de lixo, poderiam ser aprimorados e diversificados no contato direto com a população, e o conhecimento dos principais problemas pontuais de cada rua, cada trecho de galeria, cada córrego ou canal.

A coleta de todos os dados possíveis sobre as obras de engenharia para a administração da própria rede existente, com registro de seu posicionamento no greide das ruas, de suas dimensões, da declividade, da capacidade limite de trabalho atual e de seu funcionamento, com o uso de técnicas de Sistemas de Informações Geográficas.

É importante promover fiscalização e identificar os despejos de esgotos clandestinos e de lixo, coibindo de forma firme e constante.

Campanha educativa ininterrupta deverá ser realizada em todos os meios de comunicação, além das escolas, alertando a população para os entupimentos e prejuízos decorrentes do lixo lançado no sistema de drenagem.

8.1.2 NA MACRODREGEM

É necessário um levantamento das reais condições do Rio Fragoso e de todos os seus afluentes, com dados que permitam o conhecimento, com a exatidão devida, de sua capacidade de escoamento, de seus pontos críticos e de suas possibilidades de alagamento.

É fundamental a execução de obras na calha do Rio Fragoso, seu desassoreamento, alargamento, revestimentos de pequenos trechos e retorno ao estado natural em alguns trechos.

A ação mais importante a ser feita nessa rede de macrodrenagem é a sua manutenção, o desassoreamento de sua calha, a proteção de suas margens e das áreas alagadas contra invasões e construções ilegais, a retirada do lixo de seu leito e uma incessante atividade de informação e educação para a população do seu entorno.

8.1.3 NA GESTÃO URBANA

São sugeridas as seguintes atividades para aprimorar a gestão urbana:

Reforçar, melhor capacitar, definir claramente os objetivos, a competência e subordinação de Batalhões de Policiamento Ambiental.

Criar Juizados Especiais de Julgamento aos Crimes Ambientais, com toda a estrutura que ofereça rapidez no julgamento e punição de infratores da legislação ambiental, encaminhados pelos batalhões de policiamento ambiental e Delegacias Especializadas do Meio Ambiente.

Definir um comando único de Gestão da Bacia em nível Estadual, com ligação direta à atuação Federal, e que se obrigue a avaliar, quantificar e ofertar dados públicos de situação existente, e metas estabelecidas para 5, 10 e 20 anos de gerência da bacia, além da criação de corpo técnico especializado, através de concurso público.

Implementar a criação de comitês populares de bacias em todos os níveis do planejamento hídrico integrado, de tal forma que o usuário local do canal, riacho ou afluente da bacia principal tenha não só uma participação efetiva na melhoria de qualidade da sua micro-bacia, mas seja também um seu defensor em potencial.

8.2 CONCLUSÕES

Há muito tempo se apontam as possíveis soluções a serem adotadas para os problemas de poluição de bacias hidrográficas semelhantes às do Rio Fragoso e de outras de maior importância.

Faz-se necessário selecionar os melhores diagnósticos e soluções técnicas para sua aplicação efetiva, amparada por um sistema competente de legislação.

Este sistema deve ser integrado por um Código de Preservação de Bacias Hidrográficas e por uma Lei de Crimes Ambientais, dotada de legislação penal severa e de rápida aplicação, preservando os recursos hídricos existentes para hoje e para as gerações futuras.

Vários diagnósticos ambientais estão à disposição para que se estabeleçam bancos de dados e de estatísticas, abertos ao conhecimento público, divulgados através da mídia e com acesso via Internet, interligados com transparência aos bancos de dados de todos os órgãos governamentais.

Na ponta da execução, deve-se, em nossas cidades, preservar os parques, praças, avenidas, ruas e calçadas, tornando-as mais seguras e otimizadas, revigorando o sentimento de cidadania e confiança de pedestres e usuários em geral. Além de se alcançar uma melhor valorização de cada bairro, conquistar-se-á uma significativa redução dos custos com intervenções públicas, que assim poderão direcionar melhor seus esforços para outras áreas que necessitem de melhorias.

É necessário que se institua uma Lei de Responsabilidade Ambiental, que assegure o cumprimento de metas mínimas de proteção ambiental e sua cobrança aos gestores do patrimônio público, que engloba todos os recursos hídricos e ambientais hoje existentes. Que essa lei seja implementada com toda uma estrutura dos poderes executivo e legislativo, capaz de gerenciar e supervisionar plenamente as demandas de nossa sociedade, atendendo aos reclamos de nossos combatidos ecossistemas.

Deve-se criar em todos os níveis administrativos, federal, estadual e municipal, órgãos de planejamento e coordenação de comitês populares, de legislação, de administração, de acompanhamento, de fiscalização e de policiamento dos recursos hídricos, com todo o aporte financeiro e de pessoal técnico especializado, para a eficácia do sistema.

Quanto ao sistema de drenagem, as entidades públicas responsáveis pelo planejamento, execução e conservação da drenagem urbana, face à nova ordem de desenvolvimento sustentável, estão cada vez mais preocupadas em atingir e demonstrar capacidade de gerenciar seus parques recursos de maneira otimizada, com desempenho ambiental ortodoxo, buscando uma legislação cada vez mais exigente e adotando um conjunto sistêmico avançado de normas técnicas para a obtenção de resultados otimizados.

