

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE  
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO – CAC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO URBANO

GUILHERME AGUIAR NASCIMENTO

OCUPAÇÃO DE ÁREAS RIBEIRINHAS E DRENAGEM URBANA, O  
CICLO DE IMPACTOS NA UNIDADE DE ESGOTAMENTO 17

Recife

2015

GUILHERME AGUIAR NASCIMENTO

VIDA AO BEBERIBE:

OCUPAÇÃO DE ÁREAS RIBEIRINHAS E DRENAGEM URBANA, O  
CICLO DE IMPACTOS NA UNIDADE DE ESGOTAMENTO 17

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Pernambuco para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Urbano, sob orientação do Prof. Dr. Luis de la Mora.

Recife

2015

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Jonas Lucas Vieira, CRB4-1204

N244v Nascimento, Guilherme Aguiar  
Vida ao Beberibe: ocupação de áreas ribeirinhas e drenagem urbana, o ciclo de impactos na Unidade de Esgotamento 17 / Guilherme Aguiar Nascimento. – Recife, 2015.  
109 f.: il., fig.

Orientador: Luis de la Mora.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano, 2017.

Inclui referências.

1. Meio ambiente. 2. Drenagem urbana. 3. Planejamento urbano. I. Mora, Luis de la (Orientador). II. Título.

711.4 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2017-245)

---

**Guilherme Aguiar Nascimento**

OCUPAÇÃO DE ÁREAS RIBEIRINHAS E DRENAGEM URBANA, O CICLO DE  
IMPACTOS NA UNIDADE DE ESGOTAMENTO 17

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano  
da Universidade Federal de Pernambuco,  
como requisito parcial para obtenção do título  
de mestre em Desenvolvimento Urbano.

Aprovada em: 13/03/2015.

**Banca Examinadora**

---

Prof. Tomás de Albuquerque Lapa

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Flávio Antônio Miranda de Souza (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Marcos José Vieira de Melo (Examinador Externo)

Universidade Federal de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

---

O maior agradecimento por Deus e ao AMOR DOS MEUS PAIS.

Agradeço especialmente ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Luís de la Mora, a meus amigos por sempre estarem comigo e a minha cadela Bine por toda companhia, alegrias e carinhos.

A Evania Freires Galindo pelo grandessíssimo apoio e as luzes do amigo Marcos José Vieira de Melo.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Urbano que de alguma forma fizeram parte do meu crescimento e em especial Prof. Dr. Tomás de Albuquerque Lapa, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria de Fátima Furtado, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Rita Sá Carneiro, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Ângela de Almeida Souza, Prof. Dr. Flavio Antônio Miranda de Souza e do Departamento de Ciências Geográficas Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Aldemir Dantas Barboza (em memória).

Aos companheiros das turmas, inclusive do Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Aos funcionários das secretárias, em especial Renata de Albuquerque Silva e as ex funcionarias Rebeca Julia Melo Tavares e Elida.

Por fim agradeço a todos que diretamente e ou indiretamente contribuíram.

## RESUMO

---

Esta dissertação pretende entender o fato da ocupação de áreas ribeirinhas e dos projetos de drenagem inadequados, seus resultados e conseqüências ao meio ambiente. A pesquisa entende o meio ambiente como sistemas complexos, sistematicamente organizados e que um sistema é definido como um complexo de elementos em interação. A Bacia Hidrográfica é considerada um sistema físico e dinâmico, onde à integração das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social. Esta pesquisa parte da hipótese que a ocupação de áreas ribeirinhas e dos projetos de drenagem inadequados cria um ciclo de impactos que implica em um ambiente insustentável. A pesquisa empírica desenvolveu uma análise crítica das atuações do PROMETROPOLE na UE17 fundamentada em um conjunto de componentes, ligados por fluxos de energia e funcionamento como uma unidade na qual a intervenção humana pode afetar de maneira significativa as atividades que envolvem os seres vivos. O trabalho argumenta que as atuações do PROMETROPOLE não se baseiam no reconhecimento das complexas relações das atividades urbanas relacionadas à água e que não estão devidamente inseridas no planejamento urbano que integre soluções entre os sistemas urbanos e os sistemas naturais para a ocorrência do desenvolvimento e de um ambiente sustentável.

Palavras-chave: Meio Ambiente. Drenagem Urbana. Planejamento Urbano.

## ABSTRACT

---

This thesis aims to understand the fact of occupation of riparian areas and inadequate drainage projects, their results and consequences to the environment. The study considers the environment as complex systems systematically arranged and that a system is defined as a complex of interacting elements. The Basin is considered a physical and dynamic system, where the integration of water with the physical environment, the biotic environment and the social environment. This research starts from the assumption that the occupation of riparian areas and inadequate drainage projects creates a cycle of impacts that implies an unsustainable environment. Empirical research developed a critical analysis of the performances in PROMETROPOLE UE17 based on a set of components, linked by energy and operating flows as a unit in which human intervention can significantly affect the activities involving living beings. The paper argues that the PROMETROPOLE the performances are not based on recognition of the complex relationships of urban water-related activities and are not properly inserted in the urban planning that integrates solutions between urban systems and natural systems for the occurrence of development and a sustainable environment.

Key-words: Environment. Urban Drainage. Urban Planning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

---

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Figura 01 | Acepções de meio ambiente, segundo seus elementos constituintes.   | 28 |
| Figura 02 | Ciclo Hidrológico.   | 34 |
| Figura 03 | Bacia Hidrográfica do Beberibe na Região Metropolitana do Recife – RMR.  | 36 |
| Figura 04 | Unidades Geológicas da bacia do Beberibe.  | 39 |
| Figura 05 | Unidades Geomorfológicas da bacia do Beberibe.   | 41 |
| Figura 06 | Cobertura vegetal da bacia do Beberibe no ano de 2000.   | 44 |
| Figura 07 | À direita o rio Beberibe entre o istmo e o aterro realizado em 1940 com extensão de 230 metros. No centro o Complexo de Salgadinho e ao fundo a cidade de Olinda. No primeiro plano o pátio e a quadra de esportes da Escola de Aprendizes de Marinheiros, 1994. | 46 |
| Figura 08 | Foto aérea com vista das obras do Sistema Viário Salgadinho em 1974.   | 47 |
| Figura 09 | Foto aérea do Complexo de Salgadinho, em 1997, com vista do Centro de Convenções (1), do Parque de Diversões Mirabilândia (2) e Shopping Center Tacaruna (3).  | 48 |
| Figura 10 | Assoreamento do rio Beberibe, Região Metropolitana do Recife (1999), pelo aumento do volume de sedimentos e lixo no canal.   | 50 |
| Figura 11 | Morro na bacia do Beberibe de ocupação mais antiga na zona norte do Recife.  | 52 |
| Figura 12 | Morro na bacia do Beberibe de ocupação mais recente no bairro de Passarinho, Olinda.   | 53 |
| Figura 13 | Evolução histórica das favelas nos municípios de Olinda e Recife.  | 54 |
| Figura 14 | Regularização fundiária no leito do rio Beberibe que não atendem as necessidades básicas da população, bairro Dois Unidos.   | 64 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Figura 15 | Esgotos despejados <i>in natura</i> no rio Beberibe, bairro de Passarinho.                          | 64  |
| Figura 16 | Resíduos sólidos são despejados <i>in natura</i> no rio Beberibe, bairro de Passarinho.             | 65  |
| Figura 17 | Área de atuação do PROMETRÓPOLE.  | 67  |
| Figura 18 | Programa PROMETRÓPOLE: localização das áreas de intervenção.  | 69  |
| Figura 19 | Inter-relações de diversos processos relacionados a drenagem urbana que ocorrem em uma área urbana. | 74  |
| Figura 20 | Ocupação de áreas ribeirinhas e projeto de drenagem urbana inadequados.                             | 76  |
| Figura 21 | Características dos leitos do rio.  | 82  |
| Figura 22 | Estágios do desenvolvimento da drenagem.  | 85  |
| Figura 23 | Ciclo de impactos da ocupação de áreas ribeirinhas.   | 87  |
| Figura 24 | Unidade de Esgotamento 17 (UE 17).  | 88  |
| Figura 25 | Ocupação no leito do rio Beberibe, UE17.  | 89  |
| Figura 26 | Ocupação no leito do rio Beberibe, UE17.  | 89  |
| Figura 27 | Ocupação em área de morro, UE17.  | 90  |
| Figura 28 | Destino da disposição de esgoto cloacal e pluvial, UE17.  | 93  |
| Figura 29 | Destino da disposição de esgoto cloacal e pluvial, UE17.  | 94  |
| Figura 30 | Disposição de resíduos sólidos no leito do rio, UE17.   | 95  |
| Figura 31 | Disposição de resíduos sólidos no leito do rio, UE17.   | 95  |
| Figura 32 | Fatores humanos condicionantes à erosão.  | 97  |
| Figura 33 | Impermeabilização do solo e canalização do canal, UE17.   | 98  |
| Figura 34 | Ciclo de impactos na Unidade de Esgotamento 17 (UE17).  | 101 |

## LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

---

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabela 01 | Índice do Estado Trófico (IET).  | 62 |
| Tabela 02 | Bairros de Dois Unidos e Passarinho: Relações Sócio-Culturais e Infraestrutura Urbana. | 63 |
| Tabela 03 | Tipos de erosão conforme os agentes causadores.  | 79 |
| Tabela 04 | Imóveis segundo a destinação dos dejetos.  | 91 |
| Tabela 05 | Imóveis segundo destino das águas servidas.  | 91 |
| Tabela 06 | Imóveis segundo as instalações sanitárias.   | 92 |
| Tabela 07 | Imóveis segundo o serviço de coleta do lixo.   | 96 |
| Tabela 08 | Imóveis segundo a frequência do serviço de coleta.                                     | 96 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

|         |  |
|---------|--|
| BE      | Beberibe.  |
| CMMAD   | Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento.                    |
| CNUMAD  | Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.         |
| COHAB   | Companhia de Habitação.  |
| COMPESA | Companhia Pernambucana de Saneamento.  |
| CONAMA  | Conselho Nacional de Meio Ambiente.  |
| CONDERM | Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife.                 |
| CPRH    | Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco. |
| DBO     | Demanda Bioquímica de Oxigênio.  |
| EIA     | Estudo de Impacto Ambiental.   |
| EMHAPE  | Empresa de Melhoramentos Habitacionais de Pernambuco.                          |
| ETA     | Estação de Tratamento de Água.   |
| ETE     | Estação de Tratamento de Esgoto.   |
| FAO     | Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.                  |
| FBCN    | Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza.                            |
| FIDEM   | Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco                     |
| FLONA   | Floresta Nacional.   |
| IBAMA   | Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis.          |
| IBDF    | Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal.                             |
| IET     | Índice do Estado Trófico.  |
| IUCN    | União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais.    |

|              |  |
|--------------|--|
| MAB          | Homem e Biosfera.  |
| MMA          | Ministério do Meio Ambiental, Recursos Hídricos e Amazônia Legal.  |
| OD           | Oxigênio Dissolvido.   |
| OMS          | Organização Mundial da Saúde.  |
| PNUMA        | Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente.  |
| PQA / PE     | Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica das Bacias dos Rios Beberibe, Capibaribe, Jaboatão e Ipojuca. |
| PROMETRÓPOLE | Programa de Infraestrutura em Áreas de Baixa Renda da Região Metropolitana do Recife.                                    |
| RIMA         | Relatório de Impacto Ambiental.  |
| RMR          | Região Metropolitana do Recife.  |
| SANEAR       | Autarquia de Saneamento e Secretaria de Planejamento Participativo.  |
| SECTMA       | Secretaria de ciência, tecnologia e meio ambiente do Estado de Pernambuco.   |
| SIMO         | Sistema de informações municipais de Olinda.   |
| SIVAM        | Sistema de Vigilância da Amazônia.   |
| EU           | Unidade de Esgotamento.  |

## SUMÁRIO

---

|   |    |
|---|----|
| <b>Introdução</b>   | 14 |
| <b>1 Capítulo 1: Histórico da Questão Ambiental</b>                         | 17 |
| 1.1 A Revolução Industrial: A Dialética Sociedade e Natureza                | 17 |
| 1.2 Histórico Ambiental no Mundo: da Primavera Silenciosa à RIO+20          | 18 |
| 1.3 Histórico da Questão Ambiental no Brasil                                | 22 |
| 1.3.1 A Construção de uma Base de Regulamentação, de 1930 a 1971            | 23 |
| 1.3.2 O Intervencionismo do Estado e Crise Ecológica Global, de 1972 a 1987 | 24 |
| 1.3.3 A Democratização e Descentralização Decisória, de 1988 a 2003         | 24 |
| 1.3.4 O Código Florestal Brasileiro   | 26 |
| <b>2 Capítulo 2: Meio Ambiente, Sistema e Bacia Hidrográfica</b>            | 27 |
| 2.1 O Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica                                | 30 |
| <b>3 Capítulo 3: A Bacia Hidrográfica do Beberibe</b>                       | 35 |
| 3.1 Ambiente Climático da Bacia do Beberibe                                 | 37 |
| 3.2 Ambiente Geológico da Bacia do Beberibe                                 | 38 |
| 3.3 Ambiente Geomorfológico da Bacia do Beberibe                            | 40 |
| 3.4 Ambiente Vegetal da Bacia do Beberibe                                   | 42 |
| 3.5 Transformações Ambientais na Bacia do Beberibe, de 1930 a 1970          | 45 |

|   |            |
|---|------------|
| 3.6 Transformações Ambientais na Bacia do Beberibe, de 1970 a 2003  | 47         |
| 3.7 Condições Ambientais Instituídas  | 55         |
| 3.8 O Programa de Infraestrutura em Áreas de Baixa Renda da Região Metropolitana do Recife (RMR) – PROMETRÓPOLE   | 66         |
| <b>4 Capítulo 4 Sistema Hídrico no Ambiente Urbano</b>  | <b>72</b>  |
| 4.1 Ocupação de Áreas Ribeirinhas e Projetos de Drenagem  | 75         |
| 4.1.1 A Disposição Inadequada dos Esgotos Cloacais, Pluviais e Resíduos Sólidos   | 77         |
| 4.1.2 Erosão  | 77         |
| 4.1.3 A Contaminação dos Mananciais Superficiais, Subterrâneos e Obstrução dos Fluxos de Águas  | 81         |
| 4.1.4 Inundações de Áreas Ribeirinhas   | 81         |
| 4.1.5 Na Microdrenagem a Impermeabilização do Solo, na Macrodrenagem em Medidas Estruturais Intensivas  | 83         |
| 4.1.6 Redução da Infiltração das Águas Pluviais, Aumento e Aceleração do Escoamento Superficial e o Acréscimo das Vazões Máximas, a Transferência das Inundações de um Ponto para Outro da Bacia e Custos Financeiro Extremamente Altos | 83         |
| 4.2 O ciclo de Impactos   | 86         |
| <b>5 Capítulo 5 A Unidade de Esgotamento 17 (UE17)</b>  | <b>88</b>  |
| <b>Considerações Finais: Unidade de Esgotamento 17(UE17)</b>  | <b>102</b> |
| <b>Referências</b>  | <b>104</b> |

## Introdução

---

Nos dias de hoje, torna-se cada vez mais comum ouvirmos o discurso ambiental através da mídia, embora muitas vezes de forma indevida ou inapropriada. Nesse cenário de popularização da temática ambiental, devemos nos questionar qual a relação do meio ambiente na melhoria da qualidade de vida e como se dão as relações entre o homem e a natureza? Qual a eficácia das políticas e projetos relacionados ao tema.

Na Bacia Hidrográfica do Beberibe, localizada em pleno centro da Região Metropolitana do Recife – RMR, historicamente agredida e ocupada de maneira irregular, pois as áreas consideradas de várzeas do rio ao não serem ocupadas com constância ou mesmo apenas em um evento significativo de forte chuva, passam a serem consideradas pela população menos desfavorecida como um local capaz de atender sua necessidade básica de moradia.

O fato da ocupação de áreas ribeirinhas resulta na disposição inadequada dos esgotos cloacais, pluviais e resíduos sólidos, erosão e como consequência desses resultados a contaminação dos mananciais superficiais, subterrâneos, redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e inundações. Então estas áreas ao longo do processo tem sido palco da execução pelo poder público de projetos de moradia e de drenagem.

O fato dos projetos de drenagem urbana inadequados resulta na microdrenagem a impermeabilização do solo, na macrodrenagem em medidas estruturais intensivas e como consequência desses resultados na microdrenagem a redução da infiltração das águas pluviais, aumento e aceleração do escoamento superficial e o acréscimo das vazões máximas, na macrodrenagem a transferência das inundações de um ponto para outro da bacia.

Durante muito tempo o objetivo principal da drenagem urbana foi remover as águas pluviais em excesso da forma mais eficiente possível para evitar transtornos, prejuízos e riscos de inundações através de soluções tradicionais como canalização de córregos e ampliação da capacidade de rios e canais.

Essa pesquisa entende a drenagem como um sistema, um elemento de um todo sistematicamente organizado onde as partes, reciprocamente dependem umas das outras e onde o todo é sempre comprometido cada vez que um único

componente é agredido. Sendo assim, como o conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável.

Esta dissertação visa averiguar se há ocupação de áreas ribeirinhas e investigar se o sistema de drenagem apresenta-se medidas em conjunto que minimize e ou evite os riscos de inundações e que permita o desenvolvimento urbano sem prejuízo a Unidade de Esgotamento 17 do Programa de Infraestrutura em Áreas de Baixa Renda da Região Metropolitana do Recife que tem o objetivo geral de promover a melhoria nas condições de habitabilidade de comunidades pobres, inseridas na área da Bacia do Beberibe, através de ações integradas de infraestrutura urbana e da ampliação e melhoria dos serviços prestados a essas comunidades.

A estrutura da dissertação foi organizada da seguinte forma:

No Capítulo 1, inicialmente há uma breve introdução da revolução da industrial, resultados, conseqüências e a compreensão entre a relação sociedade natureza. Posteriormente a descrição cronológica do histórico das questões ambientais no mundo até os dias atuais e igualmente no Brasil, divididos em três períodos. Finaliza-se situando os principais eventos relativos ao Código Florestal Brasileiro.

No Capítulo 2 primeiramente expõem-se os conceitos de Meio Ambiente e Sistema. Então apresenta-se a importância da água e sua relação com os conceitos acima expostos, associando a estes o de Bacia Hidrográfica.

No Capítulo 3 descreve-se, localizando e caracterizando a Bacia Hidrográfica do Beberibe e seus respectivos ambientes: climático, geológico, geomorfológico e vegetal. Aborda a descrição cronológica das principais transformações ambientais ocorridas na bacia, divididas em dois períodos, em seguida, enumeram-se as condições ambientais instituídas atualmente. Finaliza-se com uma breve apresentação do Programa de Infraestrutura em Áreas de Baixa Renda da Região Metropolitana do Recife, o PROMETRÓPOLE.

No Capítulo 4 proporciona os conceitos de sistema hídrico no ambiente urbano e o aporte teórico sobre a ocupação de áreas ribeirinhas, projetos de drenagem, seus resultados e conseqüências. Expõe a inter-relação dos sistemas relacionados a água associado a ocupação de áreas ribeirinhas e conclui com um quadro síntese do ciclo de impactos.

No Capítulo 5 apresenta-se a Unidade de Esgotamento 17, faz-se a exposição dos resultados e conseqüências da ocupação de áreas ribeirinhas e dos projetos de drenagem na unidade indicando suas características a qualidade do sistema ambiental. Por fim há uma síntese do ciclo de impactos.e uma reflexão da ocupação de áreas ribeirinhas e dos projetos de drenagem na unidade de esgotamento 17.

## **1 Capítulo 1 Histórico da Questão Ambiental**

---

### **1.1 A Revolução Industrial: A Dialética Sociedade e Natureza**

A revolução industrial iniciou-se na Europa a partir de 1750 como um grande processo de transformações socioeconômicas. O velho continente agrário, de pequenas oficinas dos artesãos e ferramentas simples, foi se urbanizando com fábricas e máquinas, mudando profundamente a vida de milhões de pessoas em quase todo o planeta (COTRIM, 2001).

Até o século XVII, os elementos básicos da vida econômica para a maioria das pessoas visava a obtenção de três coisas essenciais: comida, roupa e alojamento (idem). A revolução industrial promoveu o crescimento econômico com perspectivas de maior geração de riqueza, prosperidade e melhor qualidade de vida DIAS (2007).

A economia tornou-se capitalista, a indústria como a atividade econômica mais importante e o capitalismo industrial como o principal modo de produção COTRIM (2001). Se acreditava que o crescimento econômico não tinha limites e que o desenvolvimento significava dominar a natureza e os homens.

Empiricamente o significado de crescimento econômico é qualquer aumento do Produto Nacional Bruto – PNB, no entanto, por várias razões essa definição é incorreta. Stanlake (1993) justifica que o PNB é calculado em termos dos valores monetários, pelo que a inflação fará aumentar o seu valor de um ano para outro. Em segundo lugar o autor destaca que as variações do PNB real não implicam necessariamente variações correspondentes do bem-estar econômico e que deve ter em conta a composição do produto total quando relacionamos crescimento econômico com níveis de vida. Troster e Morcillo (2002) ressaltam o que se costumam chamar de “a mania de crescimento” tem sido duramente criticado quando se analisam os custos do crescimento econômico sobre a qualidade de vida.

O crescimento econômico desordenado foi instalado quando se utilizavam grandes quantidades de energia e de recursos naturais, degradando continuamente o meio ambiente com efeitos perversos para a natureza e o homem.

A industrialização trouxe vários problemas ambientais, como alta concentração populacional, devido à urbanização acelerada; consumo excessivo de

recursos naturais, sendo alguns não renováveis (petróleo e carvão mineral); contaminação do ar, do solo, das águas, e desflorestamento, entre outros DIAS (2007). Troster e Morcillo (2002) enfatizam o aumento dos chamados “efeitos colaterais”, ou externalidades negativas, nas economias industrializadas, como a contaminação do meio ambiente.

A compreensão tradicional das relações entre a sociedade e a natureza vinculadas ao processo de produção capitalista, considerava o homem e a natureza como pólos antagônicos e excludentes, tendo subjacente a concepção de uma natureza objeto, fonte ilimitada de recursos à disposição do homem.

Dada essa perspectiva, Troster e Morcillo (2002) questionam se a conveniência de um crescimento econômico estritamente quantitativo e voltado exclusivamente para o curto prazo. Esses autores destacam: não se deve esquecer, por isso, que se podem causar males irreparáveis ao meio ambiente, que originam desequilíbrios ecológicos de alcance imprevisível.

No Geografia Clássica, dominava o pensamento determinista, para quem a natureza é elemento determinante para o desenvolvimento da sociedade. A partir dos anos 60 com a corrente de pensamento da Geografia Crítica, o modo predatório do processo industrial foi enfatizado por diversos autores. Milton Santos (1996, apud CUNHA e GUERRA, 2012), por sua vez, enfatizou o papel do capitalismo tecnológico e seu impacto no meio natural e destacou que, hoje, a natureza sofre, antes de mais nada, um processo de instrumentação, tornando-se um processo social e, com isso, “desnaturalizada”.

