

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Josué Pereira da Silva

SEDIMENTOLOGIA, BATIMETRIA,  
QUALIDADE DA ÁGUA E VULNERABILIDADE  
DO RIO CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE - PE

Dissertação de Mestrado  
2003

**JOSUÉ PEREIRA DA SILVA**

Geógrafo, Universidade Federal de Pernambuco, 1999  
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, 2003

SEDIMENTOLOGIA, BATIMETRIA, QUALIDADE DA ÁGUA E VULNERABILIDADE DO  
RIO CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE - PE

Dissertação que apresentou à Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr.: Valdir do Amaral Vaz Manso, em preenchimento parcial para obter o grau de Mestre em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental, defendida e aprovada em 28 de Fevereiro de 2003.

RECIFE, PE  
2003

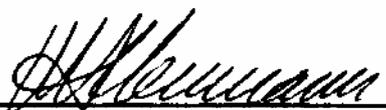
SEDIMENTOLOGIA, BATIMETRIA, QUALIDADE DA ÁGUA E VULNERABILIDADE  
DO RIO CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE

JOSUÉ PEREIRA DA SILVA)

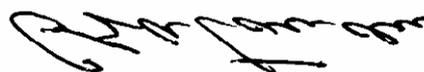
Aprovado:



Prof. Orientador Dr.: Valdir do Amaral Vaz Manso data



Prof. Dr.: Virgínio Henrique Neuman data



Prof. Dr.: George Satander Sá Freire data

## **APRESENTAÇÃO**

O presente trabalho consiste na caracterização sedimentológica e vulnerabilidade do trecho urbano do baixo curso do Rio Capibaribe, localizado dentro da Cidade do Recife.

Apresenta dados obtidos em levantamentos sistemáticos, desenvolvidos no período de abril a dezembro de 2002. Foram realizados estudos e análises específicas abrangendo a caracterização da sedimentologia, da batimetria e os parâmetros referentes à qualidade da água. Foi realizado, ainda, uma avaliação da vulnerabilidade, considerando os diferentes graus de impactos observáveis no entorno do sistema fluvial. Para a caracterização ambiental, foram interrelacionadas as particularidades físicas e antrópicas.

Os resultados obtidos ao final da pesquisa, constam nesta dissertação que ora é apresentada.

Para contato: [josue\\_pereirape@yahoo.com.br](mailto:josue_pereirape@yahoo.com.br)

[joxavier@bol.com.br](mailto:joxavier@bol.com.br)

[kairo32@ig.com.br](mailto:kairo32@ig.com.br)

## RESUMO

A Planície Flúvio-Marinha do Recife, devido a sua complexidade, representa um espaço significativo para o desenvolvimento de estudos ambientais. A área estudada corresponde a uma faixa de 200 metros de largura, em cada margem, ao longo do Rio Capibaribe pouco depois de entrar na Planície do Recife, desde o bairro da Várzea, até o centro da Cidade. A área está localizada entre as coordenadas UTM de 2950002 e 284000; 9114000 e 9111000.

A justificativa para elaboração desta dissertação encontra-se na falta de trabalhos que apresentem um mapeamento textural e da fácies sedimentar do Rio Capibaribe, além de um levantamento da sua atual vulnerabilidade. Esta falta de informação é um problema para ações de correção e prevenção ambiental. Para a execução desta dissertação foram coletadas e analisadas amostras sedimentares do canal fluvial, consultaram-se relatórios técnicos de batimetria e de hidroquímica da água. Os dados foram analisados, tabulados e mapeados. A utilização de dados sedimentológicos, batimétricos e hidroquímicos de suas águas, permitiram determinar as condições morfosedimentares do seu leito, assim como a qualidade da água e finalmente estabelecer o grau de vulnerabilidade que configura os diversos segmentos das áreas que o margeiam.

No leito foram identificadas as áreas totais com cobertura lamosa (cerca de 1.346.000 m<sup>2</sup>) e arenosa (cerca de 250.000 m<sup>2</sup>). Foram identificadas duas fácies principais: Arenosa, e Lamosa. A Fácies Arenosa apresenta predomínio da fração granulométrica de areias grossas e secundariamente de areias médias, segundo o diâmetro médio. O desvio padrão indicou seleção de moderada (0,50 a 1,00 Ø) a pobremente selecionada (1,00 a 2,00 Ø).

A partir da análise da batimetria constatou-se que no referido rio predomina cotas inferiores a 5 metros. Em pontos localizados do canal, foram identificados locais de maiores profundidades atingindo a cota máxima de 9 metros. Associando a batimetria com os dados sedimentológicos, pode-se interpretar um processo de assoreamento devido o recobrimento das areias pela lama.

A Qualidade da Água, segundo dados de Oxigênio Dissolvido - OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO e Coliformes Fecais, no período de 1996 a 2002, obtidos em duas estações, pela Companhia Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH) apontam que as águas do Rio Capibaribe encontram-se severamente comprometidas por lançamentos de efluentes domésticos e resíduos industriais. De acordo com a classificação elaborada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), e em decorrência do comprometimento de suas águas, constatou-se que deveria estar enquadrado na Classe 4. Nesta classe, as formas de uso de suas águas seriam restritas para a navegação, para o contexto paisagístico e usos menos exigentes.

A vulnerabilidade, considerando os fatores relativos aos quadros humano e físico, segundo os parâmetros associados de demografia, concentração urbana, rede de saneamento, a cobertura vegetal, favelas, lançamento de efluentes, área de cobertura por lamas e lodo, entre outros, apontou como vulnerabilidade média à alta na seção inserida entre os bairros de Casa Forte e Torre. Para a seção Derby - Bacia de Santo Amaro, trecho mais urbanizado, foi classificada em alta à média. As classificações de baixa e média vulnerabilidade foram designadas para os setores inseridos na seção comandada pelo bairro da Várzea.