É extremamente necessário que haja um processo de conscientização de todos para que aconteça a correta preservação e otimização da drenagem existente, com repercussão efetiva e sistemática nos currículos escolares do ensino fundamental e com campanhas educativas freqüentes em todos os veículos de comunicação social.

Os órgãos estaduais e as prefeituras devem buscar, junto às universidades, a tecnologia de ponta essencial para o aperfeiçoamento dos estudos sobre as necessidades da rede coletora de águas pluviais, visando estabelecer um conjunto de normas técnicas e manuais de procedimentos necessários para o seu melhor dimensionamento, planejamento, execução, fiscalização e manutenção.

Como a incidência de ligações clandestinas de esgotos sanitários domésticos e industriais é responsável pela maior agressão ao ecossistema aquático, sua fiscalização deverá adotar medidas práticas triviais, tais como sua identificação pelo

odor, pela quantidade anormal de insetos, ou pela simples verificação do interior da caixa da boca coletora.

Percebe-se, então, facilmente se existe o lançamento indevido de efluentes de esgoto na rede coletora de águas pluviais. Outras formas mais sofisticadas para a comprovação de lançamento irregular de esgotos na galeria poderão ser adotadas quando da instalação do processo de penalização aos transgressores. Como exemplo, teríamos o uso de reagentes químicos, que seriam cobrados dos infratores.

Quanto à qualidade da água conduzida por galerias pluviais, deve-se ressaltar que as bocas de lobo convencionais favorecem a entrada de resíduos sólidos que, quando não as entopem, são conduzidas para os corpos receptores, contribuindo com a poluição dos cursos de água e praias. Deve-se, portanto, incentivar o uso de grelhas com manutenção sistemática, como forma de reduzir a poluição (CABRAL et al., 2001).

A análise de fatores físicos, químicos e construtivos deve-se somar aos fatores hidrológicos e hidráulicos, para que o projeto propicie uma maior vida útil aos diversos elementos componentes do sistema de drenagem, sem perda da sua finalidade.

Na discussão e nos textos acadêmicos que tratam do controle urbanístico de uma cidade, cita-se a vocação ao caos x poder intervencionista. A nossa proposição, contudo, é a aplicação plena da engenharia, com certeza aquele método que busca restaurar o estado natural, minimizando o caos e otimizando as obras de engenharia ou “reengenheirando”.

Deve-se, segundo Tucci, prever em Plano Diretor de Drenagem Urbana, a minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial controlado, através da compatibilização entre o planejamento do saneamento ambiental e o controle do material sólido, com redução da carga poluente nas águas pluviais que, assim, escoam racionalmente para o sistema fluvial da cidade ou para outro sistema externo (TUCCI, 2002).

A parceria com as Universidades, deveria ser incentivada, maximamente quando da análise e sugestão de novas idéias e da implementação de novas

maneiras de projetar, executar e manter os sistemas estruturais existentes de gestão ambiental e de recursos hídricos.

Com essa integração com as universidades, mais facilmente surgiriam as tão desejadas apropriações de custo-benefício que permitem até mesmo a busca de certificação de excelência por organizações externas, procedendo-se tal como as empresas que aderem aos PROJETOS ISO de normas NBR.

As vantagens políticas para o gestor público seriam altamente positivas, o benefício para a população, inestimável, e, para Natureza, a garantia de sua perpetuidade.

9. ABSTRACT

Fragoso river basin encloses the area of early colonization of the first headquarters of Pernambuco hereditary captainship in 1536. This area includes Olinda city and part of Paulista city, both in Pernambuco state.

Due to its localization, Fragoso river basin suffers several environmental impacts, similar to the majority of Brazilians cities.

It has been observed degradation of springs, streams, channels and rivers of Fragoso basin, year after year. A part from this, it has been also observed Atlantic forest destruction and every ecosystem has suffered degradation.

Nowadays, all the main suburbs have been flooded every year. Anthropogenic causes of environmental impacts are: non authorized housing in low lands, illegal uses of mangroves, irregular occupation of hill slopes, solid waste, lack of maintenance of drainage system and engineering work which become out of date.

In this work, a Fragoso river basin characteristic has been analyzed, with its peculiarities and its geographic position. River basin problems have been approached with documental and cartographic studies and field survey all over the basin.

Finally, it is suggested the cooperation between the different social agents – population and government administrators – in order to develop strategies and work plans which can reduce the negative effects of the floods or even recover the environment impacts, taking into consideration the micro drainage and macro drainage of the basin connected to its environmental handling as a set of operations to be worked as one, with the aim of obtaining satisfactory results for the river basin management.

10. REFERÊNCIAS

ACQUAPLAN (1980) - Plano Diretor de Macrodrenagem da Região Metropolitana do Recife.

AGENDA 21 (2002) – AGENDA 21. Pesquisa sobre o que Pernambuco pensa sobre o meio ambiente e desenvolvimento. Recife: CONDEPE.