## 1.2 Histórico Ambiental no Mundo: Da Primavera Silenciosa à Rio+20

Nos anos de 1962 e 1970 os problemas resultados da relação entre o homem e o meio ambiente eram abordados de forma muito superficial, apesar de que se percebeu que os recursos naturais são esgotáveis e que o crescimento sem limites começava a se revelar insustentável.

Em 1962 a bióloga Rachel Carson lançou, nos Estados Unidos, o livro *Silent Spring*, que teve enorme repercussão na opinião pública e expunha os perigos dos inseticidas e pesticidas utilizados na agricultura. Segundo as afirmações da autora,

esses produtos destruíam, além dos insetos e pragas, os indivíduos benéficos, o solo e, até, intoxicavam as pessoas (CARSON, 2010).

Segundo DIAS (2007) *Silent Spring* soou um alarme que resultou, nos anos seguintes, em intensa inspeção das terras, rios, mares e ares por parte de muitos países, preocupados com danos causados ao meio ambiente. Em consequência, a poluição emergiu como um dos grandes problemas ambientais no mundo.

No ano de 1968, ainda segundo o mesmo autor, três encontros foram fundamentais, para delinear uma estratégia, para o enfrentamento dos problemas ambientais na década de 70 e nas seguintes:

1. No mês de abril de 1968 surgiu o Clube de Roma, organização informal descrita com muita propriedade como um “colégio invisível”, de uma reunião em Roma, Itália, entre pessoas de dez países entre cientistas, educadores, industriais e funcionários públicos de nível nacional e internacional com os objetivos de promover o entendimento dos variados, mas interdependentes setores – econômicos, políticos, naturais e sociais – que formam o sistema global; chamar atenção dos que são responsáveis por decisões de alto alcance, e do público do mundo inteiro para aquele novo modo de entender e assim promover novas iniciativas e planos de ação (MEADOWS, *et all*, 1973 apud DIAS, 2007);
2. Em 1972 a Assembléia das Nações Unidas decidiu a realização da Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano na cidade de Estocolmo, Suécia;
3. Em setembro de 1968, na cidade Paris realizou-se a Conferência sobre a conservação e o uso racional dos recursos da biosfera, que lançou bases para a criação em 1971 do Programa Homem e a Biosfera (MAB) que teve a participação de representantes e observadores de diversos países e diversos organismos internacionais como a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), a Organização Mundial da Saúde (OMS), a União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN) e outros que reconheceram a necessidade de se estabelecer uma cooperação científica internacional para se conceber e aperfeiçoar um

plano de utilização racional e de conservação dos recursos naturais da biosfera.

Os objetivos do MAB são:

“Proporcionar os conhecimentos fundamentais das ciências naturais e das ciências sociais necessárias para utilização racional e a conservação dos recursos da Biosfera e para o melhoramento da relação global entre o homem e o meio, assim como para prever as conseqüências das ações de hoje sobre o mundo de amanhã, aumentando assim a capacidade do homem para ordenar eficazmente os recursos naturais da Biosfera” (UNESCO, 1971 apud DIAS, 2007).

As discussões sobre o meio ambiente ocorridas nos encontros de 1968 tornou este ano como marco pelo crescimento da questão ambiental. O Clube de Roma, utilizando fórmulas matemáticas e modelos computacionais para determinar o futuro ecológico do planeta, previu um desastre em médio prazo, o que foi publicado no relatório de 1972 denominado *Limites do Crescimento* (DIAS, 2007). A primeira conclusão do relatório afirma:

*“Se as atuais tendências de crescimento da população mundial - industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição de recursos naturais – continuarem imutáveis, os limites de crescimento neste planeta serão alcançados algum dia dentro dos próximos cem anos. O resultado mais provável será um declínio súbito e incontrolável, tanto da população quanto da capacidade industrial.”* (MEADOWS, 1972).

A partir dos anos 70 se destaca o surgimento de organizações não governamentais - ONG's, como o *Greenpeace* que é a maior organização ambiental do mundo e possivelmente a principal responsável pela popularização de questões ambientais (CUNHA e GUERRA, 2012).

A Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano na cidade de Estocolmo, Suécia, em 1972, originou a Declaração sobre o Ambiente Humano e produziu um Plano de Ação Mundial, com o objetivo de nortear a preservação e a melhoria no ambiente humano. Outro importante resultado do evento foi a criação do

Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA), responsável por monitorar o avanço dos problemas ambientais no mundo (DIAS, 2007).

O Programa Homem e a Biosfera (MaB<sup>1</sup>) teve como resultado, a partir de 1976, a criação de uma rede mundial de áreas protegidas, denominadas Reservas da Biosfera, essas envolvem regiões com ecossistemas terrestres ou costeiros, nas quais o objetivo é conciliar a conservação da diversidade biológica com a exploração racional dos recursos naturais.

A assembleia Geral da ONU, do ano de 1983, atenta ao aumento crescente das preocupações ambientais, criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD), presidida pela primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, com o objetivo de examinar as relações entre meio ambiente e o desenvolvimento e apresentar propostas viáveis (DIAS, 2007).

O informe Brundtland da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, designado *Nosso Futuro Comum* (CMMAD, 1991) exposto em 1987, pode ser considerado um dos mais importantes documentos sobre a questão ambiental e o desenvolvimento, fundamentando com bastante precisão o eixo em torno do qual se deve discutir o desenvolvimento e, formalizando o conceito de desenvolvimento sustentável.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD, ECO 92), realizada no Rio de Janeiro em 1992, foi a grande marca da internacionalização definitiva da proteção ambiental e das questões ligadas ao desenvolvimento, criando elementos importantes como a Agenda 21 e o Fundo Global para o Meio Ambiente, do Banco Mundial.

Após a CNUMAD outros pontos polêmicos surgiram, muitos destes se mostrando ainda hoje insolúveis, como a Convenção sobre a Alteração Climática; a intransigente posição dos EUA ao negar assinar a Convenção da Biodiversidade (que teve a adesão de 153 países, além do Japão e as nações mais industrializadas da Europa) bem como em aceitar o Protocolo de Kyoto (1997), observando-se, porém, que este país é o maior poluidor e causador do efeito estufa do mundo CUNHA e GUERRA (2012).

Em 2002, ocorreu o encontro da Cúpula Mundial de Desenvolvimento Sustentável (RIO+10) na cidade Johannesburgo, África do Sul, com o objetivo avaliar

---

<sup>1</sup> Man and the Biosphere

a situação do meio ambiente global, em função das medidas adotadas na CNUMAD, uma espécie de balanço.

Em 2012, a RIO+20 a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que marca os vinte anos de realização da Rio-92, contribuiu para definir a agenda do desenvolvimento sustentável para as próximas décadas.

O objetivo da Conferência foi a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, por meio da avaliação do progresso e das lacunas na implementação das decisões adotadas pelas principais cúpulas sobre o assunto e do tratamento de temas novos e emergentes (COMITÊ NACIONAL DE ORGANIZAÇÃO RIO+20, 2012). Os dois temas principais da conferência foram:

- A economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza;
- A estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável.

### 1.3 Histórico Ambiental no Brasil

Segundo (CUNHA, *apud* COELHO, *et. all.* 2012) é possível identificar três tipos de políticas ambientais adotadas no Brasil: as regulatórias, as estruturadoras e as indutoras de comportamento.

As políticas regulatórias dizem respeito à elaboração de legislação específica para estabelecer ou regulamentar normas e regras de uso e acesso ao ambiente natural e seus recursos, bem como à criação de aparatos institucionais que garantam o cumprimento da lei.

As políticas estruturadoras implicam intervenção direta do poder público ou de organismos não-governamentais na proteção ao meio ambiente.

As políticas indutoras referem-se a ações que objetivam influenciar o comportamento de indivíduos ou grupos sociais, conscientizando-os sobre a emergência das questões ambientais (CUNHA, *apud* COELHO, *et. all.* 2012).

Conforme o mesmo autor, no período colonial brasileiro a legislação regulatória restringia-se essencialmente à proteção florestal, mas a partir de fins do século XVIII intelectuais e políticos protestavam contra o desmatamento e a

agricultura predatória, cobrando a adoção de medidas que contivessem a degradação, especialmente da Mata Atlântica.

Apenas no século XX a elaboração e implementação de políticas públicas, com caráter marcadamente ambiental, resultantes da preocupação do Brasil com meio ambiente especialmente a partir da década de 1970, quando aumentava a percepção de que a degradação do planeta poderia ter efeitos irreversíveis e catastróficos.

É possível identificar três grandes momentos na história das políticas ambientais no Brasil: construção de uma base de regulamentação (1930 a 1971), intervencionismo do Estado e crise ecológica global (1972 a 1987) e democratização e descentralização decisória (1988 a 2012).

### 1.3.1 A Construção de uma Base de Regulamentação, de 1930 a 1971

CUNHA apud COELHO et al (2012) “A revolução de 30 e a Constituição de 1934 marcam a transição de um país dominado pelas elites rurais para um Brasil que começa a se industrializar e urbanizar, particularmente na Região Sudeste. O Estado se fortalece, passa a centralizar decisões e a enfrentar o poder dos coronéis regionais...” “...Tem início um período caracterizado por políticas regulatórias destinadas à proteção do ambiente e de seus recursos naturais”.

Instituem-se mecanismos legais de regulação dos usos dos recursos naturais, como a promulgação, em 1934, dos códigos florestais, das águas e das minas, bem como o decreto nº 23.793 de 1934; que previa a criação de parques nacionais e de áreas florestais protegidos nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste.

O crescimento populacional desordenado, concentrado na faixa litorânea do país e a necessidade de reestruturar a ocupação, levaram à criação de unidades de conservação voltadas para a proteção de fragmentos restantes da Mata Atlântica. No Rio de Janeiro o Parque Nacional de Itatiaia, o primeiro parque nacional do país, foi criado 1937.

Na década de 50 e 60, efetiva-se a criação da primeira Floresta Nacional na Amazônia, a FLONA de Caxuanã e criam-se outras unidades de conservação no Centro-Oeste. Em 1958 o governo federal criou a Fundação Brasileira para a

Conservação da Natureza (FBCN), filiada à União Internacional para a Conservação da Natureza (CUNHA, *apud* COELHO, *et. all.* 2012).

### 1.3.2 O Intervencionismo do Estado e a Crise Ecológica Global, de 1972 a 1987

Neste processo de formulação de políticas ambientais o país passou a sofrer forte pressão do movimento ambientalista e de organismos financeiros mundiais como resultado da degradação do seu patrimônio natural. A gradual preocupação com a preservação de áreas naturais, na década de 70 fez com que se diversificassem e multiplicassem as unidades de conservação em todo país.

Além dos parques nacionais e florestas nacionais, surgiram as reservas biológicas, estações ecológicas, áreas de proteção ambiental e reservas ecológicas. As atividades de construção de estradas, barragens e linhas de transmissão de energia elétrica, assim como os projetos de mineração industrial implementados a partir dos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PND's) entre 1975 e 1985, foram pressionados a realizar estudos de impacto ambiental.

Os mesmos autores chamam atenção aos problemas de reestruturação regional identificados, especialmente, na Região Nordeste superpovoada e na Região Amazônica, que redirecionavam o povoamento e que foram incluídas nas apreensões ambientais nacionais e internacionais. Em 1986 foram criados instrumentos denominados Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

### 1.3.3 A Democratização e Descentralização Decisória, de 1988 a 2012

Noções de divisão de responsabilidade e de complementaridade entre as competências federais, estaduais e municipais ganham importância, acompanhadas de discussões sobre o papel dos diversos atores sociais na reformulação das políticas públicas.

A constituição de 1988 foi a primeira a tratar especificamente da questão ambiental, declarou como patrimônio nacional a Mata Atlântica, a Floresta Amazônica e o Pantanal. Instituiu novas bases de aplicação de multas, a obrigação de

recuperação dos ambientes degradados e a lei para compensar (criação de royalties).

Nesse período intensificou-se o processo de criação de unidades e conservação, além das unidades que já vinham sendo criadas em períodos anteriores, foram efetivadas a criação de unidades com *status* de uso direto, como as reservas extrativistas, a adequação de unidades como parques nacionais, florestas nacionais e áreas de proteção ambiental ao modelo de reserva de desenvolvimento sustentável.

Em 1989, o antigo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Floresta (IBDF) foi transformado em Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), sendo responsável pela administração das unidades de conservação.

Na década de 1990, implantam-se o Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM) e o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), que têm entre seus objetivos, o de contribuir com o monitoramento e o controle ambiental. Em 1993, é criado o Ministério do Meio Ambiental, Recursos Hídrico e Amazônia Legal (MMA).

Um novo código florestal foi promulgado em 1996, ampliando a área de reserva legal de floresta nativa, em 1997 foi sancionada a Lei nº 9.433 que regulamenta a gestão dos recursos hídricos e, em 1998 foi promulgada a Lei nº 9.605 que trata dos crimes ambientais.

As políticas ambientais voltadas para a adoção de medidas de cunho normativo foram as que mais evoluíram no Brasil. Iniciativas governamentais foram articuladas nos campos da gestão dos recursos hídricos, do manejo florestal, controle de poluição, prevenção e combate a incêndios florestais, capacitação para o planejamento e o uso da terra e promoção de ações de educação ambiental.

Durante a execução dos programas Brasil em Ação (1996-1999) e Avança Brasil (2000-2003), as políticas ambientais continuaram a se confrontar com políticas de desenvolvimento, com ênfase em projetos de infraestrutura planejados para os eixos de integração e desenvolvimento nacional.

Nesse período, consolidam-se políticas do tipo indutoras do desenvolvimento sustentável. O Estado passa a pensar em alocação de recursos e em emprego estratégico de instrumentos econômicos destinados a promover práticas ecológicas e a inviabilizar comportamentos predatórios, incluindo o estímulo a novas formas de

manejo dos recursos naturais e a promoção dos instrumentos de parceria entre o poder público e a sociedade civil.

#### 1.3.4 O Código Florestal Brasileiro

O Código Florestal Brasileiro foi criado em 15 de setembro de 1965, pela Lei nº 4.771 a qual limita o uso da propriedade, que deve respeitar a vegetação existente na terra.

Desde meados da década de 1990, têm sido feitas várias tentativas de alterar o Código Florestal Brasileiro. Em 2008, foi criado um grupo de trabalho com representantes de três ministérios: da Agricultura, do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Agrário, para discutir o Código e em janeiro de 2009 por falta de consenso o grupo foi dissolvido.

Em 2011, o Senado Federal aprovou a "Lei da Câmara nº 30 de 2011, na qual o projeto adquiriu nome e em 2012, a Câmara aprovou uma versão alterada da lei, que se mostrava bastante favorável aos grandes desmatadores, representados na casa pela bancada ruralista. A presidente Dilma Rousseff vetou 12 pontos da lei e propôs a alteração de 32 outros artigos. Após o Congresso aprovar o "Novo Código Florestal", ONGs, ativistas e membros de movimentos sociais organizaram o movimento "Veta Dilma", pedindo o veto integral ao Projeto de Lei.

## **2 Capítulo 2: Meio Ambiente, Sistema e Bacia Hidrográfica**

---

Os conceitos de meio ambiente são totalizadores compreendendo sistemas complexos. No entanto, quando conceituado meios ambientes marinhos, terrestres, urbanos, etc., essas facetas são elementos de um todo sistematicamente organizado onde as partes, reciprocamente dependem umas das outras e onde o todo é sempre comprometido cada vez que um único componente é agredido.

Segundo Christofolletti (1999, p.37), o meio ambiente é constituído pelos sistemas que interferem e condicionam as atividades sociais e econômicas, isto é, pelas organizações espaciais dos elementos físicos e biogeográficos (da natureza). Como afirmam Machado; Miranda; Pinheiro, (2004, p. 6) “meio ambiente não se refere apenas à paisagem natural, incorpora também o meio ambiente humano, a paisagem criada”.

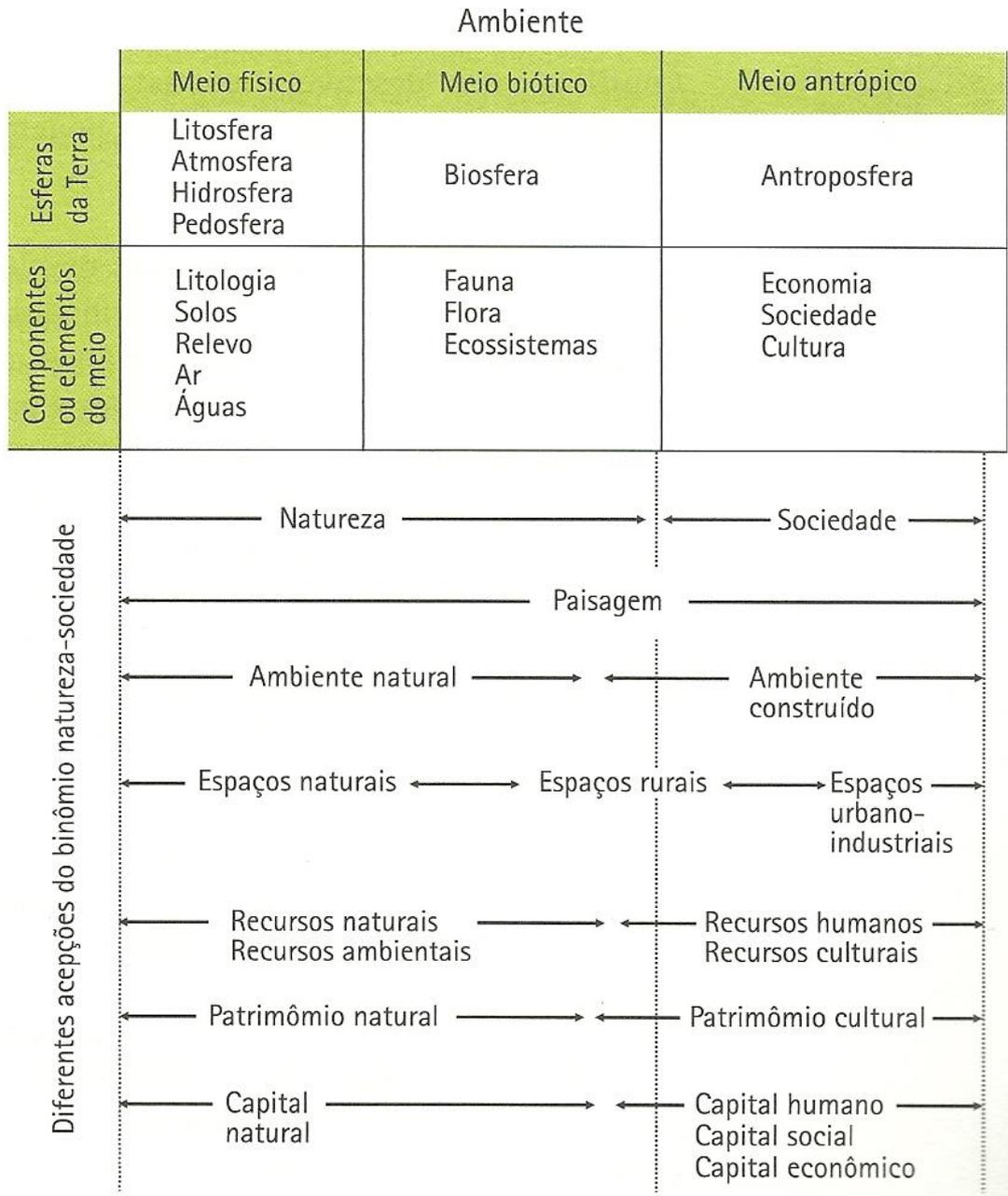
Já Carl Sauer (1925 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999, p.39) define a paisagem como um organismo complexo, feito pela associação específica de formas e apreendida pela análise morfológica. Ainda segundo o mesmo autor, o conteúdo da paisagem é constituído pela combinação de elementos materiais e de recursos naturais.

Sánchez (2008) realiza uma síntese das diferentes acepções do ambiente e de termos descritivos de diferentes elementos, compartimentos ou funções, conforme a abrangência do conceito de ambiente e termos correlatos usados em diferentes disciplinas, conforme sintetizado na figura 01.

Na perspectiva que considera a funcionalidade interativa da geosfera-biosfera, focalizando a existência de unidades de organização englobando os elementos físicos (abióticos) e bióticos que compõem o meio ambiente no globo terrestre na qual também prevalece a relevância antropogenética. Christofolletti (1999, p.37) define meio ambiente como o conjunto dos componentes da geosfera-biosfera, condizentes com o sistema ambiental físico.

Fazendo uma leitura da definição de sistemas, desenvolvida na década de 1950 por Ludwig Von Bertalanffy, com base em suas considerações cujo “objetivo é a formulação de princípios válidos para os ‘sistemas’ em geral, qualquer que seja a natureza dos elementos que os compõe e as relações ou ‘forças’ existentes entre eles” (BERTALANFFY, 2009, p.62).

Figura 01 – Acepções de meio ambiente, segundo seus elementos constituintes.



Fonte: Sánchez, 2008.

Segundo BERTALANFFY (2009, p.84) um sistema pode ser definido como um complexo de elementos em interação. Ainda de acordo com o autor, a interação significa que o comportamento de um elemento  $p$  em  $R$  é diferente de seu comportamento em outra relação, e os elementos se comportam independentemente com respeito às relações  $R$  e  $R'$ .

Para Drew (2002, p.21) um sistema é um conjunto de componentes, ligados por fluxos de energia e funcionamento como uma unidade e a intervenção humana pode afetar de maneira significativa a atividade dos sistemas que envolvem seres vivos (ecossistemas).

Da Silva e Pruski (2000, p. 139) enfatizam que, “constituindo-se a água componente vital para o ambiente, as questões ambientais a ela relacionadas deverão estar sempre presentes“. Neste sentido, em relação à demanda de água por parte crescente da população, não é possível deixar de admitir que se caminha inexoravelmente para situações de escassez. Tais situações já se fazem sentir atualmente em muitas regiões do globo.

Quanto às demandas crescentes em relação a água, de acordo com o World Water Council: Estimou-se que, para satisfazer as necessidades básicas, as pessoas exigem um mínimo de 20 a 50 litros de água potável por dia. Apesar da necessidade de água para a vida, a realidade é que milhares de milhões de pessoas no mundo não têm acesso a água potável. Em 2002, a OMS estimou que 1,1 bilhão de pessoas (17% da população mundial) não tinham acesso a fontes melhores de água e 2,6 bilhão de pessoas (42% da população mundial) não tinham acesso a saneamento. Todos os dias, 3.900 crianças menores de 5 anos morrem de doenças relacionadas à água (diarreia, por exemplo). As vidas dessas pessoas, muitas vezes entre os mais pobres do nosso planeta, são devastadas por essa privação. A falta de acesso à água também impede o prazer da saúde e outros direitos humanos - por exemplo, direito à educação, direito à qualidade de vida adequada, direito à alimentação (DUBREUIL, 2006 p.03)<sup>2</sup>.