Como resultado verifica-se o alto comprometimento no quadro ambiental do Rio Capibaribe e a necessidade de ações para sua recuperação. Faz-se necessário entre outras medidas, a reorganização do uso do solo nas margens. Como ação emergencial, a descentralização das estações de tratamento de esgoto para captação dos efluentes dos canais de escoamento.

Palavras-chave: Sedimentologia, batimetria, vulnerabilidade, degradação, gestão, avaliação integrada, sistemas, ambiente fluvial, urbanização.

## ABSTRACT

The Recife's Fluvio-marine plane, given its complexity, can be considered an interesting region for the development of environmental studies. The current study was developed in the two 200 m wide Capibaribe river margins areas, just after it reaches the Recife Fluvio-marine Plane and between the Varzea neighborhood and the Recife's downtown (UTM coordinates 2950002, 2840000 and 9114000, 9111000).

The scope of this MSc dissertation was sought given the lack of works focused on the textural mapping of the Capibaribe River, its sedimentologic characterization and the determination of its actual vulnerability. The lack of information has been a continuous impediment for the development of environmental corrective and preventive tasks. For the development of this work, fluvial channel sediment samples were collected and several technical batimetry and hidrochemical reports consulted. The data were analyzed, tabled and mapped. The use of these data permitted the determination of morpho-sedimentary conditions for the Capibaribe River Channel, as well as determinations of the water quality and the establishment of the vulnerability that the river presents in different segments.

Mud (1.346.000 m<sup>2</sup>) and sand (250.000m<sup>2</sup>) total cover areas were identified in the channel floor. Two sedimentologic facies, sandy and muddy, were identified as well; the former presenting a predominance of coarse grain sized fractions and the latter of medium grain sized fractions. The fractions were moderately (0.5 to 1.00) and poorly (1.00 to 2.00) sorted.

The batimetric analyses showed depths less than 5 m. In localized points of the channel, highest depths were found reaching nearly 9 m. Associating the batimetric and sedimentologic data, it can be interpreted that the river underwent rubbishing after the sandy facies covered the muddy ones.

Between 1996 and 2002, according to the dissolved oxygen-OD-, the biochemical demand of Oxygen- DBO and the amount of fecal coliforms data obtained by the Companhia Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH), the water quality were exposed to the release of domestic and industrial wasted substances. According to the classification elaborated by the Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), the Capibaribe river can be classified as 4 Class river. According to this classification the use of the river is restricted to sailing, landscaping and other similar activities.

The vulnerability, given the antropic, natural and physical factors interacting with the river and the demographic, urban and environmental parameters encountered in this study, can be considered as high in the area between Casa Forte and Torre. On the other hand, for the area between Dervy and the Bacia de Santo Amaro, which is the most urbanized area, the vulnerability is high to medium, whereas for the area near the Varzea neighborhood, the vulnerability is low.

As a result, it could be verified that the Capibaribe river is highly vulnerable and that it is necessary to undertake remediation tasks for its recovery. It is also necessary to develop land uses reorganization programs for the margin areas. Finally it is recommended a immediate decentralization of the waste substances treatment stations and the collection of effluent in waste substance channels.

Keywords: sedimentology, batimetry, vulnerability, degradation, assessment, integrate evaluation, systems, fluvial environments, urbanization.

## SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS.....	v
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
LISTA DE GRÁFICOS.....	vi
LISTA DE QUADROS.....	vii
1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – OBJETIVOS.....	5
1.2 – JUSTIFICATIVA.....	5
2 – ASPECTOS GERAIS DA ÁREA.....	6
2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	6
2.2 – COMPARTIMENTAÇÃO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO DO RECIFE.....	6
2.3 – CLIMA.....	16
2.4 – VEGETAÇÃO.....	17
2.5 – HIDROGRAFIA.....	18
3 – A URBANIZAÇÃO NO RECIFE E O RIO CAPIBARIBE.....	21
3.1 – AS FUNÇÕES DO RIO PARA A CIDADE.....	21
3.2 – A FORMAÇÃO DO SÍTIO URBANO DO RECIFE.....	22
3.3 – METROPOLIZAÇÃO DO RECIFE.....	24
4 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
4.1 – ETAPA PRELIMINAR.....	30
4.2 – ETAPA DE CAMPO.....	31
4.3 – ETAPA DE LABORATÓRIO.....	32
5 – SEDIMENTOLOGIA DO RIO CAPIBARIBE.....	34
5.1 – ASPECTOS TEXTURAIS.....	34
5.2 – DIÂMETRO MÉDIO.....	35
5.3 – DESVIO PADRÃO.....	37

6 – BATIMETRIA DO RIO CAPIBARIBE .....	43
6.1 – INTRODUÇÃO À DESCRIÇÃO BATIMÉTRICA .....	43
6.2 – SEÇÃO 1 (ZONA BATIMÉTRICA – VÁRZEA / MONTEIRO).....	44
6.3 – SEÇÃO 2 (ZONA BATIMÉTRICA – MONTEIRO/ SANTO ANTONIO) .....	47
6.4 – SEÇÃO 3 (ZONA BATIMÉTRICA – BACIA DE SANTO AMARO) .....	51
6.5 – CONCLUSÃO .....	53
7 – PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CAPIBARIBE .....	54
7.1 – A CLASSIFICAÇÃO E A REDE DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS FLUVIAIS .....	54
7.2 – PARÂMETROS UTILIZADOS .....	56
7.2.1 – OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD).....	56
7.2.2 – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO).....	59
7.2.3 – (NMP) COLIFORMES FECALIS .....	62
7.2.4. – VALOR DO pH (POTENCIAL DE HIDROGENIZAÇÃO).....	65
7.3 – A PROBLEMÁTICA DA POLUIÇÃO HÍDRICA NO RECIFE .....	68
8 – ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DO RIO CAPIBARIBE .....	70
8.1 – A CLASSIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE DO RIO CAPIBARIBE .....	70
8.2 – SEÇÃO VÁRZEA .....	71
8.3 – SEÇÃO CASA FORTE-TORRE .....	75
8.4 – SEÇÃO DERBY-BACIA DE SANTO AMARO .....	76
8.5 – A SITUAÇÃO DAS PALAFITAS .....	79
8.6 – PROBLEMAS GEOAMBIENTAIS DO RECIFE .....	80
9 – CONCLUSÃO .....	81
10 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....	83
ANEXO .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