ALVAREZ, C.; SANCHEZ, O. J. (1979) – Estudos hidrológicos da urbanização da bacia do arroio do Dilúvio. Relatório final. IPH-UFRGS, Porto Alegre - RS. 196p.

ANA – Agência Nacional de Águas (2003) - [ON-LINE]. Disponibilidade: <<http://www.ana.gov.br>> Acesso em 03/03/2003.

ANNAN, Kofi. Mensagem do Secretário Geral da ONU – [ON-LINE]. Disponibilidade: <<http://www.onuportugal.pt/especifico.html> > Acesso em 22/03/2003.

AZEVEDO NETTO, J. M.; ALVAREZ, G. A. (1982) - "Manual de Hidráulica", Ed. Edgard Blucher Ltda, 7ª Edição, São Paulo. 663p.

BALTAR, A. B. (1999) – Diretrizes de um plano regional para o Recife – 2ª ed. – Recife – Ed. Universitária da UFPE. 215p.

BARREIRO, C. H. (1997) – “Tópicos sobre observação de drenagem superficial de vias urbanas.” São Paulo, 143 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

BELTRÃO, A. L.; MAIA, J. T.; OLIVEIRA, M. L. et al (1995) – Diagnóstico Ambiental do Município de Olinda. Uma contribuição ao Plano Diretor. Recife – CPRH. 145p.

BEZERRA, M. C. L.; MUNHOZ, T. M. T. (Coordenação Geral) (2000) – Gestão dos Recursos Naturais: subsidio a elaboração da Agenda 21 brasileira – Brasília; Ministério do Meio ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis.

BNDES (2002) – Banco Nacional de Desenvolvimento Social [ON-LINE]. Disponibilidade: <<http://www.bndes.gov.br/>> Acesso: 11/11/2002.

BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. M. (2001) – Gestão Ambiental Integrada de Bacias Hidrográficas: Bacia do Rio Cachoeiras – São Mateus do Sul – PR - **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 6 n. 3 Jul./Set.

BOTELHO, M. H. C. (1985)- Águas de Chuva – Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades , São Paulo, Ed. Edgar Blücher Ltda. 230p.

BRAGA, R. A. P. (2001)– Gestão Ambiental da Bacia do Rio Tapacurá – Plano de ação, Editora Universitária da UFPE. 87p.

BRUM, A. (1999)– O desenvolvimento econômico brasileiro – 20 ed. Ijuí: Ed. UNIJUÍ. 571p.

BUARQUE, S. C.; PORTO, C. A. (1995) – Macrocenários Mundiais e Nacionais. Macroplan. Rio de Janeiro.

CABRAL, J. S. P.; SILVA, T. C.; NÓBREGA, T. M. Q.; MONTENEGRO, S. M. G. (2001) – “A Problemática da Drenagem Urbana em Áreas Planas Costeiras no Nordeste Brasileiro” –.- In: Solução para a Drenagem Urbana em Países da América Latina – I SEMINÁRIO DE DRENAGEM URBANA DO MERCONSUL – V SEMINÁRIO NACIONAL DE DRENAGEM URBANA. - Villanueva, A. O. N., Goldenfum, J. A., Silveira, A. L. L. (Org) – IPH e ABRH. pp 1-17.

CDM / COBRAE / DIAGONAL (1999).Programa de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica das Bacias dos Rios Beberibe, Capibaribe e Jaboatão – PQA / PE.

CHOW, V. T. (1962) – Hidrologic Determination of Waterway Areas for the Design of Drainage Structures in Small Drainage Basins. University of Illinois, **Engineering Experiment Station Bulletin**, n. 462, p.104.

CHOW, V. T. (1964) – Handbook of Applied Hydrology. New York.

CONDEPE- Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco (1995) – Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco, execução CPRH/FIDEM.

COSTA, A. C. M.; SANTOS, M. A. (2001) – Gestão de Recursos Hídricos: Legislação e Cidadania – In XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – ABRH.

COSTA, E. M. P. (1982)– Expansão Urbana e Organização Espacial. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Ed. Universitária. 230p.

CPRH (1986) – Documentos diversos do arquivo – Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos. Passou a ser denominada de: Agencia Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH

CPRM (2003) – Coletânea de trabalhos desenvolvidos sobre o meio físico da RMR: período 1992 -2001. MME – Ministério das Minas e Energia, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, Serviço Geológico do Brasil, Pernambuco. 1 CD-ROM.

CRUZ, Marcus A. S. (1998) – Controle do escoamento em lotes urbanos com retenção – Porto Alegre: UFRGS – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 119f. Dissertação (Mestrado).

BRUM, A. J. (1999) – O desenvolvimento econômico brasileiro – Ijuí: Ed. Injuí - RS. 571p.

DAVIS, K. (1977) – A Urbanização da Humanidade, In Davis K. e outros em “Cidades - A Urbanização da Humanidade”. Rio de Janeiro – Zahar Editores, pp 13-35.

DERICKE, P. H (1976) – La croissance urbain. In: Université de Grenoble, Aénagement du territoire et development regional: les faits, les idées, les isntitutions. Vol. 4.