Conforme SILVEIRA (*apud*. TUCCI. 2013, p.41) a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados

---

<sup>2</sup> Tradução do original em inglês: DUBREUIL, Céline. *The Right to Water: from concept to implementation* World Water Council. 2006. p. 03.

profundamente. Em um evento isolado pode-se desconsiderar estas perdas e analisar a transformação de chuva em vazão feita pela bacia.

Das várias utilizações da água no meio urbano, destaca-se o abastecimento para consumo humano e insumo no processo produtivo, que implicam no consumo de certa quantidade de água, a qual não é diretamente restituída às fontes de abastecimento, provocando reduções na quantidade, além da deteriorização da qualidade, ocasionada pela poluição gerada com o lançamento de esgotos *in natura* nos rios.

As características da ocupação urbana e dos processos produtivos nos centros urbanos configuram territórios específicos, que podem, por sua vez, ser relacionados à qualidade ambiental, ou seja, a qualidade de todo o sistema, inclusive da parte 'água'. Nesse contexto, com as intensas modificações urbanas, provocadas pela ocupação desordenada, emergem inúmeros problemas sócio-ambientais que repercutem diretamente nas bacias hidrográficas.

Conforme a definição de Pires e Santos, sobre bacia hidrográfica:

Portanto, uma bacia hidrográfica considerada como um sistema físico e dinâmico, configura-se como uma unidade funcional básica de planejamento e gerenciamento ambiental, pois nela ocorre a integração das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social (PIRES e SANTOS, 1995, p. 44).

Portanto, adota-se neste trabalho a noção de sistema onde uma bacia hidrográfica assume usos múltiplos em nível de ecossistema, podendo, assim, fornecer a capacidade de antecipação de impactos através dos planejamentos e gestões.

## 2.1 O Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica

O ciclo hidrológico é freqüentemente estudado com maior interesse na fase terrestre, onde segundo TUCCI (2013) o elemento fundamental de análise é a bacia hidrográfica, para o mesmo autor, a bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, o exutório, e a bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um

conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório.

A água distribui-se na atmosfera e na parte superficial da crosta até uma profundidade de aproximadamente 10 km abaixo da interface atmosfera, crosta. Forma a hidrosfera, que consiste de reservatórios como os oceanos, geleira, rios, lagos, atmosfera, água subterrânea e biosfera, o constante intercâmbio entre estes reservatórios compreende o ciclo da água ou ciclo hidrológico movimentado pela energia solar, representa o processo mais importante da dinâmica eterna da Terra. TEIXEIRA (2009).

A partir de um volume total de água relativamente constante no sistema Terra é possível observar o ciclo hidrológico, figura 02. Iniciado pelo fenômeno da precipitação meteórica que representa a condensação de gotículas a partir do vapor de água na atmosfera, originando a chuva. Quando o vapor de água transforma-se diretamente em cristais de gelo, estes por aglutinação tomam tamanhos e peso suficiente, ocorre à precipitação na forma de neve ou granizo, responsável pela origem e manutenção do importante reservatório representado pelas geleiras nas calotas polares e nos cumes das montanhas.

A precipitação em seu percurso em direção a superfície terrestre retorna em parte para a atmosfera por evaporação direta, essa fração evaporada na atmosfera soma-se ao vapor de água formado sobre o solo e o liberado pela atividade biológica de organismos (principalmente as plantas por meio da respiração), esta soma de processos é denominada evapotranspiração na qual a evaporação direta é causada pela radiação solar e vento, enquanto a transpiração depende da vegetação.

Ao precipitar ao solo, dois caminhos podem ser seguidos pela água: o primeiro é a infiltração que depende principalmente das características da cobertura de superfície, a água de infiltração guiada pela força gravitacional tende a preencher os vazios no subsolo até profundidade onde abastece o corpo de água subterrânea. O segundo advém quando a capacidade de absorção de água pela superfície é superada e o excesso escoar superficialmente impulsionado pela gravidade para zonas mais baixas.

Por meio de pequenos filetes esse escoamento inicia-se efêmeros e distribuídos pela superfície do solo para os córregos e rios formando a rede de drenagem natural. O escoamento superficial raramente tem o destino final os oceanos e

parcela da água de infiltração retorna à superfície pelas nascentes alimentando o escoamento superficial por percursos mais profundos e lentos ou reaparecendo diretamente nos oceanos. O ciclo hidrológico é completado durante o curso geral do escoamento superficial nas áreas emersas e principalmente na superfície dos oceanos quando o vapor de água atmosférico é realimentando pela evaporação.

O ciclo hidrológico tem um emprego prático no estudo de recursos hídricos que objetiva avaliar e monitorar a quantidade de água disponível na superfície da Terra, conforme TEIXEIRA (2009) a unidade geográfica para estes estudos é a bacia hidrográfica, definida como uma área de captação da água de precipitação demarcada por divisores topográficos onde toda água captada converge para um único ponto de saída, o exutório.

Para TEIXEIRA (2009) a bacia hidrográfica é um sistema físico no qual podemos quantificar o ciclo da água, segundo o mesmo autor, esta análise quantitativa é feita através da equação geral do balanço hídrico que é expressão básica da hidrologia.

Segundo Tomasella e Rossato (2005) balanço hídrico pode ser calculado considerando uma situação onde o que entra no sistema é a água proveniente da precipitação, o que sai é devido a evapotranspiração real e o que percola está abaixo do alcance do sistema radicular da cultura. Para os mesmos autores o balanço hídrico pode ser calculado da seguinte forma:

$$S_{t+1} = S_t + PRE_t - ETR_t$$

Onde:

S= Armazenamento de água no solo disponível para as plantas em mm;

PRE= Precipitação em mm;

t= Tempo;

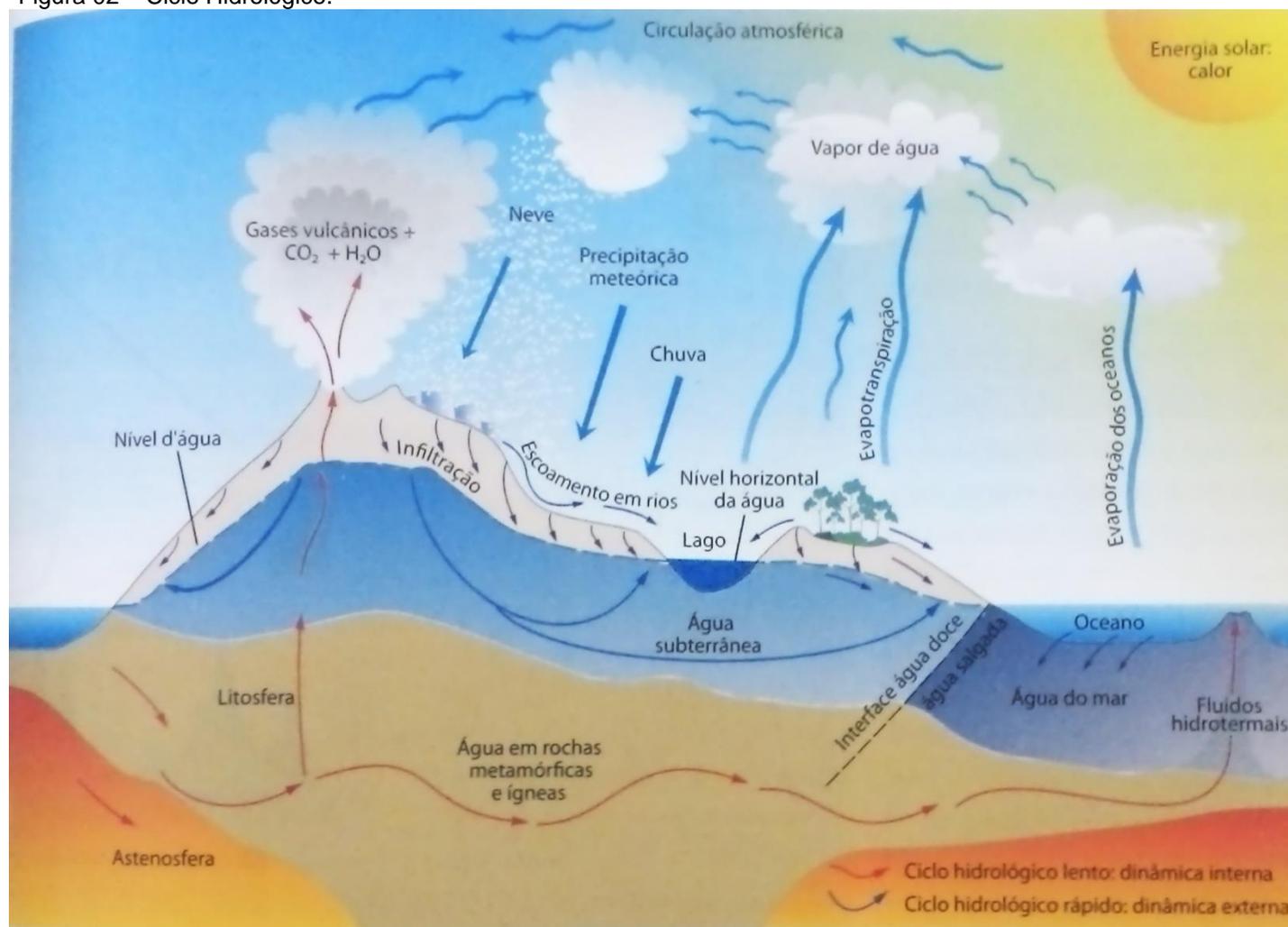
ETR= Evapotranspiração real da vegetação em mm.

Os processos que segundo BRAGA (2005) podem resumir o ciclo hidrológico são:

- Detenção: parte da precipitação que fica retida na vegetação, depressões do terreno e construções. Essa massa de água retorna à atmosfera pela ação da evaporação ou penetra no solo pela infiltração;
- escoamento superficial: constituído pela água que escoar sobre o solo, fluindo para locais de altitudes inferiores, até atingir um corpo d' água como um rio, lago ou oceano. A água que compõe o escoamento superficial pode também sofrer infiltração para as camadas superiores do solo, ficar retida ou sofrer evaporação;
- Infiltração: a água infiltrada pode sofrer evaporação, ser utilizada pela vegetação, escoar ao longo da camada superior do solo ou alimentar o lençol de água subterrâneo;
- escoamento subterrâneo: constituído por parte da água infiltrada na camada superior do solo, sendo bem mais lento que o escoamento superficial. Parte desse escoamento alimenta os rios e os lagos, além de ser responsável pela manutenção desses corpos durante épocas de estiagem;
- Evapotranspiração: parte da água existente no solo que é utilizada pela vegetação e é eliminada pelas folhas na forma de vapor;
- Evaporação: em qualquer das fases a água pode voltar à atmosfera na forma de vapor, reiniciando o ciclo hidrológico;
- Precipitação: água que cai sobre o solo ou sobre um corpo de água.

Também nesse ciclo, BRAGA (2005) destaca que a presença do homem pode ser notada por meio do desmatamento e da impermeabilização via pavimentação do solo que acelera a evaporação e reduz a recarga dos aquíferos subterrâneo, gerando, assim, maiores enchentes nos cursos de água que cortam centros urbanos, causando uma série de danos físicos, econômicos e transtornos aos habitantes da cidade.

Figura 02 – Ciclo Hidrológico.



Fonte: Teixeira (2009).

### **3 Capítulo 3: A Bacia Hidrográfica do Beberibe**

---

A Bacia Hidrográfica do Beberibe, representada na figura 03, está localizada em pleno centro da Região Metropolitana do Recife - RMR com a área de drenagem de 79 km<sup>2</sup>. Essa área distribui-se de forma político-administrativa por três municípios, situando-se a sua maior parte em Recife, o restante em Olinda e Camaragibe.



Do ponto de vista hídrico, segundo Campos (2003), a bacia do rio Beberibe pode ser dividida em três compartimentos: o alto Beberibe, das nascentes até a BR-101, o médio Beberibe, a partir da BR-101 até o seu encontro com o rio Morno e o baixo Beberibe, a partir da confluência com o Morno até a foz conjunta com o Capibaribe.

A rede de drenagem no alto Beberibe é do tipo dentrítica (CAMPOS 2003), na qual a característica principal desse padrão é que tanto o curso principal como os tributários, em seu percurso, não sofrem controle algum, quer seja litológico ou estrutural, assemelhando-se a nervuras de uma folha (MONTEIRO e SILVA, 1979 *apud* CAMPOS 2003).

Os perfis longitudinais do Beberibe e de seus principais afluentes mostram que a rede de drenagem encontra-se em estágio avançado de maturidade, tanto no alto, como no seu trecho médio e baixo

O rio Beberibe corresponde a uma bacia de 5<sup>a</sup> ordem. Apresenta as sub-bacias dos rios Morno e dos Macacos de 4<sup>a</sup> ordem; sub-bacias Pacas, Araçá e Lava Tripa de 3<sup>a</sup> ordem e a sub-bacia Vasco da Gama de 2<sup>a</sup> ordem. Possui 364 canais de 1<sup>a</sup> ordem, 79 canais de 2<sup>a</sup> ordem, 07 canais de 3<sup>a</sup> ordem, 03 canais de 4<sup>a</sup> ordem e 01 canal de 5<sup>a</sup> ordem, totalizando 454 segmentos de canais.

### 3.1 Ambiente Climático da Bacia do Beberibe

Localizada na costa oriental do Nordeste brasileiro, em região tropical, que segundo Ayoade (2001) corresponde à área do mundo onde não há nenhuma estação fria, onde o inverno nunca ocorre, a Bacia do Rio Beberibe possui, de acordo com a classificação climática de Köppen (1948), clima do tipo As'- quente e úmido, com chuvas de outono-inverno.

O período de maior produção de chuvas, devido às frentes frias, do litoral leste do Nordeste recebe o máximo de precipitação no período de maio a julho, justamente durante o início do inverno do Hemisfério Sul.

O avanço pela costa do Brasil da Frente Polar Atlântica e o seu encontro com os mornos, constantes e estáveis ventos alísios de leste e sudeste do anticiclone do Atlântico Sul, predominantes durante o ano todo na costa oriental do Nordeste, são os responsáveis pelas chuvas regionais de outono-inverno.

Os totais pluviométricos são sempre superiores a 1.000 mm, em média, alcançando mais de 2.000 mm nas localidades próximas à costa atlântica. São chuvas principalmente frontológicas; no entanto, a interceptação do fluxo pela fachada atlântica do planalto da Borborema desencadeia a instabilidade através de chuvas orográficas (CAMPOS, 2003).

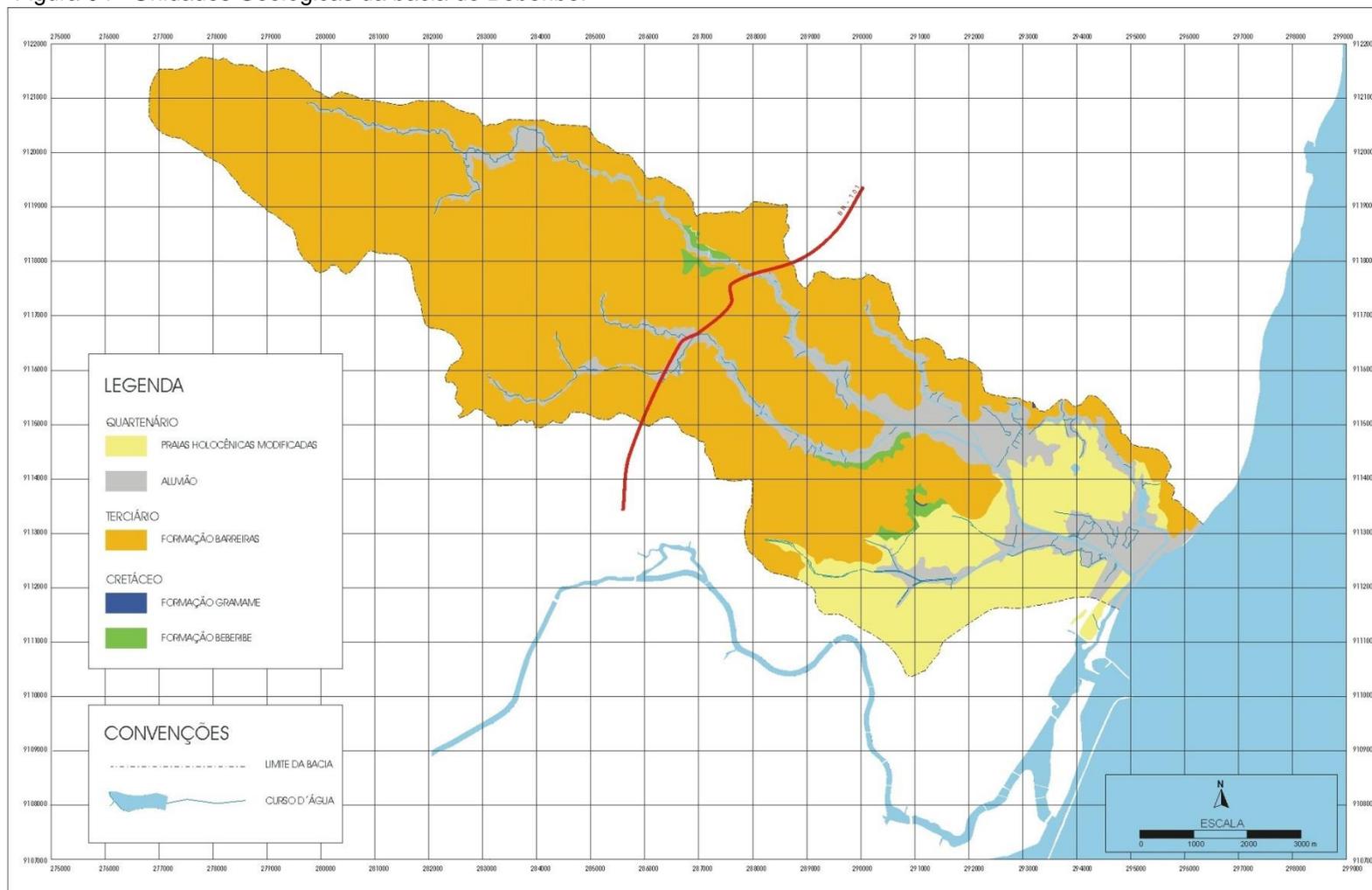
Em termos de distribuição percentual pode-se dizer que 75 a 80% das chuvas anuais acontecem no semestre chuvoso, de março a agosto, e 20 a 25% no período seco, de setembro a fevereiro. Entretanto, segundo a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (1998 apud CAMPOS 2003) 20 a 25% sobre um total de mais de 2.000 mm já apresenta algo bem maior do que toda a chuva anual registrada em muitas localidades do Agreste e do Sertão.

Esse advento assinala-se por sistemas de nuvens, comportando a princípio simples estratos, que se espessam depois em nimbo-estratos com chuvas de pequena densidade e ainda sem base nítida na vanguarda da frente. No curso do seu avanço, a cunha de ar frio introduz-se tumultuadamente sob a massa de ar tépido dos alísios desencadeando a instabilidade condicional, isto é, formando cúmulos-nimbos que às vezes provocam tempestuosos aguaceiros (ANDRADE e LINS, 1984).

### 3.2 - Ambiente Geológico da Bacia do Beberibe

A Bacia Hidrográfica do Beberibe encontra-se em terrenos sedimentares, representados pelos sedimentos mesoceno-zóicos do Grupo Paraíba, compostos pelas formações Beberibe, Gramame e Maria Farinha, formando a bacia sedimentar costeira Paraíba-Pernambuco. Conforme a figura 04: identificam-se, também, extensas exposições terciárias constituídas pela Formação Barreiras, bem como quaternárias representadas por terraços marinhos indiferenciados, aluviões e sedimentos de praia, tais como recifes e mangues (CAMPOS, 2003).

Figura 04 - Unidades Geológicas da bacia do Beberibe.



Fonte: FIDEM, 2000c.

### 3.3 - Ambiente Geomorfológico da Bacia do Beberibe

Ainda segundo Campos (2003), A bacia do Beberibe compreende três unidades geomorfológicas, representados na figura 05: os tabuleiros, o domínio dos morros e a planície baixa.

Os tabuleiros compreendem platôs de origem sedimentar, que apresentam grau de entalhamento variável, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora abertos com encostas suaves e fundos com amplas várzeas. Nas porções superiores e médias das bacias, que margeiam a planície aluvionar, onde se encontra a parte terminal do Beberibe, ocorrem os tabuleiros da Formação Barreiras, entrecortados por vales não muito profundos, geralmente em forma de V.

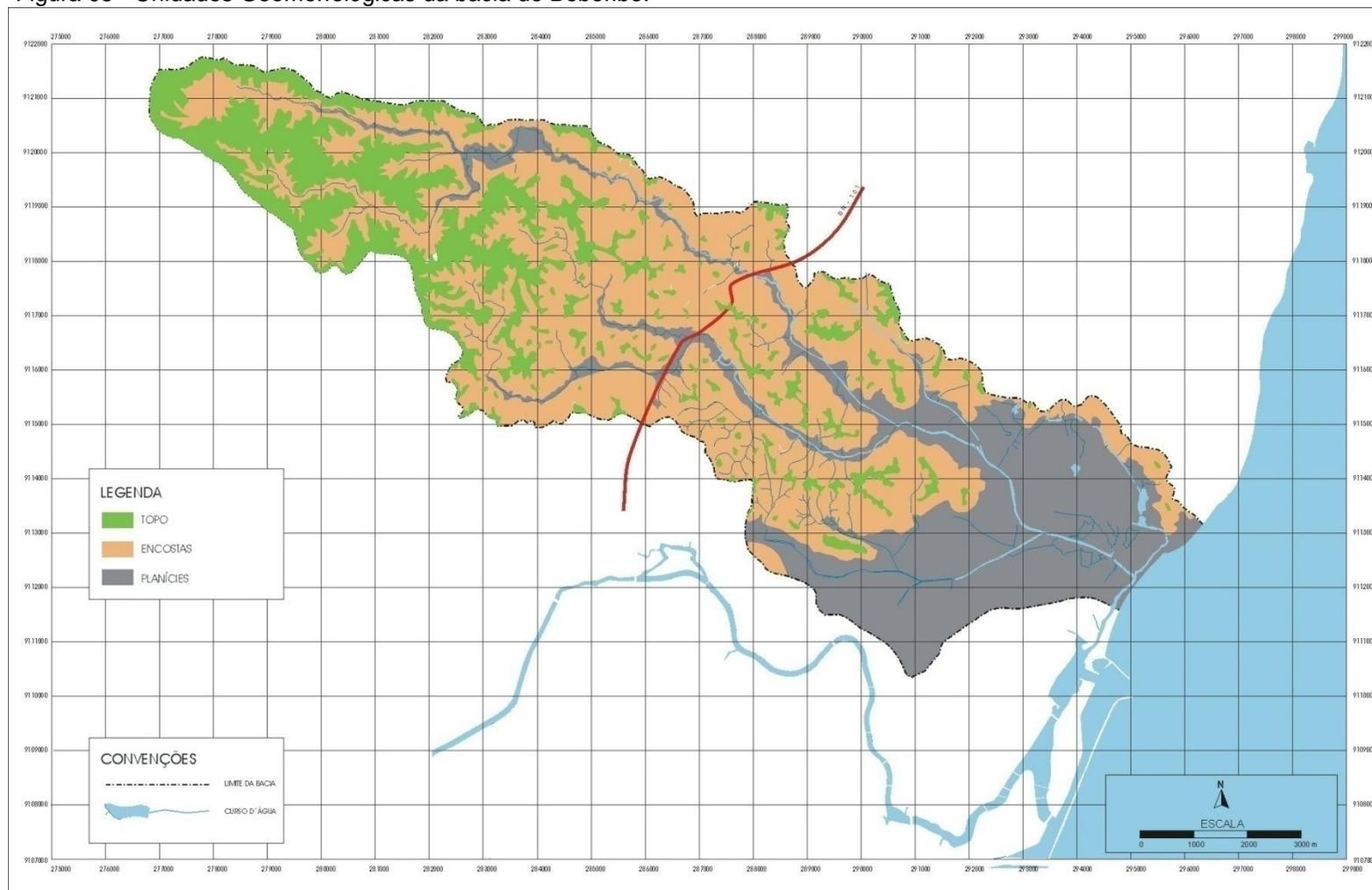
É ainda Campos (2003) quem informa que os tabuleiros costeiros ocorrem de forma mais expressiva na porção superior da bacia do Beberibe, a montante da BR-101, apresentando com cotas altimétricas entre 50 e 100 metros.