N <sup>o</sup>	PÁGINA
1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	7
2 – MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO NA CIDADE DO RECIFE	8
3 – MAPA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE.....	19
4 – MAPA TEXTURAL – FOLHA 1.....	39
5 – MAPA TEXTURAL – FOLHA 2.....	40
6 – MAPA TEXTURAL – FOLHA 3.....	41
7 – MAPA TEXTURAL – FOLHA 4.....	42
8 – MAPA BATIMÉTRICO – SEÇÃO 1 .....	45
9 – MAPA BATIMÉTRICO – SEÇÃO 2 .....	48
10 – MAPA BATIMÉTRICO – SEÇÃO 3 .....	52
11 – MAPA DE VULNERABILIDADE .....	72

## ÍNDICE DE FOTOS

1: Área de contato do Rio Capibaribe e afloramentos do Embasamento Cristalino (EC). ...	16
2: Vista da planície flúvio-marinha onde o Recife se desenvolve. ....	22
3: Construção irregular em área de risco de escorregamento. ....	28
4: Residências em área de risco de inundação durante as cheias fluviais. ....	28
5: Lançamento de lixo no meio ambiente (...). ....	29
6: Coleta de amostras. ....	47
7: Panorama da Bacia de Santo Amaro. ....	51

5: Lançamento de lixo no meio ambiente (...)	29
4 – BAIXO CURSO DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO AMOSTRAGEM DA TAXA DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO – 1996-2002	58
5 – BAIXO CURSO DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO AMOSTRAGEM DA TAXA DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – 1996-2002	61
6 – BAIXO CURSO DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO NÚMERO MAIS PROVÁVEL DE COLIFORMES FECAIS – 1996-2002	64
7 – BAIXO CURSO DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO AMOSTRAGEM DA TAXA DE pH – 1996-2002	67

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

1 – PARTICIPAÇÃO DO RECIFE NA POPULAÇÃO DA RMR EM 2000	26
2 – Taxa de Crescimento Anual da Cidade do Recife/1950-2000	27
3 – Distribuição das Amostras Segundo Diâmetro Médio	37
4 – Distribuição das Amostras Segundo Desvio Padrão	38
5 – Amostragem de Oxigênio Dissolvido por Estação período/ 1996-2002	57
6 – Amostragem de Demanda Bioquímica de Oxigênio por Estação período / 1996-2002	60
7 – Amostragem do NMP Coliformes Fecais por Estação período 1996-2002	63
4 – BAIXO CURSO DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO AMOSTRAGEM DA TAXA DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO – 1996-2002	58

5 – BAIXO CURSO DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO AMOSTRAGEM DA TAXA DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – 1996 -2002.....	61
6 – BAIXO CURSO DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO NÚMERO MAIS PRÓVAVEL DE COLIFORMES FECALIS - 1996-2002..	64
7 – BAIXO CURSO DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO AMOSTRAGEM DA TAXA DE Ph – 1996 –2002 .....	67

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

1 – PARTICIPAÇÃO DO RECIFE NA POPULAÇÃO DA RMR EM 2000 .....	26
2 – Taxa de Crescimento Anual da Cidade do Recife/1950-2000 .....	27
3 – Distribuição das Amostras Segundo Diâmetro Médio .....	37
4 - Distribuição das Amostras Segundo Desvio Padrão .....	38
5 – Amostragem de Oxigênio Dissolvido por Estação período/1996-2002.....	57
6 –Amostragem de Demanda Bioquímica de Oxigênio por Estação período/1996-2002 .....	60
7 – Amostragem do NMP Coliformes Fecais por Estação período/1996-2002 .....	63
8– Amostragem do pH por Estação período/1996-2002 .....	66

### ÍNDICE DE QUADROS

1 – CLASSIFICAÇÃO DDO PADRÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E FORMA DE USO DAS ÁGUAS FLUVIAIS NO ESTADO DE PERNAMBUCO, SEGUNDO
---

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20/86 .....	55
2 – ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DA REDE DE MONITORAMENTO DO RIO CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE.....	55
3 – RESUMO DA SITUAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE EM 2001 .....	68

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Rio Capibaribe possui uma extensão de 253,5 km e está contida nas mesorregiões do Agreste Pernambucano e da Zona da Mata. As nascentes do rio encontram-se na Serra do Jacarará, nos municípios de Jataúba e Poção. Considerou-se no baixo curso, que inicia a partir do Município de Limoeiro, o trecho compreendido dentro da cidade do Recife. Ao longo do trecho especificado foi delimitada uma faixa de 200m em cada margem do rio para o estudo. Em vista da importância do Rio Capibaribe seja no enfoque histórico, paisagístico-afetivo, ecológico, potencial turístico ou fonte de alimentação de populações ribeirinhas, se justifica um trabalho ambiental sobre este sistema abordando elementos físicos como batimetria, qualidade da água, segundo parâmetros bio-químicos, e sua sedimentologia.