DNOCS/INMET (1985). – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas / Instituto Nacional de Meteorologia.

DOOGE, J. (1973) – Linear theory of hydrologic systems. Washington: US Department of Agriculture. 327p. (Agricultural Research Service. Technical Bulletin n. 1468).

FENDRICH, R. (1984) — Tópicos de Hidrologia e Hidráulica em Obras. In: **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. – Ed. Universitária Champagnat, p. 113-175.

FENDRICH, R. (1999) – Política e Operacionalização de Projetos de Drenagem Urbana – A Água em Revista: Ciência e Tecnologia Nº 11, novembro – CPRM, p. 57 - 66.

FERRARI, C. (1991) – Curso de planejamento municipal integrado: urbanismo. 7^aed. .São Paulo Editora Pioneira. 631p.

FIDEM (1995) – Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife – Secretaria de Planejamento – Governo do Estado de Pernambuco.

GENOVEZ, A. M. (2001)– Vazões Máximas. In: **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. - PAIVA, J. B. D., PAIVA, E. M. C. D. (org) – Porto Alegre – ABRH. 625p.

IBGE (2000) – Instituto Brasileira de Geografia e Estatística [ON-LINE]. Disponibilidade: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso: 17/08/2003.

HALL, M. J. (1986) – Urban Hydrology. London: Elsevier Applied Science. 125p.

HANKE, A. K. (2000) - É Preciso conservar a água! [ON-LINE]. Disponibilidade: <<http://www.radiobras.gov.br/ct/>> Acesso: 17/03/2000.

IISD (1998) – Measurements and indicators program – International Institute for Sustainable Development. <<http://iisd1.iisd.ca/about/m&ri.htm>> **Acesso: 08/2003.**

LIRA, M. M. P. (2000) - Aspectos da Gestão dos recursos Hídricos na Sub-bacia do Rio Prata (Bonito/PE) – Estudo de Qualidade da Água. Recife: UFPE – Curso de Pós-Graduação em Gestão e Política Ambiental do Protocolo Luso Brasileiro de Meio Ambiente. 102 f. Dissertação (Mestrado).

MAIDMENT, D.; REED, S.; EID, N. J. (1997) – “Introdução ao Arc View no Brasil” – FAO/UNESCO Balanço Hídrico no Brasil – Center for Research in Waters Resources University of Texas at Austin - [ON-LINE]. Disponibilidade:<<ftp.crwr.utexas.edu>>. Acesso: 08/2003.

MANUAL DE PROJETO POR DAEE/CETESB (1980)– “Drenagem Urbana”, 2ª Ed corrigida, São Paulo. 464p.

MEDIONDO , E. M.; TUCCI, C.E.M. (1997) - Escalas Hidrológicas I. Conceitos . **ABRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, V.2, n. 1, p. 59-79, jan/jun.

MELLO, V. P. (1991) – Água vai! História do Saneamento de Pernambuco de 1537-1837 – COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento). 120p.

MELO, M. J. V.; CABRAL, J. S. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L. (2001) – “Patologias Mais Comuns das Bocas Coletoras na Microdrenagem das Cidades de Olinda e Recife e Possíveis Soluções” In Anais do VIº SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, Maceió - AL.

MELO, M. J. V.; CABRAL, J. S. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L. (2003a) – “Proble-mática da Gestão da Drenagem Urbana em Olinda” In Anais do 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS, Joinville - SC.

MELO, M. J. V.; CABRAL, J. S. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L. (2003b) – “Principais problemas ambientais da Bacia do Rio Fragoso em Olinda/PE.” In Anais do XVº SIMPÓSIO BRASILEIRO RECURSOS HÍDRICOS, Curitiba - PR.

MMA (2003) – Ministério do Meio Ambiente – [ON-LINE]. Disponibilida-de:<<http://www.mma.gov.br/>> acesso em 15/08/2003.

MORAES, J. M. (1962) – Topônimos do Município de Olinda – separata da “Revista Brasileira de Geografia” nº 7 – IBGE, Rio de Janeiro.

MOTA, S. (1995) – Preservação e Conservação de Recursos Hídricos – 2ª Ed. Rio de Janeiro: ABES. 200 p.

MOTA, S. (1997) – Introdução à engenharia ambiental – Rio de Janeiro: ABES. 182p.

NOVAES, F. (1990) – Olinda: evolução urbana – Recife, FUNDARPE.

NOVAES, W. (1999) – Rumo ao indesejável – [ON-LINE]. Disponibilidade e acesso: <<http://www.estado.estadao.com.br/edicao/pano/99/01/14/ARTTIT1W4 .HTM>> Publicado em 15/01/1999.

ONU (2003) – Povoamento Humanos – [ON-LINE]. Disponibilidade: <http://www.onuportugal.pt/especifico.html> > Acesso: 08/2003.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (org) (2001) – Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. – Porto Alegre – ABRH. 625p.

PERH-PE (1998) - Plano Estadual de Recursos Hídricos – SECTMA –PE.