No trecho situado a jusante da BR-101, os tabuleiros têm denominações próprias, assim como os talvegues, que se entrecortam, geralmente denominados de córregos e constituem os chamados morros, as áreas urbanas nesses morros, não considerados os tabuleiros propriamente ditos, estão, na sua grande maioria, situadas em colinas arredondadas, ou em terrenos ondulados, com declividade variável e altitudes que oscilam entre 30 e 70 metros (ALHEIROS, 1998).

No espaço confinado entre o morro e a orla marítima desenvolve-se uma grande planície flúvio-marinha na qual foi erguida a cidade do Recife. A planície possui apenas 10 km de largura e altitudes variando entre 0 a 10 metros, e inclinação suave para leste, sendo sua cota média entre 3 e 4 metros.

A formação da atual planície enquadra-se na história geológica mais recente. As feições quaternárias da planície do Recife devem-se a flutuações do nível do mar, consequência das oscilações climáticas (DOMINGUES *et al.*, 1990).

Figura 05 - Unidades Geomorfológicas da bacia do Beberibe.



Fonte: FIDEM, 2000c.

### 3.4 - Ambiente Vegetal da Bacia do Beberibe

Segundo Campos (2003), a cobertura vegetal da bacia do Beberibe apresenta duas porções bem distintas: a parte a montante da BR-101, encontrando-se ali resquícios da mata exuberante que constituía a vegetação original desta região e capoeiras densas, e a porção a jusante da citada rodovia, onde o processo de ocupação urbana, tornou rarefeita a vegetação. Atualmente, as principais formações que ocupam as áreas marginais da bacia correspondem às matas densas, capoeiras, vegetação hidrófila e manguezais, conforme figura 06.

Segundo o mesmo autor, a vegetação litorânea de mangue é encontrada em áreas restritas do litoral, isto é, reentrâncias da costa, contornos de baías, estuários calmos de rios e outras regiões de águas pouco movimentadas, onde predomina o litoral lodoso.

As matas densas ocorrem nas Unidades de Conservação instituídas nas localidades de Passarinho, Dois Unidos e Dois Irmãos. Tais unidades constituem verdadeiras relíquias da vegetação nativa da bacia. As matas de Dois Unidos e Dois Irmãos são consideradas matas de vegetação arbórea densa, ou seja, caracterizam-se pelo padrão florestal, representando os remanescentes da mata primária ou mata em estágio avançado de regeneração.

O solo é do tipo podzólico e suscetível a erosão em decorrência do relevo forte ondulado, exigindo intensa prática de conservação e limitações de moderadas a fortes no que se refere ao emprego de máquinas agrícolas (SUDENE, 1973 e 1993).

Ambas as matas tiveram parcelas de sua superfície transformadas em reservas ecológicas estaduais: a Reserva Ecológica da Mata de Dois Irmãos, com 388,67 hectares, relevo fortemente ondulado e trechos de encostas acentuadas, possuindo mata com expressiva cobertura vegetal; e a Reserva Ecológica Mata de Dois Unidos, com 37,72 ha, em terrenos onde predominam encostas de acentuado declive, também apresentando mata preservada.

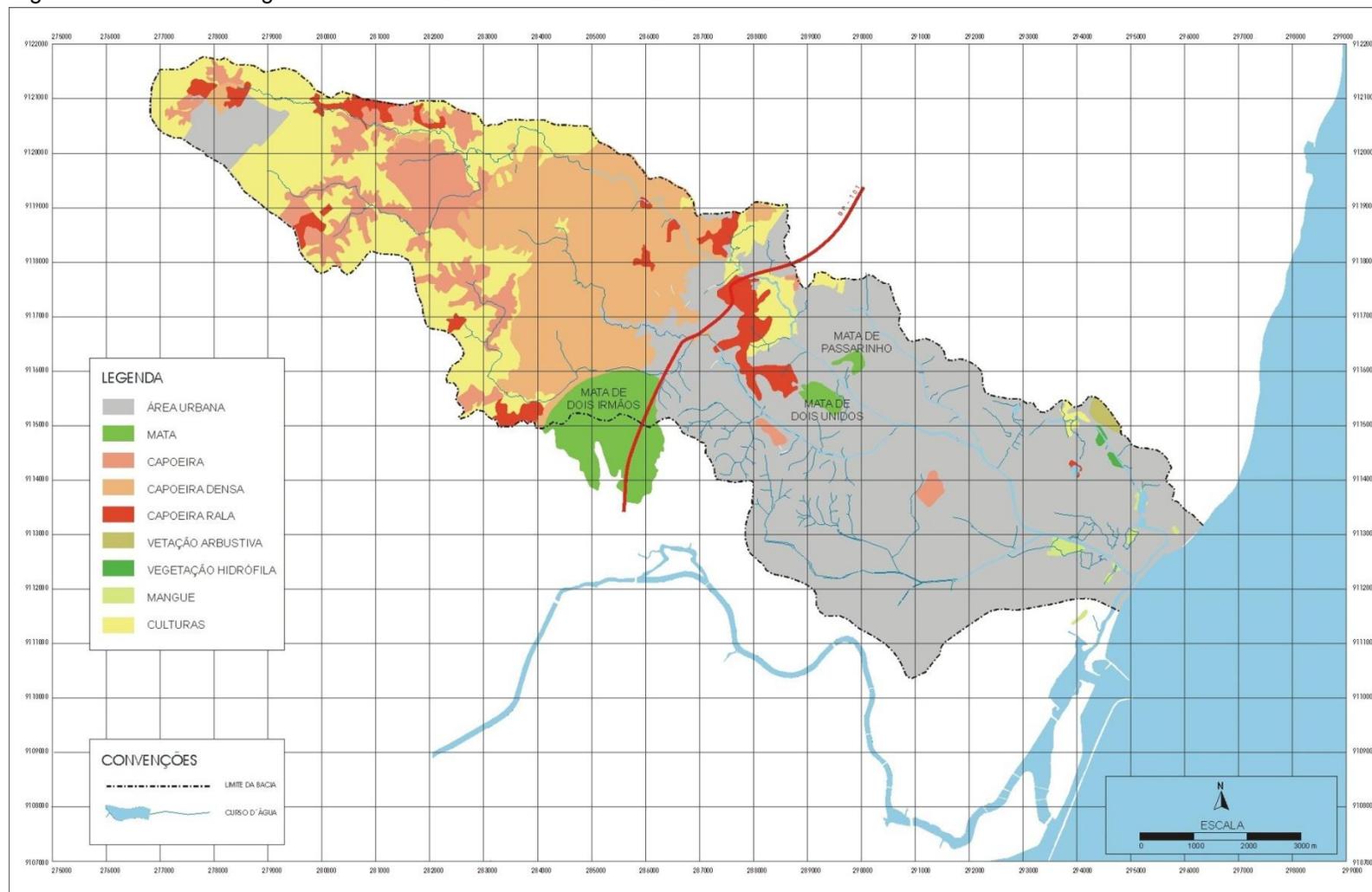
A porção a montante da BR-101 é o domínio da vegetação de capoeira, nome vulgar que se dá às formações florestais secundárias que substituíram a mata nativa. É uma área onde predomina o solo do tipo latossolo, ácido e pobre em nutrientes (VIEIRA, 1983). Segmentos da vegetação hidrófila, típica das várzeas dos

rios, são observadas nas planícies de inundação dos rios não retificados a oeste da BR-101. As obras de retificação e ocupações das margens dos rios eliminaram essa formação a leste da citada rodovia.

Outros padrões de vegetação são identificados na bacia como coqueiral, culturas de subsistência e mais praças e parques representam a vegetação cultivada, que substituiu a vegetação nativa.

Na porção a oeste da BR-101, no sentido das nascentes, os topos dos tabuleiros são ocupados principalmente por fruticultura e culturas de subsistência, destacando-se o milho, a mandioca e o feijão. No entanto, as encostas e os vales dos rios mantêm uma vegetação de capoeira que protege os mananciais de eventuais processos erosivos (CAMPOS, 2003).

Figura 06 - Cobertura vegetal da bacia do Beberibe no ano de 2000.



Fonte: FIDEM, 2000c.

### 3.5 Transformações Ambientais na Bacia do Beberibe, de 1930 a 1970

No que se refere à região de tabuleiros, no alto Beberibe, Campos (1991 apud CAMPOS 2003) observa que até os anos quarenta do século passado as bacias dos rios Araçá e Pacas faziam parte do Engenho Araçá, de propriedade da família Castro e que nas décadas de quarenta e cinquenta este foi desmembrado em grandes granjas de até trinta hectares.

Com o crescimento da população na planície recifense, verificou-se uma valorização da terra e, conseqüentemente, dos manguezais. Portanto, tornou-se prática comum aterrar as áreas alagadas para variados fins.

Segundo Bezerra (1965), os grandes aterros executados no Recife, sempre o foram em função de obter caminhos sobre os terrenos alagados, para criação ou expansão de zonas militares e de áreas para serviços públicos, comerciais ou industriais. Algumas vezes em função exclusivamente urbanística, como o estreitamento da atual bacia de confluência dos rios Beberibe e Capibaribe.

A intensificação dos aterros provocou uma das maiores degradações na bacia do Beberibe. No início do século XX, segundo Galvão (1908), o rio Beberibe possuía 12 afluentes. No entanto, ao longo dos anos, foram aterrados os riachos Pimenteiros, Sêcco, Marmajudo, Dois-Unidos, Custódia, Passarinho, Quibuca, Beringué ou Roncador e o dos Coêlhos.

A série de aterros iniciados em 1940, exposto na ilustração 03, com o advento da 2ª Guerra Mundial, no baixo Beberibe, para a construção da Base Naval do Ministério da Marinha. Segundo Gomes (1997, p. 191), “este projeto implicaria no maior impacto em termos de aterros, deflagrando a estruturação espacial inicial dessa área”. Moraes (1960) observa que foram destruídos 47,70 ha de mangues nos aterros para a construção da Base Naval. Como conseqüência, foi realizada a retificação do rio Beberibe que corria em meandros paralelos ao istmo, conforme a figura 07.

Figura 07 - À direita o rio Beberibe entre o istmo e o aterro realizado em 1940 com extensão de 230 metros. No centro o Complexo de Salgadinho e ao fundo a cidade de Olinda. No primeiro plano o pátio e a quadra de esportes da Escola de Aprendizes de Marinheiros 1994



Fonte: Gomes .1997.

A expulsão da população mais pobre das áreas de planície, juntamente com a crescente migração populacional vinda do interior, gerou um aumento no déficit habitacional, determinando, na década de 40, um paulatino processo de ocupação dos morros da zona norte do Recife. Um fator que influenciou essa ocupação foi a existência dos arrabaldes suburbanos como Arraial, Casa Amarela e Água Fria, na sub-bacia do canal Vasco da Gama/Peixinhos e Beberibe, na confluência dos rios Beberibe e Morno, que funcionaram como os portões de entrada nos morros (FIDEM, 2000c).

Entre 1950 e 1960, se procedeu a ocupação de antigos espaços vazios, na bacia do Beberibe, entre a linha de Dois Irmãos-Casa Amarela e a de Beberibe, com expansão pelos morros, encostas e córregos do interflúvio Capibaribe-Beberibe e entre a linha dos bairros de Beberibe e Campo Grande, com expansão em Peixinhos (MELO, 1978).

O incremento, nesse mesmo período, de uma atividade industrial ligada à produção de bebidas, papel, fertilizantes etc., que polarizou ainda mais populações a estabelecer-se na bacia do Beberibe; além daquelas já existentes como a indústria

têxtil representada pela Fábrica Tacaruna, antiga Usina Beltrão-Refinaria de Açúcar (MORAES, 1962), e o Cotonifício Othon Bezerra de Mello; o curtume Santa Maria e os matadouros de Peixinhos, Marajó e Costa Maranhão.

### 3.6 Transformações Ambientais na Bacia do Beberibe, de 1970 a 2003

No alto Beberibe, Campos (1991 apud CAMPOS 2003) observa que na década de setenta com a valorização das terras, fruto de uma grande procura por parte da população de maior renda da RMR, notadamente, da capital, as granjas foram sendo desmembradas em pequenas propriedades, denominadas granjas-recreio, em sítios, e em clubes de campo, isto é, em áreas de lazer para os fins de semana como, também, em eventual moradia.

O período compreendido entre 1970 e 1980 do século vinte caracterizou-se pela realização de grandes aterros, particulares ou públicos, notadamente, no Beberibe inferior, para aproveitamento de áreas, como o Complexo Salgadinho, através da construção do Sistema Viário Salgadinho, em funcionamento a partir de 1974, ilustrada na figura 08. O projeto desse sistema, composto de dois viadutos, quatro pontes e oito quilômetros de estradas, previa ainda ajardinamento, calçadas, iluminação e um lago de equilíbrio sob a forma do mapa de Pernambuco (NOVAES, 1990).

Figura 08 - Foto aérea com vista das obras do Sistema Viário Salgadinho em 1974.



Fonte: FIDEM, 2000c.

Nas décadas de 70 e 80, o rio Beberibe e seus afluentes, sofreram efeitos desastrosos das inundações que manifestavam sobre as edificações assentadas em terras que constituíam originalmente seus grandes leitos.

Campos (2003) destaca que as inundações ainda atingiam em algumas zonas, bens situados além destes limites em decorrência do represamento provocado por construções que obstruíam o livre trânsito das águas e atualmente, um fator agravante nas inundações do Beberibe refere-se ao assoreamento de canais, córregos e o entupimento de galerias provocados pelos escorregamentos nos morros intensamente ocupados da bacia nos períodos de chuvas intensas.

O baixo Beberibe, entre as décadas de oitenta e noventa do século passado, foi alvo de mais aterros e destruição de manguezais pelas construções autopromovidas por famílias de baixa renda, e com a instalação de complexos modernos de lazer e de comércio como o Centro de Convenções de Pernambuco, o *Play-Center*, atual Parque de Diversões Mirabilândia, o Shopping Center Tacaruna e o Parque Memorial Arcoverde (CAMPOS, 2003). Esses complexos podem ser visualizados na figura 09.

Figura 09 - Foto aérea do Complexo de Salgado, em 1997, com vista do Centro de Convenções (1), do Parque de Diversões Mirabilândia (2) e Shopping Center Tacaruna (3).



Fonte: FIDEM, 2000c.

Em 1980, destacou-se a construção do Centro de Convenções de Pernambuco, importante equipamento de turismo e lazer, responsável pelo grande fluxo de turistas nacionais e internacionais, principalmente do ramo empresarial e de negócios, localizado nas proximidades da Fábrica Tacaruna.

Em 1993, o Governo do Estado inicia o empreendimento Parque Memorial Arcoverde, instalado em área de mais de 90 ha. na porção central do Complexo Viário Salgadinho. O parque foi inaugurado, embora incompleto, em dezembro de 1994 e logo após houve mudança de governo e o parque foi fechado em janeiro de 1995, então a sua administração foi repassada para a Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco que, desde meados de 1996 procura definir mecanismos de recuperação e administração do parque. (GOMES 1997 apud CAMPOS 2003).

No ano de 1994, no mesmo terreno onde foi instalado o Centro de Convenções, é implantado o *Play Center*, que se integra espacialmente com o Centro, compartilhando a mesma área de estacionamento, e que se constitui num empreendimento de lazer de grande porte, com importância regional, mas que não atende diretamente a população local.

O Shopping Center Tacaruna foi construído numa área de 76.958m<sup>2</sup>, predominantemente de manguezais e áreas alagáveis, nas proximidades da ponte Tacaruna, na cidade do Recife. Suas obras foram concluídas no ano de 1997 e desempenha, hoje, um importante papel econômico para a área da bacia.

As décadas de oitenta e noventa do século XX apresentaram como principal característica o surgimento de um expressivo número de loteamentos residenciais, não só nas cabeceiras do Beberibe como, também, nas de alguns outros mananciais abastecedores da Região Metropolitana do Recife. Tal fato poderia trazer sérios danos a esses mananciais, o que levou o Estado a intervir através da Lei nº 9.860/86, denominada Lei de Proteção dos Mananciais de Interesse da RMR conforme o Diário Oficial do Estado de Pernambuco (1986 apud CAMPOS 2003) e que tem como principal objetivo estabelecer as condições para preservação dos respectivos recursos hídricos, ou seja, dar ao poder público um instrumento que oriente o uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas. Tal fato pode ser exemplificado na figura 10.

Figura 10 - Assoreamento do rio Beberibe, Região Metropolitana do Recife (1999), pelo aumento do volume de sedimentos e lixo no canal.



Fonte: CUNHA, 2012

Nas mesmas décadas, houve a desativação das grandes fábricas na bacia. A Fábrica Tacaruna e o Cotonifício Othon Bezerra de Mello (Fábrica da Macaxeira) fecharam devido à falta de modernização e a crise no setor têxtil a nível local e regional. Da mesma forma, sucumbiram as empresas Fosforita, que explorava as jazidas de fosfato na planície de Olinda, e o Curtume Santa Maria; que processava o couro dos animais abatidos no extinto Matadouro de Peixinhos; assim como, da fábrica de papel Minerva, fechada mais recentemente e a de bebidas da Antártica, reduzida atualmente à produção de refrigerantes. Campos (2003) observa que as cabeceiras do rio Beberibe encontram-se em sua quase totalidade preservadas e livres de edificações.

Segundo a FIDEM (2000c), a desativação destas fábricas fez surgir dois problemas estruturais para a região. O primeiro veio em função do desemprego gerado, enquanto que o segundo surgiu do abandono das antigas estruturas fabris que, na maioria das vezes, desencadearam na vizinhança a decadência e o total desinteresse pela área. Isto significou a perda do dono da fábrica que, através de sua força econômica e respaldo político, atraía investimentos públicos para este espaço.

A partir de então, ocorreu um aumento na ocupação ao norte dos morros de Casa Amarela, juntamente com o crescimento de outro, que se originou a partir das antigas vilas e novos conjuntos habitacionais que se instalaram no município de Olinda, como as vilas de Ouro Preto, Jardim Brasil, Vila Popular, Sítio Novo e conjuntos da Cidade Tabajara e vilas da COHAB.

Segundo a FIDEM (2000c), estas diversas vilas e conjuntos habitacionais, além de triplicarem a ocupação e a população da cidade de Olinda, desencadearam um desequilíbrio na distribuição territorial agregando uma população de menor poder aquisitivo. Dessa forma, na medida em que certas áreas do município foram dotadas de infraestrutura, outras ficaram susceptíveis à ocupação informal, que desenfreadamente foi acontecendo em áreas vazias e regiões ribeirinhas, ameaçando, na maioria dos casos, as reservas ambientais do município. A mais recente ocupação procedeu-se a partir de meados da década de oitenta do século passado entre os rios Beberibe e Morno (FIDEM, 2000c).

O processo de ocupação irregular encontra-se situado predominantemente nos morros, onde foram cadastrados 136 assentamentos espontâneos em ambas as margens dos rios Beberibe, Morno e Córrego do Abacaxi (FIDEM, 2000d).

Os morros de ocupação mais antiga são os de Recife, ilustrados na figura 11, sendo os mais construídos e povoados – 285 hab/ha (FIDEM 2000c). No entanto, CAMPOS (2003) observa que algumas áreas de ocupação mais recente como os bairros da Linha do Tiro, Beberibe, Nova Descoberta e Brejo da Guabiraba possuem uma infraestrutura urbana precária e demandam por soluções para as áreas de risco.

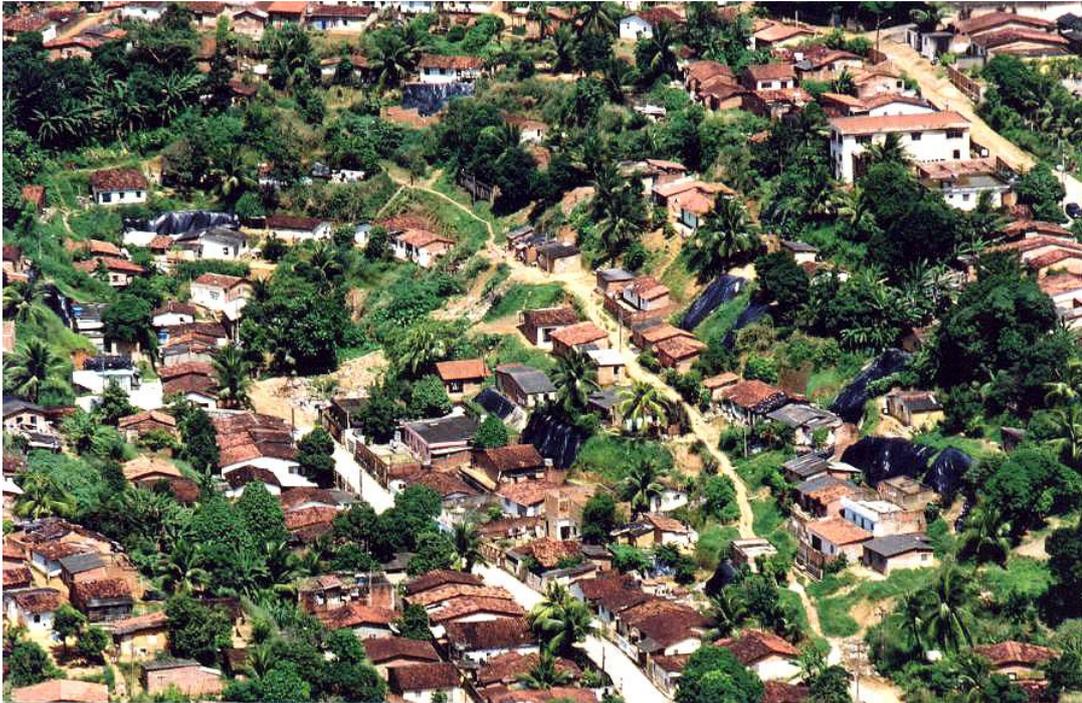
Figura 11 - Morro na bacia do Beberibe de ocupação mais antiga na zona norte do Recife.