De um modo geral os efeitos da degradação do meio ambiente, deve-se à pressão da expansão humana, ao aumento da demanda econômica e do descontrole das formas de uso dos recursos naturais. No caso específico da cidade do Recife pode-se observar que o quadro natural sempre exerceu influência sobre ela. Em contrapartida, o crescimento da cidade acarretou a intensificação da susceptibilidade do ambiente gerando áreas de risco. Os riscos na cidade do Recife são representados, principalmente, por erosão de morros, deslizamentos e alagamentos. Soma-se ainda aos impactos negativos, resultantes da forma de crescimento da cidade, a degradação do ambiente fluvial.

Esta dissertação utiliza a metodologia de avaliação ambiental integrada para caracterizar a vulnerabilidade do sistema fluvial-urbano do Recife. Para realizar os estudos sedimentológicos utiliza os métodos analíticos realizados no Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha – LGGM.

Quanto à estrutura, esta dissertação divide-se em nove capítulos: o primeiro introduz o tema proposto (contendo uma breve descrição da Bacia do Rio Capibaribe, do problema enfocado, da base teórica e da conceituação básica, além de um breve comentário acerca da bibliografia consultada); o segundo capítulo

descreve os aspectos físicos da área estudada; o terceiro trata da formação urbana, do processo de metropolização e suas características na cidade do Recife; o quarto apresenta a metodologia aplicada; o quinto analisa os parâmetros utilizados para monitorar a qualidade da água, discorre sobre a situação da poluição hídrica no trecho recifense do baixo curso do Rio Capibaribe; o sexto descreve a batimetria da área estudada; o sétimo apresenta estudo sedimentológico da calha do rio; o oitavo capítulo faz uma análise da situação de vulnerabilidade, através da convergência dos capítulos 5, 6 e 7; por fim, o nono capítulo apresenta as conclusões acerca das relações estabelecidas entre o meio físico e o fator humano.

A base teórica deste trabalho está relacionada com a compreensão de que o meio ambiente é um macrossistema e, portanto, composto de subsistemas fortemente inter-relacionados e que as atividades humanas causam alterações no equilíbrio desse sistema, com variados impactos e diferentes níveis de intensidade. A bacia hidrográfica, como subsistema do meio ambiente, tem suma importância, por influenciar as atividades humanas, de acordo com a quantidade e a qualidade da oferta de água. Esta abordagem implica a adoção de, pelo menos, os seguintes conceitos, desenvolvidos a partir das leituras efetuadas:

*A Bacia Hidrográfica*, segundo Pinto e Blucher (1976), pode ser conceituada como uma bacia de contribuição hídrica de uma seção de um curso d'água – corresponde à área geográfica coletora de água de chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge um canal principal de escoamento;

*A Vazão*: é o volume de recursos hídricos superficiais escoados, numa dada unidade, em uma determinada seção de um curso d'água, ainda de acordo com Pinto e Blucher (1976);

*Análise Sistêmica*: as bacias hidrográficas contíguas, em qualquer nível de hierarquia, estão interligadas por divisores topográficos, formando uma rede de drenagem, onde a água e os materiais sólidos e dissolvidos são conduzidos para uma saída comum. Nesse sistema de drenagem, considerado aberto, ocorre entrada e saída de matéria e energia.

*Meio Ambiente*: Constitui o conjunto de seres vivos e objetos que compõem o espaço próximo ao homem e sobre os quais ele pode agir, ao mesmo tempo em que, reciprocamente, podem agir sobre ele e, assim, influenciar, total ou parcialmente, sua existência e seus modos de vida;

*Ecosistema*: corresponde a qualquer área natural ou modificada que inclua organismos vivos e elementos abióticos, isto é, não-vivos, em processo de interação capaz de promover um intercâmbio de matéria e energia entre partes biológicas e abióticas;

*Urbanização*: identifica-se com o processo de expansão da ocupação populacional e econômica dos espaços urbanos, como decorrência do crescimento vegetativo e da migração no sentido campo-cidade;

*Preservação*: é a adoção de medidas e ações que visam garantir a integridade e a perenidade do patrimônio ambiental, objetivando a proteção integral da vida e do bem-estar comum do ecossistema;

*Conservação*: configura a gestão da biosfera pela qual o homem satisfaz as suas necessidades, mediante a utilização racional dos recursos naturais, sem degradar o patrimônio ambiental e cultural do ecossistema e por isso mesmo, possibilitando seu uso pelas futuras gerações;

*Desenvolvimento*: como considera Furtado (1980), é a melhoria qualitativa das condições de vida de uma sociedade, através do aproveitamento racional dos recursos naturais, assegurando a contínua restauração dos recursos renováveis e garantindo a perenidade do fundo de fertilidade e o equilíbrio dos ecossistemas e dos seus ciclos de energia interna;

*Degradação Ambiental*: trata-se de alteração desfavorável das características do ambiente pela adoção de técnicas e práticas exploratórias e/ou pela introdução nele de quantidade excessiva de substâncias incompatíveis com o estágio de equilíbrio dos diversos elementos integrantes.