PORTO, R. L. L. (1995) – Escoamento Superficial Direto – In: “**Drenagem Urbana**”, – TUCCI, Carlos E.M., GENZ, F. (org) - Editora da UFRGS - ABRH. p. 107-165.

RAMOS, M. H. D.; BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO N. O. (1999) – “Análise e proposição de metodologias para o cálculo de hidrogramas de projeto em belo horizonte” – In Anais do XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS – Belo Horizonte – MG.

ROCHA, C. L. (2000) - Gestão de Bacias Hidrográficas - sustentabilidade e qualidade. [ON-LINE]. Disponibilidade e acesso: <<http://www.radiobras.gov.br/ct/>> Publicado em 14/04/2000.

ROLNICK, R. (2003) – Zona Especial Interesse Social. [on-line]. Disponibilidade: <<http://www.federativo.bndes.gov.br/dicas/F22%20-%20ZEIS.htm>> Acesso: 08/2003.

SEMA/PMO, (2002) - Mapa de relevo: planícies e morros de Olinda, adotado pela equipe técnica - Secretaria do Meio Ambiente / Prefeitura Municipal de Olinda.

SHERMAN, L. K. (1949) – The Hydraulics of Surface Runoff. Civil Engineering, New York, v.10, p. 1675-86.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (editores) (2000) – Gestão de Recursos Hídricos; aspectos legais, econômicos e sociais – In Freitas, Adir J. em “ Gestão dos recursos hídricos” – Brasília, DF : Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: ABRH, 659p.

SOBRAL, M. C. (2003) – Apostila Gestão Ambiental – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - UFPE. 57p

SOUZA, M. P. (2000) – Instrumento de gestão ambiental: fundamentos e práticas. São Carlos: Riani Costa. 235p.

TUCCI, C. E.M.; GENZ, F. (org) (1995) – In: “Drenagem Urbana”, – Tucci, C. M., Porto, R. e Barros, M. T., Editora da UFRGS - ABRH. 428p.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. (orgs) (2000a) – Avaliação e Controle da Drenagem Urbana – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS – em: “Cidades brasileiras, seu controle e o caos” – Krafta, Rômulo; Constantinou, Eliane – p. 405 - 420.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. (orgs) (2000b) – Avaliação e Controle da Drenagem Urbana – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS – em: “Verificação da aplicabilidade de padrões de chuva de projeto a Porto Alegre- RS” – Benfica, D. C., Godenfum, J. A., Silveira, A. L. L. – p. 79 - 117.

TUCCI, C. E.M. (org) (2000)– Hidrologia: ciência e aplicação – 2ª ed. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS:ABRH – 943p.

TUCCI, C. E.M. (2000) – Escoamento Superficial. In: **Hidrologia: ciência e aplicação** . TUCCI, Carlos E.M. (org) – 2ª ed. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS:ABRH – p. 391 - 441.

TUCCI, C. E. M. (2002a)– Gerenciamento da Drenagem Urbana – RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 7 n. I Jan./Mar.

TUCCI, C. E. M., BERONI, J. C. (org) (2003) – Inundações Urbanas na América do Sul – Porto Alegre – ABRH. 472p.

TUCCI, C. E. M., (org) (2002b) – Workshop for Decision Makers on Flood in South America – Porto Alegre, RS. 138p.

USBR U.S. Bureau of Reclamation (1977) - United States Department of the Interior – Design of Small Dams. Companhia Editorial Continental S. A. México, D. F. p 639.

VAZ, J. C. (1996) – Legislação de Uso e Ocupação do Solo -[on-line]. Disponibilidade e acesso: < <http://www.federativo.bndes.gov.br/dicas/D077.htm> > Publicado em 1996 originalmente como DICAS nº 77.

VILLANUEVA, A. O. N; TUCCI, C. M, (2001) – “Simulação de Alternativas de Controle para Planos Diretores de Drenagem Urbana”, In:- Solução para a Drenagem Urbana em Países da América Latina – I SEMINÁRIO DE DRENAGEM URBANA DO MERCOSUL – V SEMINÁRIO NACIONAL DE DRENAGEM URBANA - Villanueva, A. O. N., Goldenfum, J. A., Silveira, A. L. L. (Org) – IPH e ABRH. pp 1-17.

WILKEN, P. S. (1978) – Engenharia de Drenagem Superficial. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). p 457.

WHIPPLE, J. (1977) – Flood management for small urban streams. In: **Journal of the Water**. V. 103, nº 2, p 315.

WOOD, E. F. (1995) - Heterogeneity and scaling land-atmospheric water and energy fluxes in climate systems, In: Feddes R. A. (ed) Space and Time Scale Variability and Interdependencies in Hydrological Processes. Cambridge: University Press, 1995. pp 3-19 (International Hydrology Series).

WORKSHOP FOR DECISION MAKERS ON FLOODS IN SOUTH AMERICA (2003) – Tucci, C. E. M. Porto Alegre, RS. 138p.

WRIGHT. A. M. (1997) - “ Toward a Strategic Sanitation Approach: Improving the sustainability of urban Sanitation in Developing Countries”. UNDP – World Bank 38p.