Fonte: FIDEM, 2000b.

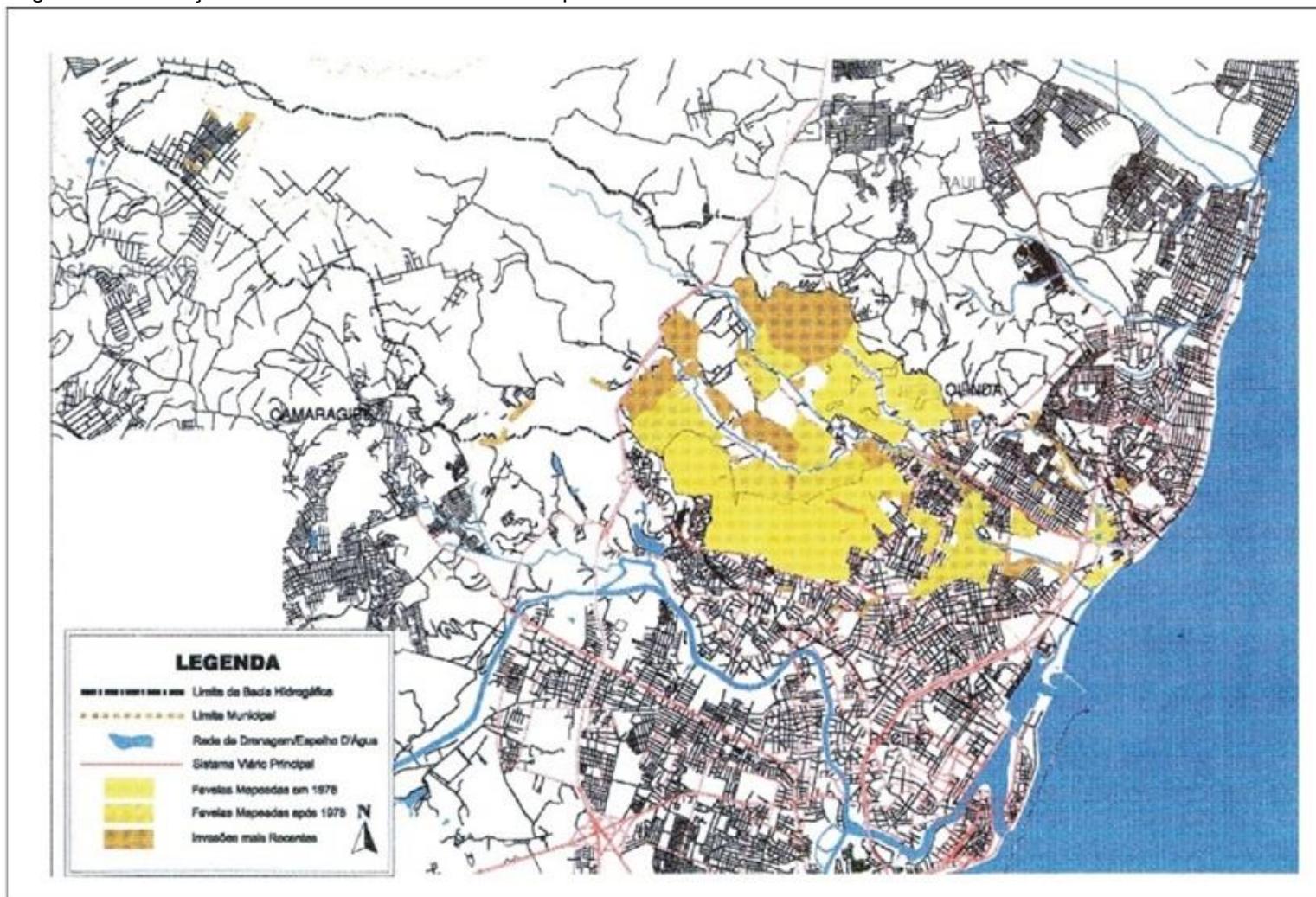
Por outro lado, os morros de Olinda, ilustrado na figura 12, possuem ocupação mais recente, sendo os menos densamente construídos e povoados – 125 hab/ha (FIDEM 2000c). CAMPOS (2003) exemplifica os bairros de Passarinho, Sapucaia, Águas Compridas e Caixa D'água, como carentes de intervenções públicas e que apresentam inúmeros pontos de risco de deslizamento. A figura 13 apresenta a evolução histórica das favelas nos municípios de Olinda e Recife.

Figura 12 - Morro na bacia do Beberibe de ocupação mais recente no bairro de Passarinho, Olinda.



Fonte: FIDEM, 2000b.

Figura 13 – Evolução histórica das favelas nos municípios de Olinda e Recife.



Fonte: FIDEM 2000c.

### 3.7 Condições Ambientais Instituídas

Foco de um intenso processo de urbanização, a bacia do rio Beberibe passou a reunir as mais diversas manifestações de degradação, resultantes, em grande parte do processo de caráter agressivo e não planejado de ocupação do solo.

O elemento mais específico da bacia hidrográfica do Beberibe é a elevada concentração de aglomerações urbanas caracterizadas pela predominância de habitações de baixa renda, classificadas, segundo os critérios definidos em estudo desenvolvido por iniciativa da FIDEM (atual CONDEPE), como *pobres, muito pobres e criticamente pobres*. Essa concentração faz da Bacia a região mais densamente povoada e de mais baixo nível de renda de toda a RMR, com uma área de 6.750 hab./km<sup>2</sup>, onde 73,6% ocupam áreas de morro e 26,4% ocupam áreas alagadas (FIDEM, 2001, p. 7-8).

De acordo com a Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento Metropolitano:

[...] assentamentos estão localizados majoritariamente nas áreas de morros (sujeitas, muitas vezes, a deslizamentos de terras), mas encontram-se também espalhados na planície estuarina, ao longo do leito dos rios (e dos córregos e canais que lhes servem de afluentes) e ainda, embora em menor quantidade, na região de tabuleiros, onde se localizam as cabeceiras do rio Beberibe. Eles caracterizam-se, basicamente, pela precariedade e pelo baixo nível dos padrões das habitações e da organização urbana, assim como pela reduzida disponibilidade de acesso de seus moradores à infraestrutura urbana básica – principalmente esgotamento sanitário e drenagem com também, pavimentação, água encanada e, em menor escala, energia elétrica domiciliar. Completa essa caracterização uma acentuada exposição dos seus moradores a doenças endêmicas infecciosas e a riscos ambientais, como os já citados deslizamentos de encostas e/ou inundações (FIDEM, 2001, p. 08).

Segundo Campos (1991 apud CAMPOS 2003) a ocupação das margens do Rio Beberibe está intimamente relacionada ao fato desta se localizar na área de adensamento urbano da RMR, que historicamente foi o principal canal de comunicação entre os dois antigos e maiores povoamentos do estado, Recife e Olinda.

Ainda segundo o mesmo autor (2003) a cobertura vegetal da bacia do Beberibe nos primórdios da colonização portuguesa, no século XVI, compreendia o domínio da Mata Atlântica e dos sistemas associados de praia, de restinga e dos manguezais.

Apresentava no conjunto um caráter dominante do tipo floresta presente em grande parte da bacia.

Estas formações vegetais foram aos poucos sendo eliminadas a partir da zona do litoral. Por ter sediado os primeiros núcleos coloniais, a bacia do Beberibe tem uma longa história de destruição da cobertura vegetal, notadamente da Mata Atlântica e dos manguezais. CAMPOS (2003).

Segundo a FIDEM (2000b), em épocas pretéritas os manguezais estendiam-se em dois arcos orientados ENE – WSW localizados entre as cidades de Olinda e Recife. Os alagados da Tacaruna correspondiam ao arco sul e eram separados dos alagados do baixo Beberibe/Canal Vasco da Gama, referentes ao arco norte, por um terraço holocênico paralelo à linha de costa. De acordo com a EMBRAPA (2000), este terraço é constituído de solos profundos, representados por areias quartzosas marinhas associadas a um podzol, também de textura arenosa, recoberto com vegetação de restinga que foi totalmente eliminada com a urbanização.

As matas densas estão representadas pelas Unidades de Conservação de Passarinho, Dois Unidos e Dois Irmãos, nas quais Campos (2003) observa, na última década do século passado um rápido adensamento de habitações nessa frente através da Estrada de Macacos, com a proliferação das comunidades de Vila Val Paraíso, Aritana e Sítio dos Macacos.

As áreas de capoeiras estão, também, em fase de degradação ao longo da BR-101, notadamente, na sua porção oeste. Hoje, devido ao crescimento do setor da construção civil, tem aumentado na citada área a extração mineral de areia e argila provocando o desmonte das encostas, a destruição da vegetação e afetando a rede de drenagem. CAMPOS (2003).

No alto Beberibe, a montante de Dois Irmãos, segue de leste para oeste, a partir da Estrada de Aldeia (rodovia PE-27), em direção às suas nascentes. Essa frente é, essencialmente, constituída por chácaras, sítios, privês e clubes de campo, a maioria identificada como sendo de segunda residência e os rios e as vertentes encontram-se, ainda, preservados.

No médio Beberibe, a partir de 1970, os assentamentos urbanos eram mais concentrados nas proximidades do centro comercial do bairro do Beberibe, a ocupação mais rarefeita nas localidades de Caixa D'Água e Dois Unidos, em territórios de Olinda e Recife, respectivamente e das matas que originariamente

cobriam a área, restavam apenas resquícios, ocupando o lugar dessas uma vegetação arbustiva ou de gramíneas nas zonas ainda não edificadas, observando-se, ainda, sítios e chácaras, notadamente, na área de Passarinho, no município de Olinda.

A eliminação quase total do mangue na bacia teve como principal causa a urbanização do Beberibe inferior com destaque para os seguintes acontecimentos: aterros oficiais e particulares precários, implantação de palafitas, retificação de curso d'água, implantação de vias marginais e aterros realizados por grandes empreendimentos (FIDEM, 2000b).

Observado por Campos (2003) a partir de 1997 grandes transformações na paisagem, com expansões urbanas principalmente na direção norte, na localidade de Passarinho, entre a Estrada de Passarinho, na várzea do rio Beberibe, e a Rua da Linha, isto é, o divisor de águas das bacias do Beberibe e do Paratibe.

No baixo curso do Beberibe CAMPOS (2003) relata as condições naturais como significativamente alteradas pela intervenção humana no processo histórico de ocupação com aglomerados urbanos em níveis de adensamento e impermeabilização próximos ao limite de saturação, com conseqüente aumento do grau de impermeabilização da área. Que no trecho médio houve um adensamento urbano muito rápido, facilitado pela abertura da II Perimetral e expansão de novos assentamentos, com a completa ocupação em ambas as margens do riacho, comprometendo todo o sistema de drenagem, com imediatas repercussões sobre o conjunto das vertentes que estão sendo ocupadas, e trecho médio há, também, freqüentes alagamentos em função de obstruções de dispositivos hidráulicos devido ao assoreamento e a existência de grande quantidade de lixo.

CAMPOS (2003) relata várias intervenções no canal em função da ocupação da área drenada, destacando-se retificações e outras alterações de curso. Em seu trecho terminal, a jusante do Estádio do Santa Cruz, no bairro do Arruda, possui calha dragada e mantida uma determinada seção de escoamento. Próximo à foz em Peixinhos as margens do canal acham-se revestidas por placas pré-moldadas de concreto em uma extensão aproximada de 200 metros. A montante deste trecho até o bairro de Casa Amarela apresenta revestimento de parede e fundo na parte inferior da seção.

Ressaltado por Campos (2003) a construção do Centro de Convenções de Pernambuco, o Parque Memorial Arcoverde, o Shopping Tacaruna, dentre outras, reduziram a área de mangues. Dos antigos alagados, só restam praticamente vestígios de mangues entre Peixinhos e a rodovia PE-06 e outra a montante do cais do Varadouro, que faz parte da bacia do denominado canal da Malária.

De acordo como o Atlas Municipal do Desenvolvimento Humano no Recife (2005), quase todos os bairros inseridos na região do médio curso do Beberibe possuem indicadores insatisfatórios, tanto a acesso a serviços públicos, como água encanada, instalações sanitárias e serviço de coleta de lixo. A mesma situação pode ser verificada no município de Olinda.

Além disso, a problemática da degradação de partes do sistema (corte das barreiras, desmatamentos, retirada de areia, ocupações nas margens dos canais fluviais, despejo de lixo) do médio Beberibe contextualiza uma relação com o sistema natural de drenagem, o que causa um ambiente urbano de péssima qualidade e que suscita áreas de vulnerabilidades relativas ao abastecimento de água, deslizamentos, enchentes, poluição da água e do ambiente, o que atinge principalmente de forma direta a qualidade ambiental e de forma indireta à qualidade de vida da população.

Apesar da problemática ter fundamentos de formação histórica e social, no entanto, impactos são causados pela desorganização de infraestruturas e de ocupação. Esta situação é verificada na Bacia Hidrográfica do Beberibe, principalmente onde há predominância de morros no médio Beberibe, situado a partir da BR-101, até o seu encontro com o rio Morno, pois essa apresenta os menores índices de atendimento em infraestrutura, além de uma integração urbana restrita, fruto de uma baixa acessibilidade viária, sendo um palco de pobreza localizado no centro da RMR.

Segundo Campos (2003), na bacia do Beberibe existem duas áreas de significativos contrastes: a primeira corresponde ao baixo e ao médio curso do rio, num total de aproximadamente 56 km<sup>2</sup>, estendendo-se desde a BR-101 até a sua foz conjunta com o Capibaribe, encontra-se intensamente ocupada, ocupação esta que se acelerou desde 1930 até os dias atuais com aterros particulares e oficiais dos manguezais do Beberibe, com o início de uma atividade industrial e a desordenada ocupação dos morros e das áreas ribeirinhas, através de assentamentos

espontâneos, tudo isso aliado a uma intervenção fragilizada do poder público no que tange, principalmente, ao saneamento básico, trouxeram conseqüências desastrosas para o rio.

Por outro lado, a segunda área que corresponde ao alto curso da bacia, num total equivalente a 23km<sup>2</sup>, estendendo-se desde as nascentes até a BR-101, encontra-se, ainda, preservada. A sua ocupação se caracteriza por diferentes formas que vão desde áreas periurbanas, com pequenos roçados e vacarias, existência de reservas florestais até chácaras-recreio, clubes de campo e condomínios fechados.

Ainda, segundo o mesmo autor, o modelo de ocupação desordenada na bacia do Beberibe gerou uma intensa degradação do ambiente físico-natural que desestabilizou os sistemas naturais de drenagem provocando, de forma generalizada, uma baixa qualidade do habitat, reduzindo, também, as oportunidades dos moradores de alcançarem uma melhor qualidade de vida.

A problemática degradação do ambiente natural - corte das barreiras, lançamento de esgoto, retirada de areia, ocupações nas margens dos canais fluviais, despejo de lixo, desmatamentos e traçados dos caminhos de acesso - que esquematiza uma relação com o sistema natural de drenagem que gera degradação e a criação de um ambiente urbano de péssima qualidade, expresso na bacia do Beberibe, desestabilizou os sistemas naturais, gerando precárias condições de habitabilidade para amplos setores da população e perdas de valores (especialmente a água) que representam deseconomias para toda a sociedade.

No comentário final do Relatório de Monitoramento de Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco de 2003 da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH evidencia a necessidade premente de controle e fiscalização das fontes responsáveis pelo estado atual das águas da bacia do rio Beberibe.

Foram monitoradas cinco estações. Uma está localizada no rio Morno (BE-30), uma no riacho Lava Tripa (BE-45) e três no rio Beberibe (BE-11, BE-35 e BE-50). No relatório em questão considera-se que:

- A qualidade das águas da bacia do rio Beberibe apresenta-se comprometida em toda a sua extensão monitorada, comprovados por valores de 0,0mg/l de

Oxigênio Dissolvido (OD)<sup>3</sup> e de 19,2mg/l de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)<sup>4</sup>;

- Os níveis de Coliforme Fecal<sup>5</sup> e Fósforo evidenciam o lançamento de esgoto de origem doméstica, em toda a extensão do seu curso;
- Trecho monitorado da bacia caracteriza-se por águas doces.

No relatório de 2012 a CPRH novamente evidencia a necessidade premente de controle e fiscalização das fontes responsáveis pelo estado atual das águas da bacia do rio Beberibe.

Foram monitoradas a zona homogênea habitacional rarefeita, com duas estações de amostragem e a zona homogênea habitacional densa com três estações de amostragem. No relatório em questão considera-se que:

- Observa-se o comprometimento da qualidade da água na zona homogênea de habitação densa, devido ao lançamento de esgoto de origem doméstica, apresentando valores de OD abaixo do limite para as águas doces (OD<2mg/L), em todo o período amostrado, segundo a Resolução do CONAMA 357/05, com algumas ocorrências de ausência de oxigênio (OD=0,0mg/L), bem como por valores desconformes de DBO, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes;
- Nas estações BE-01 (nascente) e BE-09 (captação da Compesa em Guabiraba) por estarem localizadas em áreas de surgência, observa-se pH ácido com valores de <6,0, principalmente para a estação BE-01. Baixos valores de OD na nascente indicam aporte de água subterrânea;
- O Índice de Qualidade da Água (IQA) da água localizada na captação para abastecimento da COMPESA (BE-09) apresentou-se boa em todo período avaliado. Na nascente (BE-01), a qualidade da água para abastecimento também manteve-se boa na maior parte do tempo, exceto em junho, quando a qualidade apresentou-se aceitável;

---

<sup>3</sup> A deflexão de OD na água é um indicador de suas condições de poluição por matéria orgânica.

<sup>4</sup> O DBO de uma água indica a quantidade de oxigênio molecular necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia em uma forma inorgânica estável.

<sup>5</sup> As bactérias do grupo Coliforme Termotolerante são utilizadas para indicar contaminação fecal, do solo e para medir a magnitude desta contribuição.

- Com relação à classe de estado trófico e suas características principais (Tabela 01) referentes ao Índice do Estado Trófico (IET)<sup>6</sup>, na nascente e na captação observou-se a variação entre o estado ultraoligotrófico e mesotrófico, com predomínio deste último na nascente e, do estado oligotrófico, na captação. Na zona homogênea de habitação densa, observa-se variação entre supereutrófico e hipereutrófico, tendo como situação mais freqüente hipereutrófico;
- Quanto à ecotoxicidade, observou-se efeito tóxico agudo no mês de dezembro, no Rio Morno (BE-30) e, no mês de outubro, no riacho Lava Tripa (BE-45) e nos meses de abril, junho, agosto, outubro e dezembro na estação localizada no rio Beberibe (BE-50), indicando contaminação por agente químico;
- A bacia do rio Beberibe caracteriza-se por águas doces, com baixo potencial para salinização do solo.

Com o uso dos dados do Atlas Municipal de Desenvolvimento Humano no Recife de 2005, alguns deles presentes na tabela 02, foi identificada como insatisfatória a qualidade da condição sócio-econômica e sócio-cultural já que é baixa a média de anos dos estudos dos responsáveis pelo domicílio do sexo masculino (2000) e a renda média dos responsáveis pelo domicílio do sexo masculino (2000). Ainda agravada pelas situações observadas no ano de 2008, ilustradas nas figuras 14,15 e 16 respectivamente, da regularização fundiária que não atendem as necessidades básicas da população e por uma infraestrutura urbana (água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem) onde os esgotos e resíduos sólidos são despejados *in natura* no rio Beberibe, o que não satisfaz um bom padrão de vida.

---

<sup>6</sup> O Índice do Estado Trófico tem por objetivo classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, assim, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. As macrófitas podem crescer em condições ótimas de luz e nutrientes causando inúmeros problemas ambientais e na qualidade da água como: prejuízos ao abastecimento de água, à navegação, aos usos múltiplos dos reservatórios, entre outros.

Tabela 01 – Índice do Estado Trófico (IET).

| Valor do IET  | Classes de Estado Trófico | Características  |
|---------------|---------------------------|--|
| = 47          | Ultraoligotrófico         | Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.  |
| 47 < IET = 52 | Oligotrófico              | Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.   |
| 52 < IET = 59 | Mesotrófico               | Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.  |
| 59 < IET = 63 | Eutrófico                 | Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.              |
| 63 < IET = 67 | Supereutrófico            | Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos       |
| > 67          | Hipereutrófico            | Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades ribeirinhas. |

Fonte: LAMPARELLI (2004).

Tabela 02 – Bairros de Dois Unidos e Passarinho: Relações Sócio-Culturais e Infraestrutura Urbana.

| <b>Bairro</b> | <b>Média de anos de estudo dos responsáveis pelo domicílio do sexo masculino, 2000</b> | <b>Renda média dos responsáveis pelo domicílio do sexo masculino, 2000</b> | <b>Número médio de banheiros, 2000</b> | <b>Percentual de pessoas que vivem em domicílios com instalação sanitária, 2000</b> | <b>Percentual de pessoas que vivem em domicílios urbanos com coleta de lixo, 2000</b> | <b>Média de moradores por domicílios, 2000</b> | <b>População residente total, 2000</b> |
|---------------|--|--|--|---|---|--|--|
| Dois Unidos   | 4,13   | 306,42   | 0,95                                   | 96,82   | 91,24   | 4,12   | 27,228                                 |
| Passarinho    | 3,75   | 227,93   | 0,80                                   | 91,41   | 79,35   | 4,18   | 15,426                                 |

Fonte: Atlas Municipal de Desenvolvimento Humano no Recife de 2005.

Figura 14 – Regularização fundiária no leito do rio Beberibe que não atendem as necessidades básicas da população, bairro Dois Unidos.



Fonte: Imagem do autor, 2008.

Figura 15 – Esgotos despejados *in natura* no rio Beberibe, bairro de Passarinho.



Fonte: Imagem do autor, 2008.

Figura 16 – Resíduos sólidos são despejados *in natura* no rio Beberibe, bairro de Passarinho.