Foram utilizados como embasamento documental e teórico, os trabalhos científicos:

*Modelos Físicos e de Informação em Geografia*, (Chorley e Haggett, 1962) contribui para a aplicação da análise dos sistemas ambientais e demonstra que os sistemas não atuam de modo isolado, mas funcionam dentro de um ambiente e fazem parte de um conjunto sistêmico superior;

*Os Climas do Nordeste* (Andrade e Lins, 1970) e, posteriormente, *Áreas de Exceção do Agreste Pernambucano* (Lins, 1987) são estudos elaborados para apresentarem a caracterização dos recursos hídricos do Estado de Pernambuco em associação com os fatores e elementos climáticos;

*Hidrologia básica* (Pinto e Blucher, 1976) é um trabalho que tem a finalidade de eliminar subjetividades na caracterização da forma das bacias, Os autores adotaram a relação existente entre as áreas da bacia hidrográfica e a área em volta, e quanto à recepção e ao escoamento de matéria;

Em *Regionalização Agrária do Nordeste* (Melo, 1978) A cidade do Recife é o enfoque nos estudos dos processos de urbanização, de metropolização e seus efeitos para a regionalização agrária;

*Aproveitamento Integrado da Bacia do Capibaribe* é o Plano Diretor elaborado pelo *Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco – CONDEPE* (1978). O Volume II – Estudo Básico dos Recursos Naturais, contém um levantamento completo dos dados e das informações sobre o quadro natural da bacia referente àquele período.

A *Fundação de Desenvolvimento Municipal – FIDEM* (1987) elaborou uma série de estudos dos quais foram utilizados dois: um trata da delimitação de áreas para a implantação do sistema de parques metropolitanos na Região Metropolitana do Recife – RMR, o outro trata das reservas biológicas da mesma Região;

A *Secretaria Extraordinária para Projetos Especiais – PE* (1993) coordenou a elaboração do *Programa de Despoluição do Rio Capibaribe*. Este documento apresenta objetivos, estabelece competências, e outras informações necessárias para pleitear os recursos necessários à implantação das ações de revitalização do rio.

Na dissertação *O Aspecto Ambiental do Uso da Água no Espaço Metropolitano do Recife* (Brandão,1995) é analisado o sistema de abastecimento, as formas de gestão e o aspecto da qualidade dos recursos hídricos da Região Metropolitana do Recife – RMR;

*Gomes, et.al* (1995) fizeram uma abordagem das paisagens do Recife, enfocando conceitos e suas aplicações;

A *DIAGONAL/CDM/COBRAPE* (1997) realizou um estudo técnico para a Companhia Pernambucana de Meio Ambiente – CPRH sobre a qualidade das águas das principais bacias que servem a RMR, visando proporcionar subsídios para a implementação de futuros projetos de investimentos na região;

A *Companhia Pernambucana de Meio Ambiente - CPRH*. (1996-2003) desde 1991 realiza o monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado, seguindo os parâmetros e classificações estabelecidos pelo Conselho

Nacional do Meio Ambiente – CONAMA –, através da Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Foram consultados os relatórios que abrangem o período de 1996 até 2003.

### 1.1– OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo geral contribuir no desenvolvimento de conhecimentos que possibilitem a gestão e manejo dos recursos hídricos.

Como objetivos específicos, o desenvolvimento do trabalho visa:

- Avaliar o grau de vulnerabilidade do Rio Capibaribe tendo como base a metodologia desenvolvida por Bollmann (*in* Maia, *et al*, 2001).
- Aplicar técnicas de cartografia digital, na elaboração dos mapas temáticos;
- Realizar estudos para caracterização sedimentológica do ambiente fluvial.
- Identificar e localizar as ocorrências de depósitos arenosos

O trabalho se concentra na análise dos dados fornecidos pelos parâmetros bio-químicos referentes à qualidade dos recursos hídricos; pela sedimentologia e pela batimetria para apreensão do impacto sobre ele exercido pela crescente ocupação populacional e econômica do Recife Metropolitano.

### 1.2– JUSTIFICATIVA

A elaboração dessa dissertação justifica-se na medida em que é crescente a necessidade do desenvolvimento de conhecimento para a preservação, conservação e recuperação do meio ambiente, em particular dos ambientes fluviais. Em contraposição, verifica-se a falta de um trabalho que apresente uma abordagem integradora do Quadro Humano e do Quadro Natural. Isso é realizado utilizando métodos de ciências afins (geologia, geografia e cartografia) constituindo, de certo, uma contribuição para o equacionamento da questão ambiental.