YASSUDA, E. R. (1998) - O Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. Cadernos FUNDAP. São Paulo, Ano 9, nº. 16, p. 46-53.

11. ANEXOS

Anexo 1 - Relação do material cartográfico analisado, cedido pela FIDEM.

DISCRIMINAÇÃO DO MATERIAL	IDENTIFICAÇÃO
ORTOFOTOS 1:10.000	91/55
	91/05
	81/55
CARTA NUCLEAÇÃO CENTRO + ARTICULAÇÃO DE BASE	RMR –TERRITÓRIO DE OLINDA
ORTO-FOTOCARTAS 1:2000	91/89
	91/88
	91/79
	91/78
	91/77
	91/76
	91/75
	91/67
	91/66
	91/65
	91/64
	91/57
	91/56
	91/55
	91/45
	91/46
	91/47
	91/48
	91/09
	91/19
	91/18
	91/08
	81/98
	81/99
	81/88

Anexo 2 - Relação da documentação solicitada à FIDEM.

ACESSO "CÓDIGO Nº"	DESCRIÇÃO BÁSICA/ REGISTROS	IMPOR- TÂNCIA
FDAA 323	Malha Viária F783634 F783635 F783636	
FDAA 323P	Malha Viária	
FDD 052	Sistema Coletor F820467 F820468	
EB 299	Programa Orla 98/472	
FBB 054	Cadastro de áreas críti- cas F850244 F831411	
C 005	Cadastro Técnico F830649	
FC 024	Recursos Hídricos F796086	
FEB 105	Paisagismo F794964	
FC 123	Deslizamento dos Mor- ros F770668	***
FDAA 176	Av. Presidente Kennedy F796719 F830691 F796720	
FI 071	Drenagem F831228	***
FDAA 245	Bultrins F782695 F830377 F783520	**
F 132	Olinda em Dados 1995 98/366 98/367	*****
FI 093	Drenagem F830580	
FDAB 012	F796466 F807745	
FBA 042	Situação 1995 F771078	***

C 372	Diagnóstico 98/365	
FR 023	Bibliografia F840271	
J 043	Águas Pluviais FF831231	
FEE 021	Plano Diretor 1979 7342/80	*****
FEE 001 039 034 041 042	Horto F806871 F830325 F770954	
FEE 036	Intervenção	
FDE 018 019 026 023 024 025	Limpeza Urbana 1979 F807180	
FDD 012 013 014 015 016 017 034 035	Sistema de Esgotos F782770	****
FDO 046	Macro Drenagem F794205	*****
FDD 052	Bacias F820467 F820408	*****
FDD 073	Saneamento F860128	***
FI 120	Drenagem F830581	*****
FBB 185	Cadastro F880126	
FBCB 116	Turismo	***
FDD 112	Drenagem	*****
FEE 054		
C 165	Aqüíferos	
C 187	Evolução Ecológica	
C 201		
DD 134 135		
DD 148 149 150 184 189		
DD 051		
DE 085	Limpeza Urbana	
EB 213	Leis 1973	
R 059 060 064 066 067 068	Censo 1960	
R 115		
J 081	Sítios	
FDAA 288	Bultrins	
FEE 062 063 064 065	Horto	
BA 144		
FC 266		
I 247		
FDE 154		
R 184		

FC 375		
J 151		
I 252		
J 166		
J 163		
BCB 203 204		
B 421		*****

(*) É o grau de importância que se registra pela quantidade de asterisco (*).

Anexo 3 – N° da curva do escoamento superficial p/os grupos hidrológicos

(Fonte: USBR,1977)

Tipo de Uso do Solo/ Condições hidrológicas	A	B	C	D
Uso Residencial				
Tamanho Médio do Lote				
Até 500m ²	77	85	90	92
1.000m ²	61	75	83	87
1.500 m ²	57	72	81	86
Estacionamento pavimentados telhados				
	98	98	98	98
Ruas e Estradas				
Pavimentos, com guias e cascalho	98	98	98	98
De terra	76	85	89	91
	72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)				
	89	92	94	95
Distritos Industriais (72% de impermeabilização)				
	81	88	91	93
Espaços abertos, parques, jardins				
Boas condições, cobertura de grama>75%	39	61	74	80
Condições médias, cobertura de grama>50%	49	69	79	84
Terreno preparado para plantio, descoberto				
Plantio em linha reta	77	86	91	94
Culturas em fileira				
Linha reta-condições ruins	72	81	88	91
Boas	67	78	85	89
Curva de Nível- condições ruins	63	74	82	85
Boas	65	75	81	84
Cultural em grãos				
Linha reta- condições ruins	65	76	84	88
Boas	63	75	83	87
Curva de nível- condições ruins	63	74	82	85
Boas	61	73	81	84
Pasto				
Condições ruins	68	79	86	89
Médias	49	69	79	84
Boas	39	61	74	80
Curva de nível- Condições ruins	47	67	81	88
Medias	25	59	75	83
Boas	6	35	70	79
Campos- Condições boas				
	30	58	71	78
Florestas-Condições ruins				
	45	66	77	83
Boas	36	60	73	79
Médias	25	55	70	77

Anexo 4 - Qualidade das águas em dois períodos analisados pelo CPRH.

PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA <u>COMPLETO</u>	UNID.	COMPARAÇÃO ENTRE OS LIMITES/CONDIÇÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS E ANÁLISES OBTIDAS			
		PORTARIA GM – 13/76 SEMA MINTER e DEC. EST. Nº 7.269/81 CLASSE 2	ANÁLISES OBTIDAS (máxima e mínima)	RESOLUÇÃO CONAMA Nº 020/86 CLASSE 2	ANÁLISES OBTIDAS (máxima e mínima)
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ORGANOLÉPTICAS					
PH	-	-		6,0 -9,0	
OD	mg/l.O ₂	≥ 5	6,40 – 0,60	≥ 5	4,80 – 4,40
DBO	mg/l.O ₂	≤ 5	2,08 – 23,10	≤ 5	3,10 – 8,80
Turbidez	UNT	-		≤ 100	
Cor	mg Pt/l	-		≤ 75	
Mat. Flut. Inci. Esp. Não naturais	-	V.A.		V.A.	
Óleos e Graxas	-	V.A.		V.A.	
Subst. Que cminiq. Gosto ou Odor	-	V.A.		V.A.	
Corantes artificiais	-	-		*	
Subst. Que Formem Dep. Objet.	-	V.A.		V.A.	
SUBSTÂNCIAS POTENCIALMENTE PREJUDICIAIS					
Alumínio	mg/l Al	-		0,1	
Amônia	Mg/l N	0,5		-	
Amônia não ionizável	mg/l NH ₃	-		0,02	
Arsênio	mg/l As	0,1		0,05	
Bário	mg/l Ba	1,0		1,0	
Berílio	mg/l Be	-		0,1	
Boro	mg/l B	-		0,75	
Benzeno	mg/l	-		0,01	
Benzo-a-Pireno	mg/l	-		0,00001	
Cádmio	mg/l Cd	0,01		0,001	
Cianetos	mg/l CN	0,2		0,01	
Chumbo	mg/l Pb	0,1		0,03	
Cloretos	mg/l CL	-		250	
Cloro Residual	mg/l CL ₂	-		0,01	
Cobalto	mg/l Co	-		0,2	
Cobre	mg/l Cu	1,0		0,02	
Cromo Hexavalente	mg/l Cr	-		0,05	
Cromo Total	mg/l Cr	0,5		-	
SUBSTÂNCIAS POTENCIALMENTE PREJUDICIAIS					
Cromo Trivalente	mg/l Cr	-		0,5	
Dicloroetano	mg/l	-		0,0003	
Dicloroetano	mg/l	-		0,01	
Estanho	mg/l As	2,0		2,0	
Índice fenol	mg/l C ₆ H ₅ O	0,001		0,001	

	H				
Ferro	Mg/l Fe	-		-	
Ferro Solúvel	Mg/l Fe	-		0,3	
Fluoretos	Mg/l F	1,4		1,4	
Fosfato Total	Mg/l P	-		0,025	
Lítio	Mg/l Li	-		2,5	
Manganês	Mg/l Mn	-		0,1	
Mercúrio	Mg/l Hg	0,002		0,0002	
Níquel	Mg/l Ni	-		0,025	
Nitrato	Mg/l N	10		10	
Nitrito	Mg/l N	1,0		1,0	
Prata	Mg/l Ag	-		0,01	
Pentaclorofenol	Mg/l	-		0,01	
Selênio	Mg/l Se	0,01		0,01	
Tálio	Mg/l Tl	-		-	
Sol. Dissolv. Totais	Mg/l	-		500	
Surfactantes	Mg/l LAS	-		0,5	
Sulfatos	Mg/l SO ₄	-		250	
Sulfetos (como H ₂ S não dissoc.)	Mg/l S	-		0,002	
Tetracloroeteno	Mg/l	-		0,01	
Tricloroeteno	Mg/l	-		0,03	
Tetracloroeteno Carbono	Mg/l	-		0,003	
2, 4, 6 - Tricloro Fenol	Mg/l	-		0,01	
Urânio Total	Mg/l U	-		0,02	
Vanádio	Mg/l V	-		0,1	
Zinco	Mg/l Zn	5,0		0,18	
Aldrin	Mg/l Za	-		0,01	
Clordano	Mg/l	-		0,04	
DDT	Mg/l	-		0,002	
SUBSTÂNCIAS POTENCIALMENTE PREJUDICIAIS					
Dieldrin	Mg/l	-		0,005	
Endrin	Mg/l	-		0,004	
Endosulfan	Mg/l	-		0,056	
Epoxido de Heptacloro	Mg/l	-		0,01	
Heptacloro	Mg/l	-		0,01	
Lindano	Mg/l	-		0,02	
Metoxicloro	Mg/l	-		0,03	
Dodecacloro+Nonacloro	Mg/l	-		0,001	
PCB's	Mg/l	-		0,001	
Toxaleno	Mg/l	-		0,01	
Demeton	Mg/l	-		0,1	
Gution	Mg/l	-		0,005	
Malation	Mg/l	-		0,01	
Paration	Mg/l	-		0,04	
Carbaril	Mg/l	-		0,02	
Org. Fosforados e Carbamatos	Mg/l em Para- tion			10	
2, 4 D	Mg/l	-		4,0	
2, 4, 5 - TP	Mg/l	-		10	
2, 4, 5 - T	Mg/l	-		2,0	
CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS					
Coliformes Total	Nº /100ml	5.000		5.000	
Coliformes Fecal	Nº /100ml	1.000	1.500 – 90.000	1.000	810 – 160.000
LEGENDA					
* - Que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais; V.A. – Virtualmente Ausentes.					