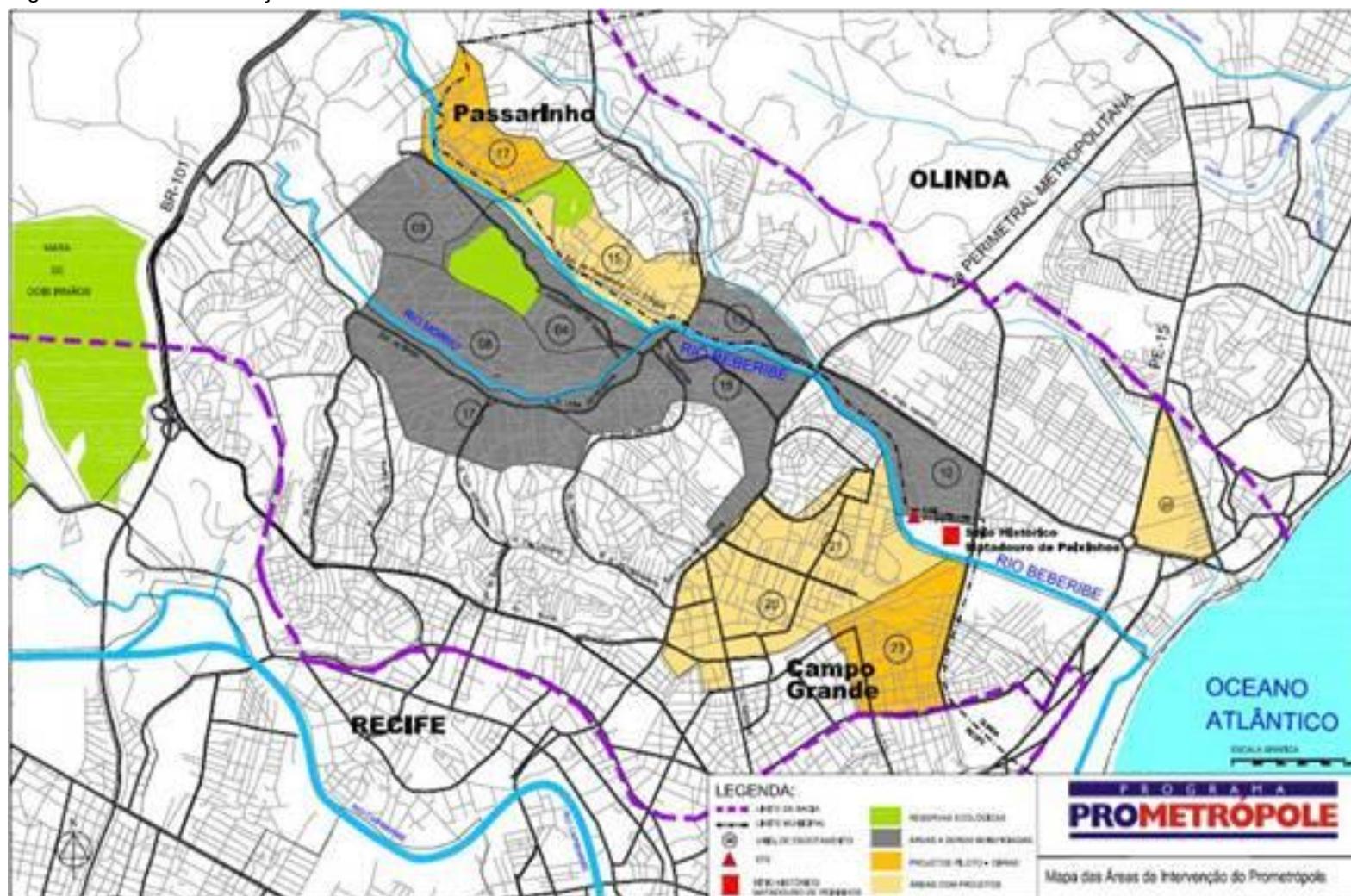
Fonte: Imagem do autor, 2008.

### 3.8 O Programa de Infraestrutura em Áreas de Baixa Renda da Região Metropolitana do Recife – PROMETRÓPOLE

O programa PROMETRÓPOLE do Governo do Estado executado pela Agência CONDEPE/FIDEM, em cooperação com a COMPESA e com diversas entidades da administração direta e indireta das Prefeituras do Recife e de Olinda, tem como foco principal de atuação as áreas onde estão concentradas as comunidades pobres da Região Metropolitana do Recife, inseridas na área da Bacia do rio Beberibe, figura 17, e a promoção de melhorias das condições de habitabilidade e de desenvolvimento comunitário dessas comunidades, contribuindo para a redução da pobreza e para a melhoria da qualidade ambiental da Região Metropolitana do Recife.

A identificação desta área para a aplicação dos recursos do PROMETRÓPOLE partiu de demanda do Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife - CONDERM, por ser um bolsão de pobreza localizado no centro da RMR, cuja população tende a manter-se no local, garantindo em longo prazo o atendimento àqueles realmente carentes. A área selecionada pelo PROMETRÓPOLE é bastante carente de áreas verdes públicas e de lazer, seja na forma de praças, de parques ou de equipamentos sociais.

Figura 17 – Área de atuação do PROMETRÓPOLE.



Fonte: Prefeitura da Cidade do Recife.

A unidade de intervenção básica para as ações integradas de urbanização, adotada pelo PROMETRÓPOLE, é a UE - Unidade de Esgotamento - na forma e limites definidos nos "Estudos de Esgotamento Sanitário", representado pela figura 18, do Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica das Bacias dos rios Beberibe, Capibaribe, Jaboatão e Ipojuca - PQA/PE (SEPLAN/PE, 1997). A Unidade de Esgotamento é uma área contínua formando uma única sub-bacia de coleta de esgotos e de drenagem, permitindo soluções lógicas e integradas, do ponto de vista de infraestrutura urbana e de melhorias ambientais potencializáveis. Assim, serão beneficiados não apenas os moradores das áreas de pobreza crítica, mas o conjunto da população localizada na UE.

Figura 18 – Programa PROMETRÓPOLE: localização das áreas de intervenção.



Fonte: <http://www2.prometropole.pe.gov.br/web/prometropole/areas-de-intervencao>.

O objetivo geral do programa é promover a melhoria nas condições de habitabilidade de comunidades pobres, inseridas na área da Bacia do Beberibe, através de ações integradas de infraestrutura urbana e da ampliação e melhoria dos serviços prestados a essas comunidades.

Os objetivos específicos são: urbanização de 13 micro bacias, ou seja 13 UEs, habitadas por população de baixa renda e ocupadas desordenadamente, através da implantação de obras físicas em infraestruturas urbanas locais de pavimentação, drenagem, saneamento (água, esgoto e resíduos sólidos), terraplanagem e contenção de encostas, áreas de lazer e equipamentos de uso comunitário.

Complementarmente às intervenções locais, serão também realizadas ações de cunho supra-local e metropolitano, que visem objetivos mais amplos, mas que tenham influência direta sobre as populações carentes que habitam essas áreas pobres.

O Programa abrange, também, ações de fortalecimento institucional e comunitário, visando o aperfeiçoamento dos processos de planejamento, execução e gerenciamento de resultados para garantir a sustentabilidade e subsidiar ações futuras.

Esse combate à pobreza se dará com a implementação de ações integradas de infraestrutura urbana na ampliação e melhoria dos serviços públicos prestados a essas comunidades e na ampliação dos mecanismos de regularização fundiária. Está prevista, ainda, a implantação de equipamentos de uso coletivo e de caráter metropolitano. O prazo previsto para a execução do PROMETRÓPOLE é de cinco anos, contados a partir de julho de 2003.

Os dados técnicos do PROMETRÓPOLE constituem no financiamento total de US\$: 84 milhões, sendo: 46 milhões do Banco Mundial, 21 milhões do Governo do Estado de Pernambuco, 13,5 milhões da Prefeitura da Cidade do Recife e 3,5 milhões da Prefeitura Municipal de Olinda.

Com 5 anos de prazo para realização e 154 mil habitantes beneficiados, sendo 110 mil habitantes em Recife e 44 mil, em Olinda.

As entidades envolvidas da Prefeitura da Cidade do Recife que o compõem são a Autarquia de Saneamento - SANEAR e Secretaria de Planejamento Participativo.

Da Prefeitura Municipal de Olinda a Secretaria de Planejamento e do Governo do Estado de Pernambuco a Agência CONDEPE/FIDEM, COMPESA, EMHAPE e SEIN.

#### 4 Capítulo 4: Sistema Hídrico no Ambiente Urbano

---

Os objetivos na prática da drenagem urbana têm sido bastante simples, em geral voltados apenas para o dimensionamento de galerias, bueiros e canais destinados à rápida remoção dos volumes de água de origem pluvial que causam enormes transtornos, tais como a erosão em vales receptores.

A metodologia nesses casos comumente tem recaído na determinação de uma vazão de projeto associada a uma probabilidade de ocorrência preestabelecida. Os métodos estatísticos de obtenção de vazões de enchentes e que utilizam séries históricas de vazão observada, procedimento comum em bacias naturais, não podem ser aplicados a bacias urbanas, não só pela escassez de dados como também pela sua heterogeneidade estatística. (FENDRICH *et. all*, 1997).

Durante muito tempo o objetivo principal da drenagem urbana foi remover as águas pluviais em excesso da forma mais eficiente possível para evitar transtornos, prejuízos e riscos de inundações. (PORTO *et. all. Apud* TUCCI 2013).

Drenagem urbana é entendida neste trabalho no seu sentido mais amplo, conforme a definição de Porto:

Como o conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável (PORTO *et. all. Apud* TUCCI 2013).

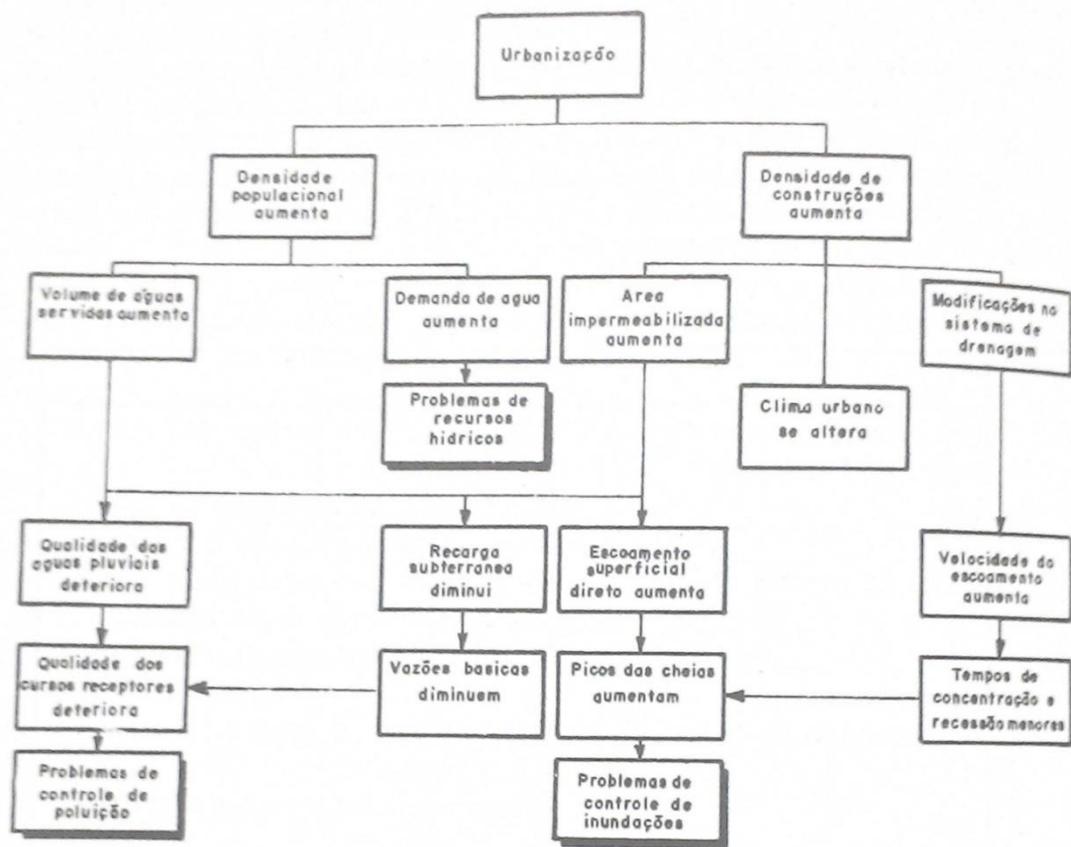
Os principais sistemas relacionados com a água no ambiente urbano são: mananciais de águas, abastecimento de água; saneamento de efluentes cloacais; controle da drenagem urbana e controle das inundações ribeirinhas. (TUCCI, 2003). Segundo o mesmo autor os principais sistemas relacionados com a água no ambiente urbano podem ser caracterizados da seguinte forma:

- Os mananciais de água urbana são as fontes de água para abastecimento humano, animal e industrial. Estas podem ser superficiais e subterrâneas;
- Os superficiais são os rios próximos as comunidades e os subterrâneos são os aquíferos que armazenam água no subsolo;

- O abastecimento de água envolve a utilização da água disponível no manancial que é transportada até a estação de tratamento de água (ETA) e depois distribuída a população por uma rede;
- O saneamento de efluentes cloacais é o sistema de coleta dos efluentes residenciais, comerciais e industriais, o transporte deste volume seu tratamento numa estação de tratamento de esgoto (ETE) e despejo da água tratada de volta ao sistema hídrico;
- A drenagem urbana envolve a rede de coleta de água e resíduos sólidos. Os sistemas de drenagem são determinados na fonte, na microdrenagem e na macrodrenagem. A drenagem na fonte é definida por pelo escoamento que ocorre no lote, condomínio ou empreendimento individualizado, estacionamentos, parques e passeios. A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais a nível de loteamento ou de rede primária urbana e a macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem;
- O controle das inundações ribeirinhas envolve evitar com que a população seja atingida pelas inundações naturais.

A figura 19 mostra como se inter-relacionam os diversos processos relacionados a drenagem urbana que ocorrem em uma área urbana.

Figura 19 – Inter-relações de diversos processos relacionados a drenagem urbana que ocorrem em uma área urbana.



Fonte: Hall (1984 Apud TUCCI, 2013).

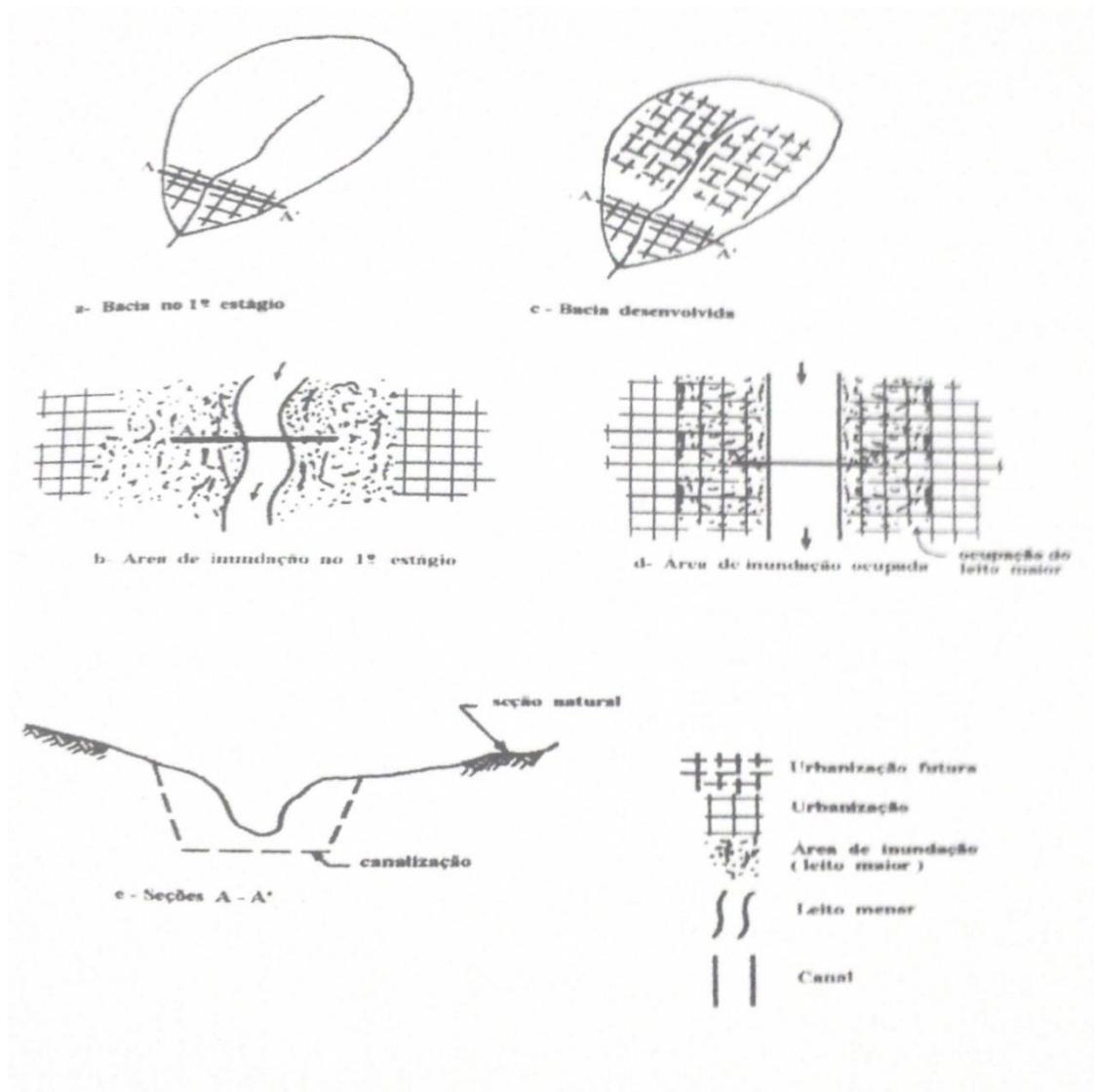
#### 4.1 Ocupação de Áreas Ribeirinhas e Projetos de Drenagem

Com o passar dos anos, as áreas consideradas de várzeas do rio, ao não serem ocupadas com constância ou mesmo apenas em um evento significativo de forte chuva, passam a serem consideradas pela população excluída, como um local capaz de atender sua necessidade básica de moradia. Normalmente são áreas em que a especulação imobiliária não tem qualquer interesse imediato. São estas áreas que são tomadas do rio, riacho e lagoas.

O fato da ocupação de áreas ribeirinhas resulta na disposição inadequada dos esgotos cloacais, pluviais e resíduos sólidos, erosão e como consequência desses resultados a contaminação dos mananciais superficiais, subterrâneos, redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e inundações.

O fato dos projetos de drenagem urbana inadequados, representado na figura 20, resulta, na microdrenagem a impermeabilização do solo, na macrodrenagem em medidas estruturais intensivas e como consequência desses resultados na microdrenagem a redução da infiltração das águas pluviais, aumento e aceleração do escoamento superficial e o acréscimo das vazões máximas, na macrodrenagem a transferência das inundações de um ponto para outro da bacia.

Figura 20 – Ocupação de áreas ribeirinhas e projeto de drenagem urbana inadequados.



Fonte: Tucci (2003).

#### 4.1.1 A Disposição Inadequada dos Esgotos Cloacais, Pluviais e Resíduos Sólidos

O despejo *in natura* dos esgotos cloacais diretamente nos rios ou nos canais ligados à rede de esgotamento pluvial sem nenhum tratamento afluem para os rios o depósito de resíduos sólidos urbanos nas águas e nos sistemas de drenagem.

Tucci (2003) ressalta três estágios distintos da produção de material sólido na drenagem urbana:

- Estágio inicial, quando ocorre modificação da cobertura da bacia, pela retirada da sua proteção natural, o solo fica desprotegido e a erosão aumenta no período chuvoso, aumentando também a produção de sedimentos;
- Estágio intermediário, parte da população está estabelecida e ainda existe importante movimentação de terra devido a novas construções. A produção de lixo se soma ao processo de produção de sedimentos;
- Estágio final, praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas e apenas resulta produção de lixo urbano, com menor parcela de sedimentos de algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada.

#### 4.1.2 Erosão

Segundo Fendrich (1997) a erosão é um processo que se traduz na desagregação, transporte e deposição do solo, subsolo e rocha em decomposição, pelas águas, ventos ou geleiras. Já, Ellison (1947 *apud* LOPES 1980) define como “um processo de desprendimento e transporte das partículas sólidas do solo pelos agentes erosivos”.

A erosão é comumente diferenciada de acordo com o tipo, formas ou origem (por embate, laminar, em córrego, em sulcos profundos ou ravinas, etc.), agente erosivo (vento, água, gelo, gravidade, etc.) e natureza (geológica e acelerada).

Para Tucci (1995) A erosão do solo pode ser de natureza eólica ou hídrica, a primeira, é produzida pela ação aerodinâmica, que faz com que as partículas sobre a superfície do solo desprendam-se e mantenham-se em suspensão pela ação turbulenta do escoamento, transportadas até que haja condições de deposição. A

segunda forma é de natureza mais complexa e envolvendo diversas fases, descritas das seguintes formas pelo autor:

- A primeira fase da erosão superficial corresponde aos impactos das gotas de chuva. Existe, nessa fase, um primeiro efeito de desagregação das partículas do solo, e um segundo, de expulsão desse material do local de origem, expondo-o às ações hidrodinâmicas do escoamento superficial;
- Quando as precipitações superam a capacidade de infiltração, inicia-se o escoamento superficial, que devido, predominantemente, às forças trativas do escoamento, produz uma erosão superficial, em camadas delgadas, em toda a área. A intensidade desse tipo de erosão não é muito acentuada, porém, devido a sua abrangência, acaba, produzindo contribuições sólidas consideráveis. Essa fase é denominada de erosão laminar.

A erosão em sulco, conforme Tucci (1995), resulta da concentração do escoamento em caminhos preferenciais. Produz-se, então um grande aumento dos esforços cortantes sobre o solo e, conseqüentemente, da capacidade de transporte, resultando no aprofundamento desses sulcos.

Quando a erosão em sulco não é tratada e se desenvolve, pode atingir grandes proporções, com a formação de ravinas. Se a erosão produzir aprofundamentos, a ponto de atingir o nível do lençol freático, podem ocorrer grandes escorregamentos, principalmente se o material do substrato for arenoso, por efeito de erosões tubulares. A essa fase de erosão, comumente, denomina-se voçoroca.

Ao contrário da erosão laminar, que apresenta baixas taxas de erosão específica, mas tem um caráter mais extensivo, essas últimas formas de erosão (sulcos, ravinas e voçorocas) têm intensidade mais acentuadas, mas são localizadas. Em particular, a erosão na fase da voçoroca é a mais agressiva

Conforme Fendrich (1997) agente de erosão é aquele que desenvolve o processo de erosão, que desagrega, transporta e deposita os materiais. Os mais importantes agentes de erosão são: água, ventos e geleiras, levando-se em conta os agentes, pode-se distribuir a erosão acelerada baseada na tabela 03.

Tabela 03 – Tipos de erosão conforme os agentes causadores.

| <b>ÁGUA</b>      | <b>VENTO</b> | <b>GELEIRA</b> |
|------------------|--------------|----------------|
| HÍDRICA PLUVIAL  | EÓLICA       | GLACIAL        |
| HÍDRICA FLUVIAL  |              |                |
| HÍDRICA LACUSTRE |              |                |
| HÍDRICA MARINHA  |              |                |

Fonte: Adaptado de Fendrich (1997)

Erosão acelerada pode ser definida como aumento da taxa de erosão sobre a erosão geológica ou normal, em decorrência da quebra do equilíbrio do meio ambiente pelas atividades humanas, principalmente as advindas das alterações conduzidas na cobertura vegetal e o processo de erosão torna-se grandemente acelerado, e a produção de sedimentos aumenta assustadoramente. Sedimento é o produto da erosão e o termo se aplica geralmente ao material erodido que foi transportado e depositado pela água, mas algumas vezes, é também, usado para denotar o material depositado pelo vento, gelo e outros agentes (Fendrich, 1997).