## 2 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA

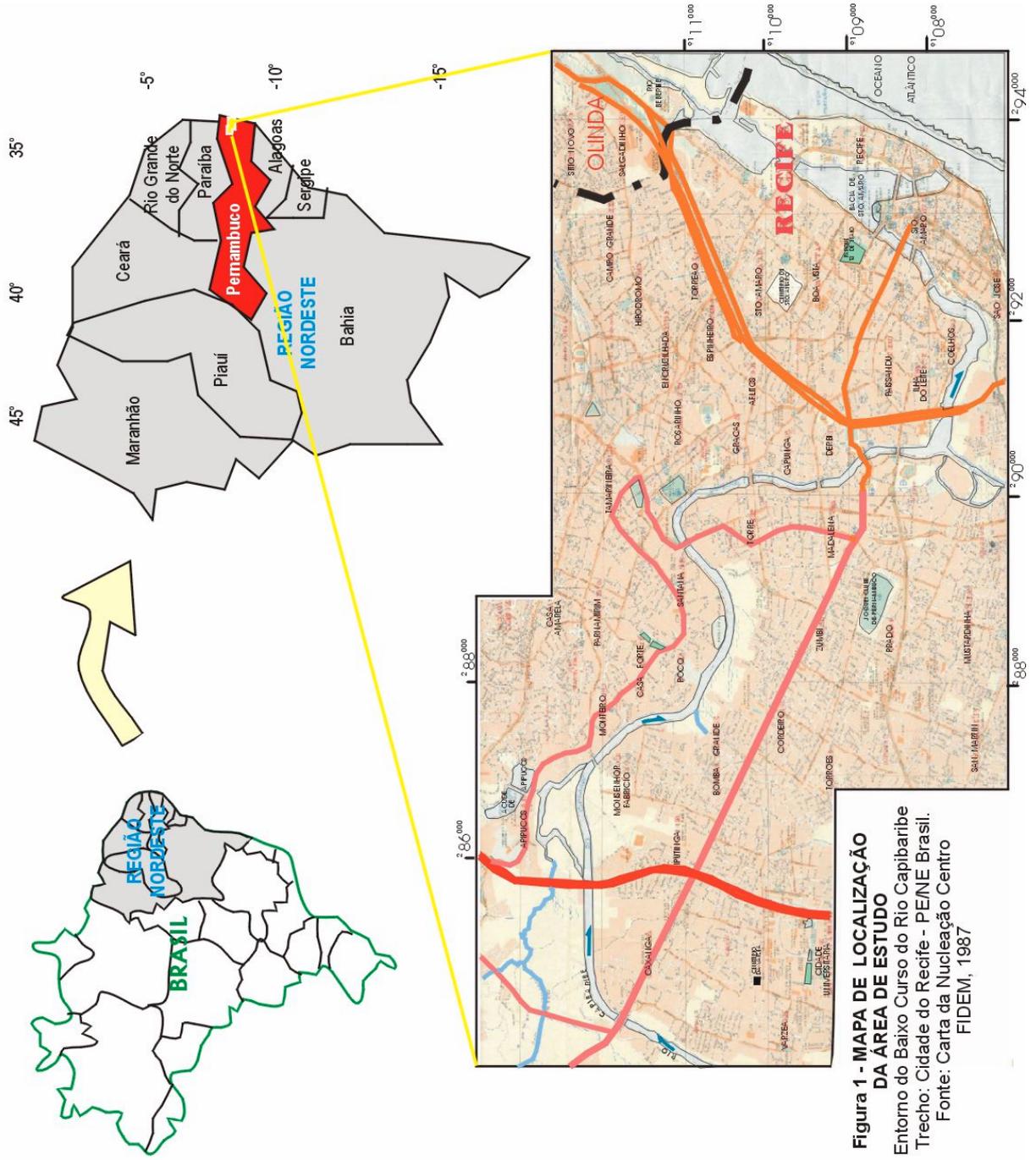
Este capítulo aborda alguns aspectos fisiográficos da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe destacando a área de estudo. A apresentação dos aspectos fisiográficos possibilita uma visão geral do quadro natural e facilita a compreensão das particularidades desse sistema ambiental.

### 2.1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

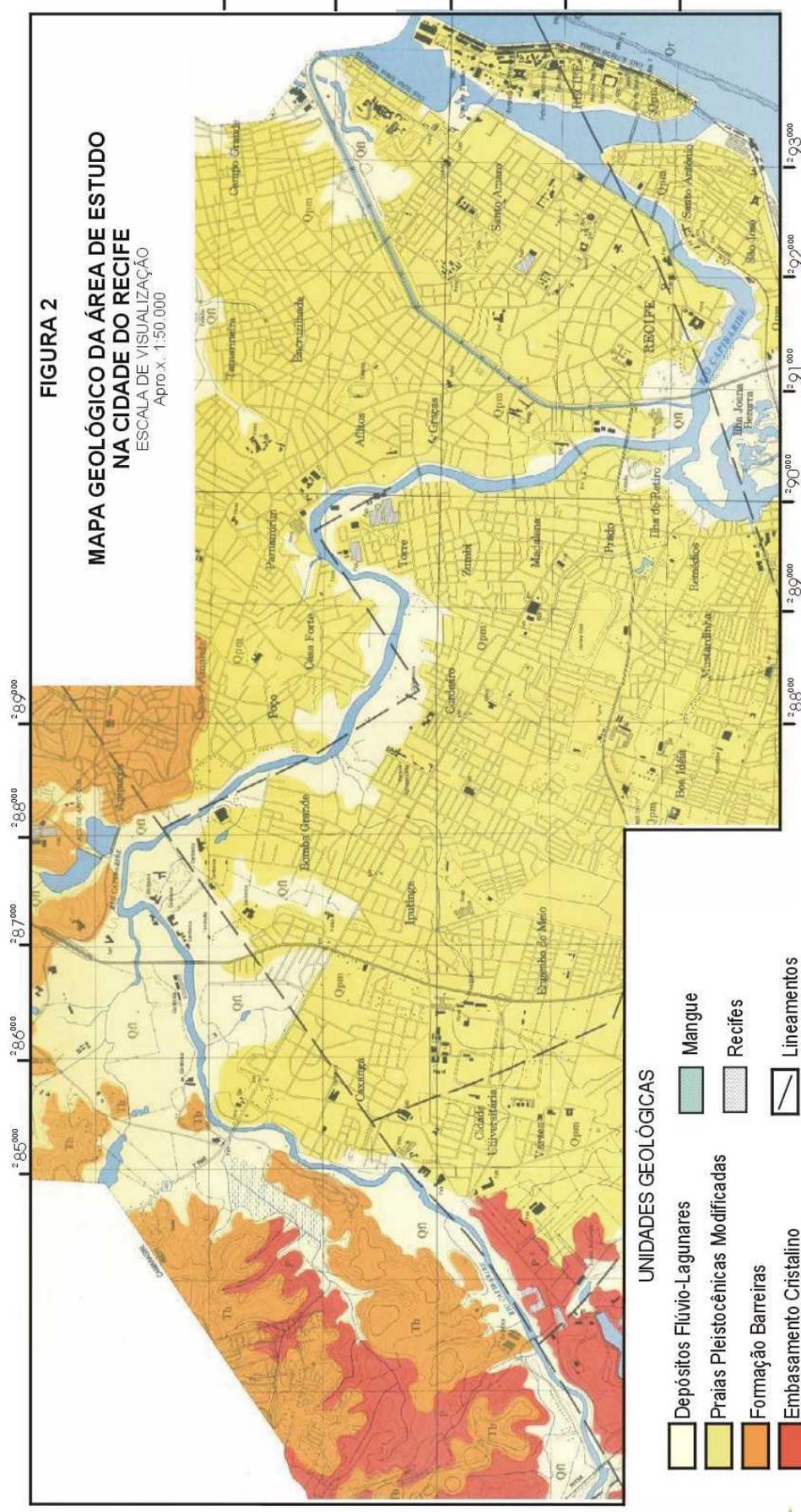
A área de estudo deste trabalho encontra-se dentro da Cidade do Recife. Está localizada entre as coordenadas geográficas  $34^{\circ} 51' 00''$  e  $34^{\circ} 57' 30''$  Longitude Oeste e  $8^{\circ} 01' 00''$  e  $8^{\circ} 05' 00''$  Latitude Sul. Ou, em UTM: 2950002 e 284000 ; 9114000 e 9111000. Compreende, além do canal fluvial, uma faixa de 200m de largura em cada margem, no trecho considerado do baixo curso do Rio Capibaribe, conforme Mapa de Localização (Figura 1).