Anexo 5 – Arquivo de Pluviometria Histórica do Posto de Olinda.

ARQUIVO DE PLUVIOMETRIA HISTORICA CODIGO: 199 POSTO: Olinda

Latitude: 7° 57' 38" Longitude: 34° 49' 54"
UTM- E: 298 098.451 UTM-N: 9 119 612.697

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	D.ABSOL	D.RELAT
1994	---	---	---	172	492	565	197	65	82	9	9	21	1612	83	5
1995	16	24	91	81	341	434	207	15	13	13	24	0	1259	-270	-18
1996	93	83	49	483	177	318	253	234	203	27	70	28	2018	489	32
1997	25	166	140	289	66	175	105	55	1	1	0	63	1086	-443	-29
1998	28	0	39	---	---	62	---	12	---	---	---	12	153	-1376	-90
1999	5	17	135	10	155	114	136	115	37	68	15	68	875	-654	-43
2000	159	107	92	353	187	478	385	480	185	12	2	277	2717	1188	78
2001	37	1	100	371	36	261	206	20	---	---	6	76	1114	-415	-27
2002	140	129	289	160	239	---	---	---	---	---	---	---	957	-572	-37
MINIMA	5	0	39	10	36	62	105	12	1	1	0	0			
MAXIMA	159	166	289	483	492	565	385	480	203	68	70	277			
MEDIA	63	66	117	240	211	301	213	124	87	22	18	68			
MED.HIST.															

FONTE: SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS/PE

Anexo 6 – Arquivo de Pluviometria Histórica do Posto de Recife.

ARQUIVO DE PLUVIOMETRIA HISTORICA
 CODIGO: 480 POSTO: Recife - PCD

Latitude: 8° 03' 52" Longitude: 34° 55' 28"
 UTM-E: 287 921.900 UTM-N: 9 108 074.843

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	D.ABSOL	D.RELAT
1997	---	---	---	---	---	201	187	90	15	11	13	67	584	-1193	-67
1998	40	4	0	0	14	167	178	265	72	35	11	8	794	-983	-55
1999	7	---	---	---	---	---	178	129	54	81	29	86	564	-1213	-68
2000	176	111	94	343	299	649	717	409	291	27	12	172	3300	1523	86
2001	30	43	98	240	52	402	325	202	88	88	23	91	1682	-95	-5
2002	177	177	325	133	248	---	---	---	---	---	---	---	1060	-717	-40
MINIMA	7	4	0	0	14	167	178	90	15	11	11	8			
MAXIMA	177	177	325	343	299	649	717	409	291	88	29	172			
MEDIA	86	84	129	179	153	355	317	219	104	48	18	85			
MED.HIST.	99	144	233	291	316	352	351	186	118	63	33	68			

FONTE: SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS/PE

Anexo 7 – Arquivo de Pluviometria Histórica do Posto de Igarassu I.

ARQUIVO DE PLUVIOMETRIA HISTORICA

CODIGO: 100 POSTO: Igarassu I Latitude: 7° 49' 39" Longitude: 34° 54' 06"
 UTM-E: 290 312.664 UTM-N: 9 134 295.183

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	D.ABSOL	D.RELAT
1993	---	---	60	132	99	214	202	63	28	41	23	12	874	-737	-46
1994	110	115	240	298	462	609	353	133	110	31	15	35	2511	900	56
1995	30	81	247	190	315	375	318	44	15	8	47	17	1687	76	5
1996	54	76	86	137	---	---	---	---	---	---	---	---	353	-1258	-78
1997	---	149	124	434	361	138	160	91	7	0	11	50	1525	-86	-5
1998	109	9	55	70	212	74	172	236	15	21	9	7	989	-622	-39
1999	50	35	148	51	268	110	193	126	76	62	10	106	1235	-376	-23
2000	166	146	99	286	157	463	416	256	267	50	19	170	2495	884	55
2001	38	33	160	224	36	226	230	126	77	71	22	49	1292	-319	-20
2002	247	89	276	93	225	---	---	---	---	---	---	---	930	-681	-42
MINIMA	30	9	55	51	36	74	160	44	7	0	9	7			
MAXIMA	247	149	276	434	462	609	416	256	267	71	47	170			
MEDIA	100	81	149	191	237	276	255	134	74	35	20	56			
MED.HIST	103	151	253	321	358	319	308	184	108	38	34	50			

FONTE: SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS/PE

Anexo 8 –Aplicação do método de Thiessen.