O mesmo autor define erosão geológica ou normal como a erosão que normalmente ocorre na superfície terrestre, sob condições naturais ou não, e inclui os processos de desagregação e remoção de materiais pelo vento, água, gelo e gravidade.

Segundo Fendrich (1997) os fatores condicionantes da erosão são:

- O fator topográfico: influi muito na velocidade de formação e desenvolvimento nos locais que apresentam maior densidade de drenagem;
- O fator clima: com base no Índice de Classificação Internacional de Climas de Koeppen (1948) cujas regiões mais atingidas pela erosão são caracterizadas pelas classes de clima úmido, tropical quente e temperado, (Cwa e Aw) e Cfa com inverno seco e verão chuvoso;
- O fator humano: retirada da cobertura vegetal, por meio de derrubadas de matas, queimadas e capinas; agricultura praticada irracionalmente, com manuseio impróprio e culturas esgotantes, plantio morro abaixo, etc. Formação de pastos com alta densidade de animais, proporcionando o excessivo pisoteio em determinadas direções, formando trilhas pela

passagem dos animais na busca de água nos talwegues inferiores; abertura de valetas com finalidade de dividir e separar áreas, proteger culturas e propriedades em geral. Abertura de estradas sem o devido cuidado na execução das necessárias obras de drenagem para coletar, transportar e restituir as águas captadas e acumuladas; execução de loteamentos sem práticas e normas racionais de conservação do solo e de controle da erosão.

A extensão da erosão, ou seja, a quantidade de sedimentos produzidos depende, sobretudo, das propriedades do solo, clima, vegetação, topografia e de outras condições:

- A cobertura vegetal influencia a erosão mais que qualquer outro fator físico individual, no que se refere a vegetação como: quanto mais coberto o solo, menor a erosão, a planta protege o solo em três níveis: copada (folhas, ramos, etc.), superfície do solo (tronco e raízes afloradas) e interior do solo (raízes). A vegetação acrescenta matéria orgânica aos solos, tornando-os porosos, facilitando a penetração e retenção da água. As raízes das plantas enterradas no solo quando morrem deixam galerias que facilitam a penetração da água. As plantas tiram água do solo e as lançam na atmosfera através da transpiração.
- Desta forma, a planta pelas raízes e copadas amortecem a queda das gotas d'água diminuindo o impacto sobre o solo, pelos seus troncos e raízes dificulta o caminhamento das águas obrigando a se infiltrar lentamente e evitando que ganhem velocidade, pelas suas raízes aumentam a resistência do solo dificultando a sua soltura e arraste, pela incorporação de matéria orgânica e abertura de galerias pelas raízes dão ao solo condições para melhor absorver e reter água;
- A intensidade da chuva e efeitos como: a destacabilidade do solo pelo impacto das gotas de chuvas; desagregabilidade do solo superficial pelo escoamento superficial direto devido à chuva efetiva; capacidade transportadora da chuva; capacidade de provocar o deslizamento e quedas de maciços arenosos no pé dos taludes; a parcela do escoamento superficial

excedente a após a chuva haver satisfeito a capacidade de infiltração do solo atua intensamente no terreno durante alguns minutos e também ao longo dos períodos de chuva; as chuvas mais intensas causam mais danos que as chuvas moderadas;

- O tipo de solo e sua condição quanto ao conteúdo de umidade presente e sua permeabilidade, são também fatores contribuintes da maior importância. Os solos arenosos sofrem mais a ação das águas por não serem bem estruturados e por possuírem pequena resistência à força de arrasto, formando grandes enxurradas. Já nos solos argilosos a infiltração é menor que nos solos arenosos, acarretando, também, grandes volumes de enxurradas, mas com menor arrastamento, pois em geral, possuem maior coesão entre as partículas.

#### 4.1.3 A Contaminação dos Mananciais Superficiais, Subterrâneos e Obstrução dos Fluxos de Águas

A contaminação das águas superficiais e subterrâneas por depósito e transporte de resíduos sólidos que funcionam como fonte permanente de contaminação e de obstrução dos fluxos de águas.

A contaminação pode ocorrer tanto através de despejos dos esgotos cloacais *in natura* ou através da rede de esgotamento pluvial sem nenhum tratamento, carregando enorme quantidade de poluição orgânica e de metais que atingem os rios, nos períodos chuvosos e das águas subterrâneas por despejos através das fossas sépticas, vazamento dos sistemas de esgoto sanitário e pluvial.

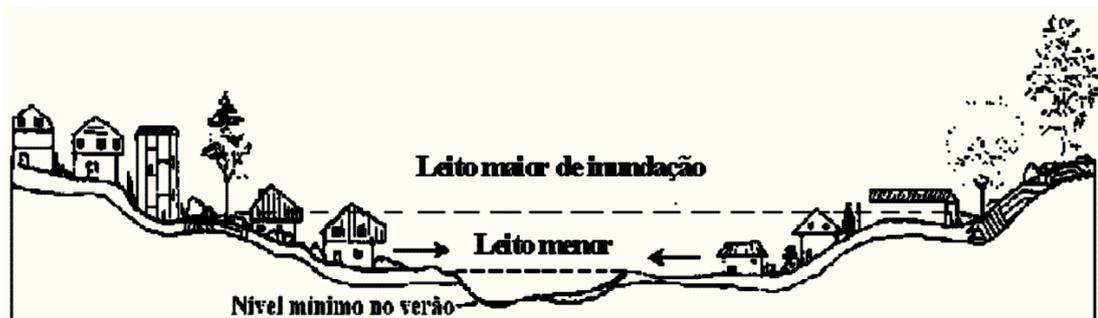
#### 4.1.4 Inundações de Áreas Ribeirinhas

Os rios comumente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoia na maior parte do tempo e o leito maior, figura 21, que é inundado geralmente entre 1,5 e 2 anos. Segundo Tucci (2003), estas enchentes ocorrem no processo natural do ciclo hidrológico e a várzea de inundação de um rio cresce significativamente nos seus cursos médio e baixo, onde a declividade se reduz e aumenta a incidência de áreas planas.

Quando a precipitação é intensa e a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio é superior à sua capacidade de drenagem, ou seja, da sua calha normal, resulta em inundações ribeirinhas. As inundações também podem ser geradas pelo uso incorreto do solo ou obras hidráulicas.

Enquanto Tucci (2003) utiliza de forma concomitante os termos inundações e enchente, Valente (2009) diferencia-os da seguinte forma: quando a vazão do rio extravasa a calha, ocupando o leito maior, temos as *enchentes*, fenômenos completamente naturais, mas quando estas áreas estão ocupadas por construções ou plantações ocorrem *inundações*.

Figura 21 - Características dos leitos do rio.



Fonte: Tucci (2003).

Quando a população ocupa o leito maior, que são áreas de riscos, ganha confiança e despreza o risco, aumentando significativamente o investimento e densificação das áreas inundáveis, as inundações assumem características catastróficas, Tucci (2003) destaca os principais impactos sobre esta população:

- Prejuízos de perdas materiais e humanas;
- Interrupção da atividade econômica das áreas inundadas;
- Contaminação por doenças de veiculação hídrica;
- Contaminação da água pela inundação de depósito de material tóxicos, estação de tratamento entre outros.

#### 4.1.5 Na Microdrenagem a Impermeabilização do Solo, na Macrodrenagem em Medidas Estruturais Intensivas

Na microdrenagem observa-se a impermeabilização através dos asfaltamentos, calçamentos de ruas e calçadas e da própria construção de edificações.

Na macrodrenagem em medidas estruturais intensivas como tendência a canalização dos trechos críticos da bacia e aprofundamento do canal.

Segundo Canholi (2005) as medidas estruturais correspondem às obras que podem ser implantadas, visando à correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes de enchentes. O mesmo autor caracteriza as medidas estruturais intensivas de acordo com o seu objetivo, podendo ser de quatro tipos:

- I. De aceleração do escoamento: canalização e obras correlatas;
- II. De retardamento do fluxo: reservatório (bacia de detenção/retenção), restauração de calhas naturais;
- III. De desvio do escoamento: túneis de derivação e canais de desvio;
- IV. Que englobem a introdução de ações individuais visando tornar as edificações à prova de enchentes.

Canholi (2005) ainda caracteriza a canalização em sua função como remoção rápida dos escoamentos, em componentes principais os canais abertos e galerias e na aplicabilidade a instalação em áreas novas, construção por fases e a ampliação de capacidade pode se tornar difícil em centros urbanos.

#### 4.1.6 Redução da Infiltração das Águas Pluviais, Aumento e Aceleração do Escoamento Superficial e o Acréscimo das Vazões Máximas, a Transferência das Inundações de um Ponto para Outro da Bacia e Custos Financeiros Extremamente Altos

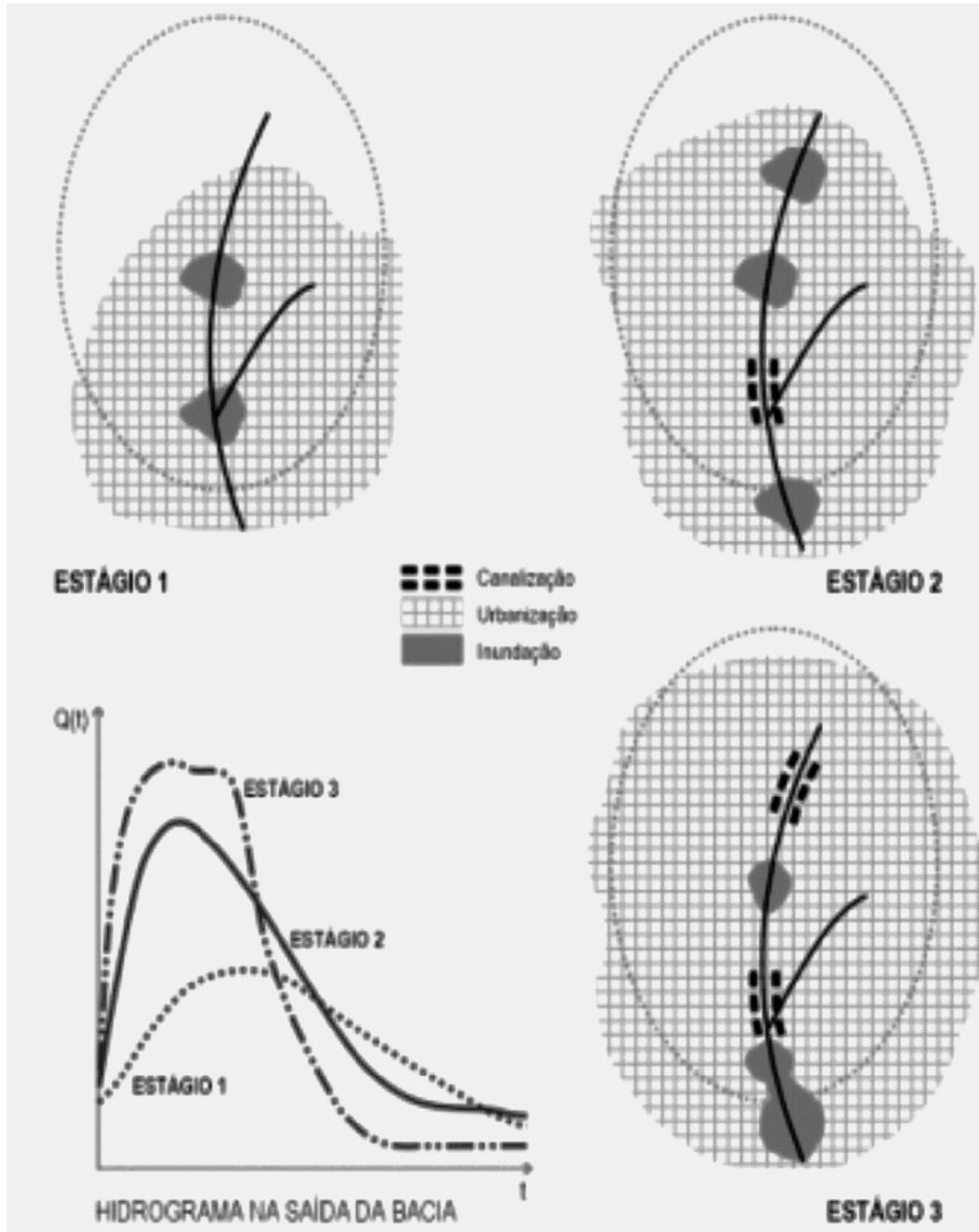
A redução da infiltração das águas pluviais, o aumento e aceleração do escoamento superficial e acréscimo das vazões máximas como resultados da impermeabilização e conseqüentemente em inundações.

Com a tendência da canalização dos trechos críticos da bacia e aprofundamento do canal como medidas estruturais intensivas na macrodrenagem acaba apenas transferindo as inundações de um ponto para outro da bacia. Segundo Tucci (2003) em geral este processo ocorre na seguinte seqüência, representado pela figura 22:

- Estágio 1: a bacia começa a ser urbanizada de forma distribuída, com maior densificação a jusante, aparecendo, no leito natural, os locais de inundação devido aos estrangulamentos naturais ao longo do seu curso;
- Estágio 2: as primeiras canalizações são executadas a jusante, com base na urbanização atual; com isso, o hidrograma a jusante aumenta, mas é ainda contido pelas áreas que inundam a montante e porque a bacia não está totalmente densificada;
- Estágio 3: com a maior densificação, a pressão pública faz com os administradores continuem o processo de canalização para montante. Quando o processo se completa, ou mesmo antes, as inundações retornam a jusante, devido ao aumento da vazão máxima, quando esta não tem mais condições de ser ampliada. As áreas de montante funcionavam como reservatórios de amortecimento. Neste estágio, a canalização simplesmente transfere a inundação para jusante.

Como no estágio 3 já não existem espaços laterais para ampliar os canais a jusante, as soluções convergem para o aprofundamento do canal, com custos extremamente altos, segundo Tucci (2003) esses custos podem chegar a US\$ 50 milhões/km, dependendo do subsolo, largura, revestimento, etc. Ainda o mesmo autor este processo representa um prejuízo extremamente alto para toda sociedade ao longo do tempo pagando cerca de 1000% a mais para um controle que aumenta dramaticamente as inundações.

Figura 22 - Estágios do desenvolvimento da drenagem.



Fonte: Tucci (2003).

## 4.2 O Ciclo de Impactos

Como todos os principais sistemas relacionados com a água no ambiente urbano estão fortemente inter-relacionados e segundo DREW (2002, p.178) a deterioração da qualidade da água é quase inevitável nas cidades, a atividade construtiva multiplica por 50 ou até por 100 a sedimentação e a carga de solutos; os rejeitos das indústrias e dos esgotos fazem elevar tanto a concentração química como o conteúdo orgânico dos rios.

Assim a definição de impacto aparece como fundamental, na literatura técnica segundo MOREIRA (1992 apud SÁNCHEZ 2008) é qualquer alteração no meio ambiente em um ou mais de seus componentes provocada por uma ação humana. Já para WESTMAN (1985 apud. SÁNCHEZ 2008) é o efeito sobre o ecossistema de uma ação induzida pelo homem.

Na legislação brasileira de acordo com Sánchez (2008) é a Resolução CONAMA nº 01/86, que define em seu art 1º “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem:

- I – A saúde, a segurança, e o bem-estar da população;
- II – As atividades sociais e econômicas;
- III – As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- IV – A qualidade dos recursos ambientais.

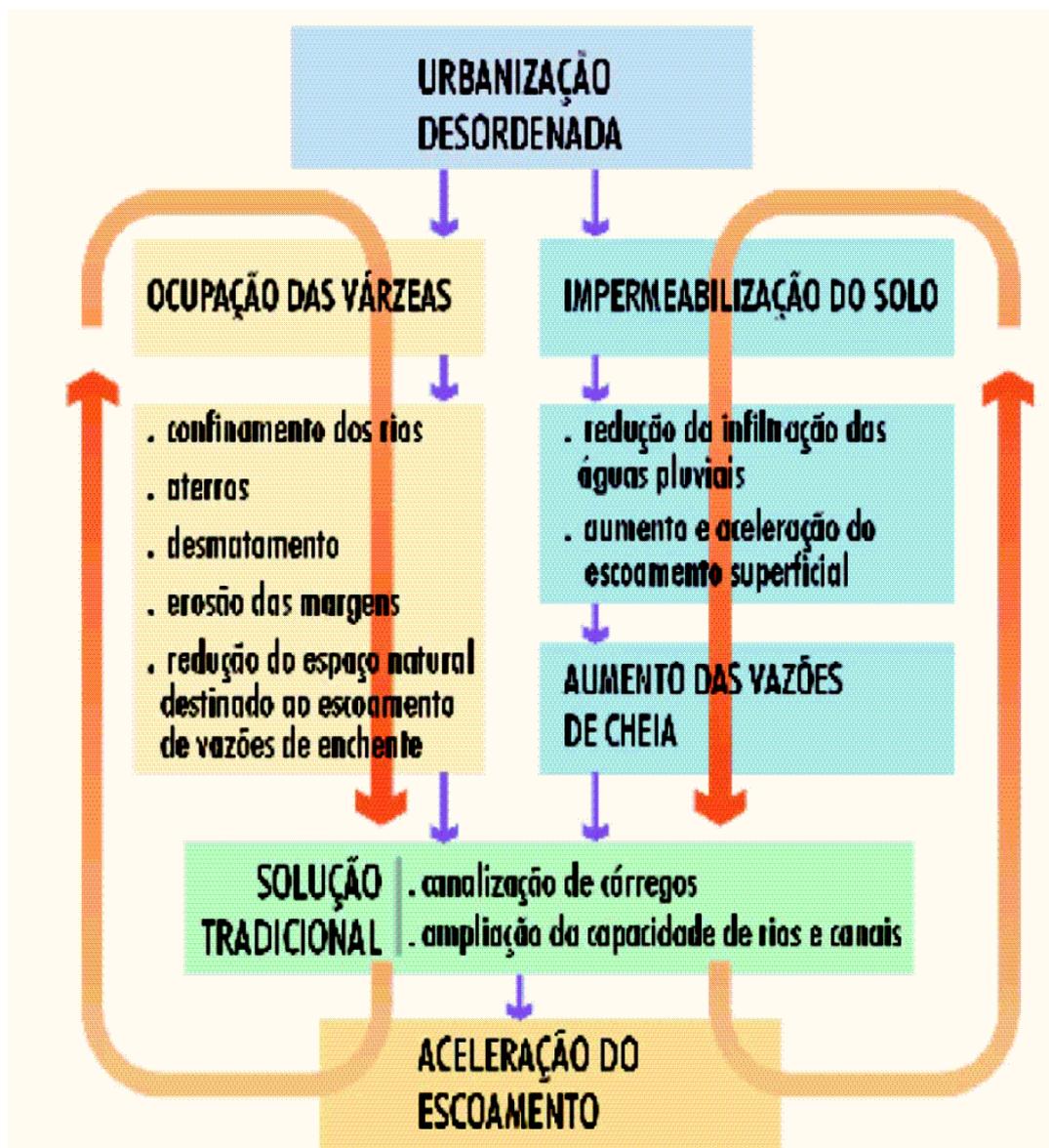
Segundo Tucci (2003) os impactos no aspecto água no meio urbano são, principalmente:

- Ocupação de áreas ribeirinhas;
- Disposição inadequada dos esgotos cloacais, pluviais e resíduos sólidos;
- Contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos com os efluentes urbanos como o esgoto cloacal, pluvial e os resíduos sólidos;
- Erosão;
- Inundações.

O fato da ocupação de áreas ribeirinhas resulta na disposição inadequada dos esgotos cloacais, pluviais e resíduos sólidos, erosão e, como consequência a contaminação dos mananciais superficiais, subterrâneos, redução da capacidade de escoamento de condutos, de rios e inundações.

O fato dos projetos de drenagem urbana inadequados resultar em termos de microdrenagem na impermeabilização do solo e na macrodrenagem em medidas estruturais intensivas. Como consequência, na a transferência das inundações de um ponto para outro da bacia, nos quais, conforme a figura 23, esses conjuntos de processos se originam no uso desordenado do solo e culmina com a aceleração do escoamento na drenagem.

Figura 23 - Ciclo de impactos da ocupação de áreas ribeirinhas.

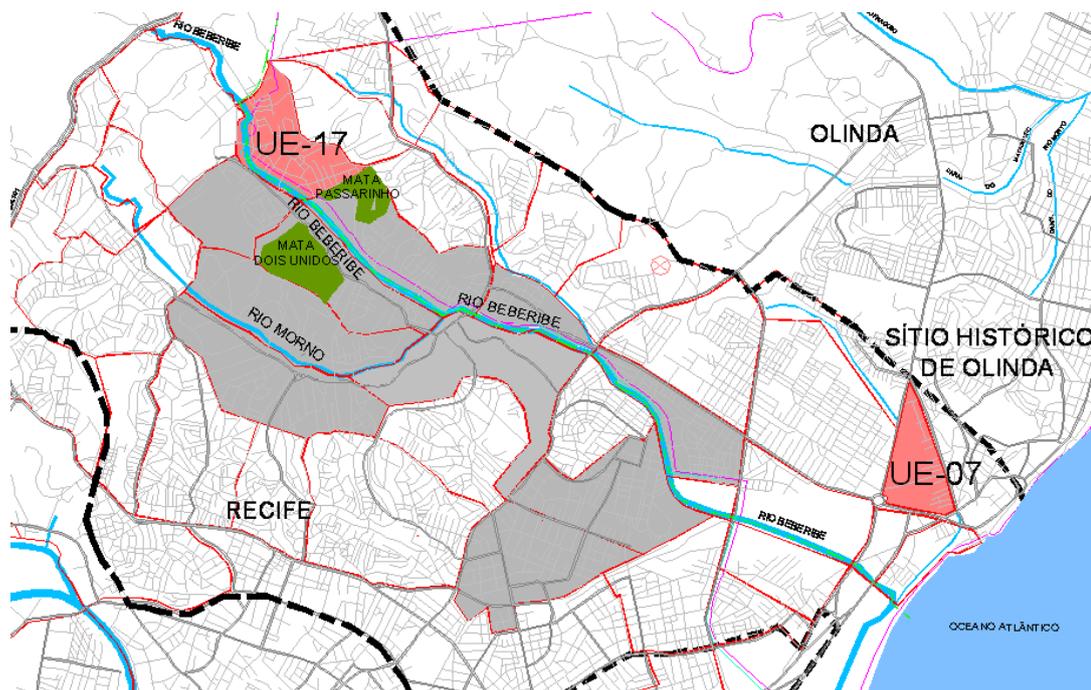


Fonte: Tucci (2003) apud Sudersha (2002).