### 2.2 – COMPARTIMENTAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA DO RECIFE

O município do Recife está inserido numa vasta Planície Costeira circundada por morros formando uma feição semelhante a um grande anfiteatro. Os morros podem apresentar-se isolados ou sob a forma de tabuleiros. Segundo Alheiros *et al.* (1995) são identificadas quatro unidades geológicas (Figura 2), as quais são formadas pelo Embasamento Cristalino, pelas Bacias Sedimentares Cretáceas, por Sedimentos Terciários e Sedimentos Quaternários. Os compartimentos geológicos identificados na Cidade do Recife podem ser descritos da seguinte forma:



**Figura 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**  
 Entorno do Baixo Curso do Rio Capibaribe  
 Trecho: Cidade do Recife - PE/NE Brasil.  
 Fonte: Carta da Nucleação Centro FIDEM, 1987



Fonte: Alheiros et al (1995), Mapa Geológico do Recife.

### Embasamento Cristalino

Compõe o substrato de rochas cristalinas de composição granítica. Compõem-se de gnaisses, cataclasitos e granitos os quais, além de serem ricos em quartzo e feldspatos, possuem significativa participação de minerais ferromagnesianos. Os minerais ferromagnesianos, juntamente aos feldspatos, encontrando-se submetidos a intemperização, segundo as condições locais de clima úmido, tendem fortemente a argilização durante o processo de formação do solo residual. Um conjunto de falhas divide o embasamento cristalino em blocos.

### Sedimentos Cretáceos

Os Sedimentares Cretáceos foram instaladas nos blocos que sofreram rebaixamento, segundo as atividades tectônicas ocorridas há aproximadamente 100 milhões de anos. São formados pela Bacia Pernambuco e pela Bacia Paraíba.

A Bacia Pernambuco está localizada ao sul do Lineamento Pernambuco, seus depósitos sedimentares são constituídos por conglomerados, arenitos feldspáticos arcossianos e argilitos da Formação Cabo; por calcários, margas e folhelhos da Formação Estiva; por traquitos, andesitos, basaltos e granitos da Suíte Ipojuca e por arenitos arcossianos de mio a grossos da Formação Algodoads (Lima Filho, 1998).

Por terem origem nos fragmentos rochosos do embasamento cristalino, essas rochas sedimentares também apresentam solos residuais bem argilizados (argissolos). A Bacia Paraíba está localizada ao norte do Lineamento Pernambuco, seus depósitos são constituídos por sedimentos arenosos de origem fluvial datados em cerca de 80 milhões de anos (no período Cretáceo, idade Campaniano). Esses depósitos arenosos recebem a denominação de Formação Beberibe. Posteriormente, há cerca de 70 milhões de anos (no período Cretáceo, idade Maastrichtiano) ocorre o avanço do mar sobre o continente. Este evento permite a formação de depósitos carbonáticos de origem marinha. As camadas formadas pela consolidação desses depósitos são identificadas como Formação Gramame. Essas rochas calcárias formam os solos do tipo vertisolos, muito argilosos e expansivos.

### Sedimentos Terciários

Os Sedimentos Terciários recobrem o Embasamento Cristalino e os Sedimentos Cretáceos são constituídos pela Formação Maria Farinha e pela Formação Barreiras. A Formação Maria Farinha (início do Terciário, idade Daniano) é constituída por calcários margosos e calcários recifais. A Formação Barreiras é constituída por sedimentos arenosos (idade Plioceno a Pleistoceno). Os sedimentos têm origem fluvial, por vezes ocorrem camadas alternadas de areias e argilas. A alternância de camadas é decorrente dos fluxos de detritos ocasionados por enxurradas sucessivas. Os solos desenvolvidos sobre essa unidade compreendem associações entre latossolos, espodossolos e argissolos.

### Sedimentos Quaternários

A ocorrência dos Sedimentos Quaternários é verificada basicamente na Planície Costeira, a exceção fica por conta dos aluviões depositados recentemente em vales fluviais encontrados nas cotas altimétricas mais elevadas. Os Sedimentos Quaternários são formados pelo Terraço Marinho Pleistocênico, o Terraço Marinho Pleistocênico Modificado, pelo Terraço Marinho Holocênico, pelos Depósitos Flúvio-Lagunares e , por fim, pelos Depósitos de Mangues.

#### a) Terraço Marinho Pleistocênico – Qp

Representa uma antiga linha de praia (período Quaternário, época Pleistoceno, cerca de 100 mil anos). É formada por areias quartzosas de coloração clara e inconsolidadas na superfície, sendo mais escuras e compactadas com o aumento da profundidade. Essa diferenciação é explicada pelo processo de formação do Espodossolo, no qual há cimentação das areias quartzosas através do ácido húmico e óxido de ferro. Trata-se de uma unidade morfológica consideravelmente aplainada, possui cotas altimétricas entre 7 e 10 metros.