## 5 Capítulo 5: A Unidade de Esgotamento 17 (UE17)

A Unidade de Esgotamento 17 (UE17), ilustrada na figura 24, zona-piloto do PROMETRÓPOLE está localizada no bairro de Passarinho, área limítrofe entre os municípios de Recife e Olinda, tendo como vizinho os bairros de Dois Unidos e separada deste pelo canal principal do rio Beberibe.

Figura 24 - Unidade de Esgotamento 17 (UE 17).



Fonte: Prefeitura Municipal de Olinda, 2005.

Com relação ao uso do solo, caracteriza-se por uma ocupação no leito do rio Beberibe, figura 25 e 26, e em área de morro, figura 27, sendo estes dois, elementos marcantes na definição dos limites da área. A UE17 segundo a Prefeitura Municipal de Olinda (2006) apresenta densidade de ocupação média da ordem de 90 a 95 hab/ha e uso do solo predominante é o residencial com poucos estabelecimentos comerciais de pequeno porte.

Figura 25 - Ocupação no leito do rio Beberibe, UE17.



Fonte: Imagem do autor, 2012.

Figura 26 - Ocupação no leito do rio Beberibe, UE17.



Fonte: Imagem do autor, 2012.

Figura 27 - Ocupação em área de morro, UE17.



Fonte: Imagem do autor, 2012.

O fato da ocupação do leito é observado na bacia do Beberibe ao longo da UE17 o que resulta na disposição inadequada dos esgotos cloacais, pluviais, resíduos sólidos e erosão.

Estes resultados já eram de conhecimento da Prefeitura Municipal de Olinda (2006) a afirmar: a área não se apresenta coberta por qualquer tipo de sistema público de coleta, tratamento de esgotos sanitários e a rede de micro e macro-drenagem construída na área é também bastante incipiente e pouco representativa, além de apresentar problemas de assoreamento por erosão nos morros, obstrução por lixo ou estrangulamento da calha por habitações.

Ainda segundo a Prefeitura Municipal de Olinda (2006), devido à falta de esgotamento sanitário na maioria das vezes, conforme a tabela 04, a eliminação dos dejetos se dá através das fossas construídas pelos próprios moradores e em alguns casos pela falta de espaço físico a fossa é construída muito próxima do poço de abastecimento de água, já as águas servidas (esgoto cloacal) na maioria das vezes são jogadas na rua ou nas encostas (tabela 05).

Tabela 04 - Imóveis segundo a destinação dos dejetos, UE17.

| <b>Destino do Esgoto</b> | <b>Total</b> | <b>%</b>      |
|--------------------------|--------------|---------------|
| Canal                    | 8            | 0,40          |
| Direto na Galeria        | 27           | 1,35          |
| Direto na Rede Geral     | 8            | 0,40          |
| Direto na Rua/Encosta    | 109          | 5,44          |
| Ligado a Fossa           | 1785         | 89,16         |
| Não tem                  | 53           | 2,65          |
| Rio                      | 12           | 0,60          |
| <b>TOTAL</b>             | <b>2002</b>  | <b>100,00</b> |

Fonte: Prefeitura Municipal de Olinda (2006).

Tabela 05 - Imóveis segundo destino das águas servidas, UE17.

| <b>Destino das Águas Servidas</b> | <b>Total</b> | <b>%</b>      |
|-----------------------------------|--------------|---------------|
| Canal                             | 9            | 0,45          |
| Direto na Rede Geral              | 43           | 2,15          |
| Direto na Rua/Encosta             | 1697         | 84,77         |
| Ligado a Fossa                    | 81           | 4,05          |
| Ligado a Galeria                  | 116          | 5,79          |
| Não tem                           | 42           | 2,10          |
| Rio                               | 14           | 0,70          |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>2002</b>  | <b>100,00</b> |

Fonte: Prefeitura Municipal de Olinda (2006).

E de acordo com informações da Prefeitura Municipal de Olinda (2006) 5,2% das famílias não dispõem instalações sanitárias, 6,0% compartilham o uso do sanitário e 8,5% o sanitário é fora da casa, conforme a tabela 06.

Tabela 06 - Imóveis segundo as instalações sanitárias, UE17.

| <b>Instalações Sanitárias</b>             | <b>Total</b> | <b>%</b>      |
|---|--------------|---------------|
| Individual Dentro de Casa                 | 1604         | 80,12         |
| Individual Dentro de Casa e outro<br>Fora | 1            | 0,05          |
| Individual Fora de Casa                   | 173          | 8,64          |
| Não Tem                                   | 110          | 5,49          |
| Sanitário Coletivo                        | 114          | 5,69          |
| <b>TOTAL</b>                              | <b>2002</b>  | <b>100,00</b> |

Fonte: Prefeitura Municipal de Olinda (2006).

A disposição de esgoto cloacal e pluvial diretamente no rio ou por meio de canal ou das calhas da rede de esgotamento que afluem para o rio Beberibe é visualizada nas figuras 28 e 29.

Figura 28 – Destino da disposição de esgoto cloacal e pluvial, UE17.



Fonte: Imagem do autor, 2012.

Figura 29 – Destino da disposição de esgoto cloacal e pluvial, UE17.



Fonte: Imagem do autor, 2012.

O depósito de resíduos sólidos no leito do rio é representado pelas figuras 30, 31, tabelas 07 e 08 das quais:

Figura 30 - Disposição de resíduos sólidos no leito do rio, UE17.



Fonte: Imagem do autor, 2012.

Figura 31 - Disposição de resíduos sólidos no leito do rio, UE17.



Fonte: Imagem do autor, 2012.

Em 2006 67,83% da comunidade informaram não haver serviço de coleta, 13,99% não sabiam, poucos afirmaram que a área dispõe dos serviços de varrição, capinação e coleta hospitalar. No que se refere à frequência do serviço de coleta as respostas expostas ficaram distribuídas quase que igualmente entre alternada, diária e irregular.

Tabela 07 – Imóveis segundo o serviço de coleta do lixo, UE17.

| <b>Serviços de Coleta de Lixo</b> | <b>Total</b> | <b>%</b>      |
|-----------------------------------|--------------|---------------|
| Coleta Hospitalar                 | 2            | 0,10          |
| Não Sabe                          | 280          | 13,99         |
| Não tem                           | 1358         | 67,83         |
| Tem Capinação                     | 268          | 13,39         |
| Tem Varrição                      | 66           | 3,30          |
| Tem Varrição e Capinação          | 28           | 1,40          |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>2002</b>  | <b>100,00</b> |

Fonte: Prefeitura Municipal de Olinda (2006).

Tabela 08 – Imóveis segundo a frequência do serviço de coleta, UE17.

| <b>Frequência do Serviço de Coleta</b> | <b>Total</b> | <b>%</b>      |
|--|--------------|---------------|
| Alternada                              | 496          | 24,78         |
| Diária                                 | 486          | 24,28         |
| Irregular                              | 444          | 22,18         |
| Não sabe                               | 45           | 2,25          |
| Não tem                                | 147          | 7,34          |
| Regular                                | 384          | 19,18         |
| <b>TOTAL</b>                           | <b>2002</b>  | <b>100,00</b> |

Fonte: Prefeitura Municipal de Olinda (2006).

E a erosão, figura 32, através da execução de loteamentos sem práticas e normas racionais de conservação do solo e de controle dos processos erosivos na qual há no leito menor do rio diversas moradias e um curral.

Figura 32 - Fatores humanos condicionantes à erosão, UE17.



Fonte: Imagem do autor, 2012.

Há como conseqüências desses resultados: a contaminação dos mananciais superficiais, redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e inundações. A contaminação dos mananciais superficiais na UE17 ocorre através dos esgotos em precárias condições de saneamento, a falta ou precariedade das instalações sanitárias que depositam o esgoto cloacal e pluvial diretamente no rio por meio de canal ou das calhas da rede de esgotamento. Além dos resíduos sólidos depositado no leito do rio.

Essa contaminação dos mananciais superficiais são ratificadas no relatório<sup>7</sup> de 2012 da CPRH no qual se observa o comprometimento da qualidade da água na zona homogênea de habitação densa, devido ao lançamento de esgoto de origem doméstica, apresentando valores de oxigênio dissolvido abaixo do limite para as águas doces ( $OD < 2\text{mg/L}$ ), em todo o período amostrado, segundo a Resolução do CONAMA 357/05, com algumas ocorrências de ausência de oxigênio ( $OD = 0,0\text{mg/L}$ ), bem como por valores desconformes de DBO, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes.

O fato dos projetos de drenagem urbana inadequados resultar em termos de microdrenagem na impermeabilização do solo e na macrodrenagem em medidas estruturais intensivas como a canalização do trecho da bacia, como observados na figura 33.

Figura 33 - Impermeabilização do solo e canalização do canal, UE17.



Fonte: Imagem do autor, 2012.

<sup>77</sup> A deflexão de OD na água é um indicador de suas condições de poluição por matéria orgânica.

<sup>7</sup> O DBO de uma água indica a quantidade de oxigênio molecular necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia em uma forma inorgânica estável.

<sup>7</sup> As bactérias do grupo Coliforme Termotolerante são utilizadas para indicar contaminação fecal, do solo e para medir a magnitude desta contribuição.

As conseqüências desses resultados na microdrenagem são a redução da infiltração das águas pluviais, aumento e aceleração do escoamento superficial e o acréscimo das vazões máximas. Na macrodrenagem a transferência das inundações de um ponto para outro da bacia e custos financeiros extremamente altos.

Tais conseqüências podem ser transcritos na notícia abaixo do Jornal do Commercio publicada em vinte quatro de março de dois mil e oito, onde se observam os efeitos da inundação sobre a vida dessa população:

A chuva fez os rios Beberibe e Morno transbordarem, ontem, no Recife. Lixo e assoreamento agravaram a situação. Dezenas de famílias ribeirinhas tiveram as residências invadidas. Em Dois Unidos, Zona Norte, o nível do rio Morno chegou a subir 50 centímetros no início da manhã. No bairro de Beberibe, várias ruas permaneciam alagadas mais de três horas depois de as chuvas cessarem. Às 4h, moradores das margens do Morno surpreenderam-se com água dentro de casa. O entregador Maurílio Barros, 37 anos, disse que passou horas tentando convocar a Coordenadoria de Defesa Civil do Recife (Codecir) para acudir os moradores, sem sucesso. "O telefone só chamava e ninguém atendia." Atendentes da Codecir informaram que o serviço funcionou, porém com demanda acima da média. (Jornal do Commercio publicada em 24.03.2008)

As ações no PROMETROPOLE na Unidade de Esgotamento 17, que em relação ao uso do solo se caracteriza por uma ocupação no leito do rio Beberibe como elemento marcante a unidade, não apresentaram integradas ao sistema de drenagem urbana.

A ocupação no leito do rio Beberibe continuou em seus leitos, não apresenta cobertura por um sistema público de resíduos sólidos no qual não permita a deposição de lixo de forma irregular e principalmente nos leitos do rio, os esgotos são lançados diretamente ou conduzidos ao rio sem nenhum tratamento e a rede de micro e macro-drenagem construída na área é bastante incipiente e representativa em termos de ações tradicionais que desestabilizam os sistemas naturais, principalmente o sistema de drenagem com perdas de valores para toda a sociedade e em especial a água como componente vital para o ambiente.

As características da ocupação urbana na UE17 e das atuações do PROMETROPOLE configuram com as intensas modificações no sistema natural um ambiente específico que relacionados à qualidade ambiental, ou seja, a qualidade de todo o sistema, inclusive da parte 'água' emergem inúmeros impactos ambientais negativos que repercutem diretamente na bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica não foi considerada como um sistema físico e dinâmico, como uma unidade funcional básica de planejamento e gerenciamento ambiental onde ocorre a integração das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social.

A UE17 como zona-piloto do PROMETRÓPOLE desconsiderou a noção de sistema onde uma bacia hidrográfica assume usos múltiplos podendo prover a capacidade de antecipação de impactos através dos planejamentos e gestões.

Destaca-se na UE17 a ocupação no leito do rio Beberibe que resultam na disposição inadequada dos esgotos cloacais, pluviais, resíduos sólidos e erosão e como conseqüências a contaminação dos mananciais superficiais, redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e inundações.

E os projetos de drenagem urbana que resultam em termos de microdrenagem na impermeabilização do solo e na macrodrenagem em medidas estruturais intensivas como a canalização do trecho da bacia que como conseqüências na microdrenagem a redução da infiltração das águas pluviais, aumento e aceleração do escoamento superficial e o acréscimo das vazões máximas. Na macrodrenagem a transferência das inundações de um ponto para outro da bacia e custos financeiros extremamente altos.

De tal forma os objetivos na pratica das ações do PROMETROPOLE na UE17 quanto à drenagem urbana têm sido bastante simples, em geral voltados apenas para remover os volumes de água de origem pluvial e cloacal em excesso da forma mais eficiente e rápida possível para evitar transtornos, prejuízos e riscos de inundações.

O ambiente na UE17 não possibilita o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável, pois a ocupação das várzeas e as atuações no sistema de drenagem mantêm os principais impactos a água como a erosão, a disposição inadequada dos esgotos cloacais, pluviais e resíduos sólidos e contaminação dos mananciais superficiais com o esgoto cloacal, pluvial e os resíduos sólidos e Inundações. Sustentando assim um ciclo de impacto representado na figura 34.

Figura 34 - Ciclo de impactos na Unidade de Esgotamento 17 (UE17).



Fonte: Tucci (2003) apud Sudersha (2002), adaptada pelo autor.

## **Considerações Finais: Unidade de Esgotamento 17 (UE17)**

---

Nas atuações da UE17 não foram dadas importância as inter-relações entre uso e ocupação do solo e os processos hidrológicos superficiais, destacando que a abordagem dos problemas precisam considerar a extensão sistemática na qual estas relações se manifestam. A bacia hidrográfica é a unidade mínima para qualquer estudo hidrológico, entretanto, o projeto PROMETROPOLE ignorou esta condicionante fundamental para um bom projeto de drenagem urbana.

Os principais impactos a água no meio urbano se mantiveram e a gestão por parte do PROMETROPOLE de todos os componentes tem sido desintegrada, atuando sempre sobre problemas pontuais com tratamento pouco sistemático e muito limitado, sem desenvolver um planejamento preventivo e indutivo.

Evidencia a ausência de visão moderna que envolva o planejamento integrado das águas pluviais urbanas com agregação de um conjunto de ações e soluções de caráter estrutural e não estrutural, envolvendo execuções de grandes e pequenas obras, do planejamento e gestão da ocupação do espaço urbano.

Percebe-se que o planejamento de atividades urbanas relacionadas à água não estão devidamente integrados e se apóiam fortemente na execução de obras setorializadas, pontuais. Esquece que a tradicional ausência de soluções integradas e harmônicas entre os sistemas urbanos e os sistemas naturais é também um fator significativo para a ocorrência de um ambiente insustentável.

É possível afirmar que um dos principais problemas do espaço urbano na contemporaneidade está no seu crescimento desarmonizado e socialmente, segregado e essa dinâmica resulta nas cidades uma situação conflituosa, sendo um dos principais desafios atuais transformar as cidades brasileiras em lugares mais adequados para se viver.

Faz-se necessário nas ações do PROMETROPOLE a abordagem dos problemas em extensão sistemática na qual estas relações se manifestam, gerindo todos os componentes de forma integrada atuando sempre sobre os problemas com tratamento sistemático e desenvolvendo um planejamento preventivo e indutivo. Principalmente considerar a bacia hidrográfica como um sistema físico e dinâmico, como uma unidade funcional básica de planejamento e gerenciamento ambiental e a drenagem como o conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos

a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável.

## Referências

---

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. *Relatório de Monitoramento de Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2003*. Recife, 2003. 98p.

\_\_\_\_\_. *Relatório de Monitoramento de Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2012*. Recife, 2012. 104p.

ALHEIROS, M.M.; et. all. *Sistemas Depositionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental*. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. *Anais*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia. v. 2, 1988. p. 753-760.

ANDRADE, G.O. e LINS. R.C. *Pirapama: Um Estudo Geográfico e Histórico*. Recife: Massangana, 1984.

AYOADE, J.O. *Introdução à Climatologia para os Trópicos*. Rio de Janeiro, BERTRAND BRASIL, 2003.

BERTALANFFY, L. Von. *Teoria Geral dos Sistemas: Fundamentos, Desenvolvimentos e Aplicações*. Rio de Janeiro: Vozes, 2009.

BEZERRA, D.U.C. *Alagados, Mocambos e Mocambeiros*. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, Imprensa Universitária, 1965.

BRAGA, Benedito; et. all. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2ª Edição. São Paulo: Pearson Hall, 2005. 318 p.

CAMPOS, H.L. *A Bacia Hidrográfica do Beberibe: Um Enfoque Ambiental*. Recife: UFPE, 1991. Dissertação.

\_\_\_\_\_. *Processo Histórico de Gestão na Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe (PE): Uma Retrospectiva*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2003. Tese.

CANHOLI, A. P. *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARSON, R. *Primavera Silenciosa*. São Paulo: Editora Gaia, 2010.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1999.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Nosso Futuro Comum*. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

COMITÊ NACIONAL DE ORGANIZAÇÃO RIO+20, 2012

COTRIM, Gilberto. *História e Consciência do Mundo – Ensino Médio*. 6ª Edição. São Paulo. Saraiva, 2001. 448 p.

CUNHA da S.B. e GUERRA A. J. T (organizadores). *A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens*. 7ª Edição. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2012. P.250.

DIAS, Reinaldo. *Turismo Sustentável e Meio Ambiente*. 1ª Edição. São Paulo. Atlas, 2007.

DOMINGUES, J.M.L.; et. all. *Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco*. *Revista Brasileira de Geociências*, v.20, 1990. p. 208-215.

DREW, David. *Processos Interativos Homem - Meio Ambiente*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2002. p. 206.

DUBREUIL, Céline. *The Right to Water: From Concept to Implementation*. World Water Council. 2006. 62 p.

EMBRAPA. *Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil: Diagnóstico e Prognóstico*. Recife: Documento nº 14. 1 CD-ROM, 2000.

FENDRICH, R.; *et. all. Drenagem e Controle da Erosão Urbana*. 4ª Edição. Curitiba: Champagnat, 1997. 486 p.

FUNDAÇÃO de Desenvolvimento Municipal – FIDEM. *Bacia do Beberibe: Reabilitação Urbana e Ambiental*. Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento Metropolitano, Recife, 2001. 20 p.

\_\_\_\_\_. *Banco de Dados Geo-Referenciados sobre a Pobreza Urbana da RMR – PROMETRÓPOLE*. Recife: GTZ/FADE, 2000d. 85 p.

\_\_\_\_\_. *Plano Estruturador: Bacia do Beberibe – Plano Final*. Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento Metropolitano, Recife, 2000c. 83 p.

\_\_\_\_\_. *Projeto de Infra-Estrutura em Áreas de Baixa Renda da RMR – PROMETRÓPOLE. Fotografias Aéreas da Bacia do Beberibe*. Recife, 1 CD-ROM, 2000b.

GALVÃO, S.V. *Dicionário Corográfico, Histórico e Estatístico de Pernambuco*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, v. 01, 1908. 478 p.

GOMES, E.T.A. *Recortes de Paisagens na Cidade do Recife: Uma Abordagem Geográfica*. São Recife: UFPE, 1997. Tese de Doutorado em Geografia. ). 1997. 300 p. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo.

KÖPPEN, W. *Climatologia: con un Estudio de los Climas de la Tierra*. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

LAMPARELLI, M. C. *Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese. Universidade de São Paulo, 2004.

LOPES, V. L. *Um Estudo da Erosão e Produção de Sedimentos pelas Chuvas*. Campina Grande: UFPB, 1980. Tese.

MACHADO, C.J.S. *Gestão de Águas Doces* – Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 372 p.

MELO, M.L. *Metropolização e Subdesenvolvimento: O Caso do Recife*. Recife: Departamento de Ciências Geográficas da UFPE, 1978.

MONTEIRO, M.F.; SILVA, T.C. *Aspectos Fluviais Importantes para a Fotointerpretação*. Salvador: Centro Editorial e Didático – UFBA, 1979.

MORAES, J.M. *Aspectos Físicos e Econômicos do Município de Olinda*. Olinda: Anuário de Olinda, 1960. 141 p.

NOVAES, F. *Olinda, Evolução Urbana*. Recife: FUNDARPE, 1990.

\_\_\_\_\_. *Topônimos do Município de Olinda*. Recife: Separata da Revista Brasileira de Geografia, ano 24, n. 3, Jun/set, 1962.

PIRES, J.R.S.; SANTOS, J.E. *Bacias Hidrográficas – Integração Entre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento*. Ciência Hoje 19. 1995. p.110.

Sánchez, L. E. *Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos*. São Paulo, Oficina de Textos, 2008. P.495.

SECRETARIA de Planejamento – SEPLAN. *Estudos de Consolidação e Complementação de Diagnóstico sobre a Qualidade das Águas, Relativos à Preparação do Programa de Investimentos nas Bacias dos Rios Beberibe, Capibaribe, Jaboatão e Ipojuca, PQA/PE – Proposta Técnica*. Recife: Contécnica Ltda., 1997a. 556 p.

PRUSKI, F. F.; DA SILVA, D.D. *Gestão de Recursos Hídricos Aspectos Legais, Econômicos, Administrativos e Sociais* – Brasília, Ministério do Meio Ambiente – Secretária de Recursos Hídrico, Universidade Federal de Viçosa, Associação Brasileira de Recursos Hídrico 200. 658 p.

STANLAKE, George Frederik. *Introdução à Economia*. Lisboa, Calouste Gulbenkian, 1993. P. 757.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE. *Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco*. Recife: Divisão de Agrologia – DRN, v. I, 1973. 359 p.

\_\_\_\_\_. *Uso Atual e Potencial dos Solos do Nordeste*. Recife: Divisão de Agrologia – DRN, v. VI, 1993. 158 p.

TEIXEIRA, Wilson; et. all. *Decifrando a Terra*. 2ª Edição. São Paulo: Companhia Editorial Nacional, 2009. 623 p.

TROSTER, R. L.; MORCILO, F. M. *Introdução à Economia*. São Paulo, Pearson Makron Books. 2002.

TUCCI, C. E.M.; GENZ, F. (org.). *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995. 428p.

TUCCI, C. E. M; BERTONI, J. C. (org.). *Inundações Urbanas na América do Sul*. Porto Alegre: UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 471p.

TUCCI, C. E. M; SILVEIRA, André L. L. da. (org.). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4ª Edição. Porto Alegre: UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. 943 p.

VALENTE, O. F. *Reflexões Hidrológicas Sobre Inundações e Alagamentos Urbanos*. Minha Cidade, São Paulo. Vitruvius. 10.109, ago 2009. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/10.109/1839>>.

PREFEITURA Municipal de Olinda. *PROGRAMA PROMETRÓPOLE – OLINDA*. Olinda, 2006.

VIEIRA, L.S. *Manual de Morfologia e Classificação de Solos*. São Paulo: Ed. Agronômica CERES Ltda., 1983. 145 p.