#### b) Terraço Marinho Pleistocênico Modificado – Qpm

Representa uma porção da antiga praia pleistocênica intensamente modificada pela ação fluvial. Como resultado dessas alterações, as características em subsuperfície são extremamente irregulares. Há domínios de areias

retrabalhadas, de depósitos de argilas plásticas, orgânicas, sedimentadas em antigas planícies fluviais de inundação.

As duas unidades geológicas, Qp e Qpm, correspondentes à unidade geomorfológica dos Terraços Marinhos Pleistocênicos, em geral apresentam descontinuidades. Possuem morfologia relativamente alongada e paralela à linha de costa ou ao sopé das formações geológicas mais antigas. Foram muito modificados pela ação fluvial e antrópica.

#### c) Terraços Marinhos Holocênicos – Qh

Correspondem a atual faixa de praia (período Quaternário, época Holocênico, cerca de 5 mil anos). Distingui-se do Terraço Pleistocênico por apresentar fragmentos de conchas e ausência de cimentação escura na base dos depósitos. O Terraço Holocênico é uma unidade morfológica bem definida, apresenta geometria mais regular, comparada ao Terraço Pleistocênico. As cotas altimétricas variam entre 3 e 5 metros. Em geral são alongados e paralelos à linha de costa.

#### d) Depósitos Flúvio-Lagunares – Qfl

São constituídos pelos sedimentos aluvionares, lagunares, deltáicos além dos sedimentos estuarinos antigos e recentes. Os sedimentos aluvionares são caracteristicamente arenosos nos trechos retilíneos dos canais fluviais, enquanto que nas planícies de inundação predominam sedimentos argilosos com matéria orgânica. No caso dos sedimentos lagunares, deltáicos e estuarinos a constituição varia entre areno-siltico-argilosa, além de conterem matéria orgânica. Os depósitos podem apresentar intercalações associadas aos avanços e recuos do mar sobre o continente.

#### e) Depósitos de Mangues – Qm

Caracterizam-se por apresentarem sedimentos compostos principalmente por matéria orgânica, argilas e siltes. Correspondem ao relevo de Baixios de Maré (comentado mais adiante).

Cabe ressaltar que as condições climáticas atuais, marcadamente úmidas, possibilitaram a atuação de um forte intemperismo químico sobre as rochas. Esse processo intempérico nas rochas pré-quadernárias atinge intensidade máxima ao transformar uma rocha coerente em material móvel, rico em argila. As rochas cristalinas, em geral, sofrem alterações que atingem vários metros de profundidade. Todas as outras formações geológicas da área também são intensamente alteradas pelo intemperismo químico.

Na superfície é visível o resultado dessas alterações através da formação das feições geomorfológicas atuais. Somam-se as contribuições de dois importantes processos de movimento de massa para o modelamento do relevo, denominados rastejamento e deslizamento. O rastejamento é caracteristicamente muito lento, não impedindo a formação do solo e ocorrendo principalmente sobre as rochas pré-cambrianas. Os deslizamentos são mais rápidos, sendo mais comuns nas encostas dos tabuleiros areno-argilosos.

Concernentes a geomorfologia, no Recife (Pedrosa, *et al.*1995) podem ser observados os seguintes compartimentos:

#### Modelado Cristalino

Ocorre em pequenos trechos restritos ao extremo oeste da área, correspondendo, do ponto de vista geológico, ao embasamento cristalino. As formas de relevo predominantes são os morros e as chãs, com morfologia irregular, apresentando cotas que podem atingir acima de 100m de altitude. Os vales fluviais encontrados nessa unidade são de fundo chato, quando colmatados por material arenoso, ou em forma de V, indicando fase erosiva. A formação do relevo correspondente ao Modelado Cristalino está associado, provavelmente, às condições paleoclimáticas úmidas. Apresentam uma extensa e espessa capa de regolito, cuja profundidade, muitas vezes, facilita a formação de um relevo plano, suavizado nas encostas geralmente convexas ou retilíneas, produzindo feições conhecidas como chãs. Nas encostas das chãs predominam os processos de rastejamento e coluvionamento.

#### Domínio Colinoso

É encontrado nas formações cretáceas existentes na área, apresentando cotas altimétricas situadas entre 10 e 40 m. A morfologia do Domínio Colinoso também é denominada de “mares de morros”, pois se caracteriza pela presença de colinas suaves e relativamente arredondadas, tendo, em geral pequena extensão. O Domínio Colinoso se situa principalmente entre os tabuleiros costeiros e os vales dos principais rios, mas pode ocorrer sob forma isolada e saliente no terreno, se sobressaindo da morfologia local.

Os Tabuleiros Costeiros são constituídos por sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras, sendo uma das mais extensas ocorrências sedimentares da costa brasileira, depositados no Plio-Pleistoceno. Os tabuleiros representam um amplo *glacis* detrítico, com cotas altimétricas situadas entre 40 -100m, entrecortadas pela drenagem, com interflúvios de topos aplainados, sendo essas as principais características na unidade. Expressivamente, correm na porção norte da Cidade do Recife o que determina a existência de declividades mais constantes. Nesta área a morfologia se apresenta mais regular, com extensas superfícies aplainadas. Os vales predominantes são os de fundo chato, ocorrendo, ainda, importantes cabeceiras de drenagem, principalmente na porção N/NO do Recife.

Importante salientar que o retrabalhamento das encostas dos Tabuleiros Costeiros produz feições denominadas de *rampas de colúvio*. Nessas feições há maior possibilidade de imediata remoção dos seus sedimentos, pois se trata de material já mobilizado e em situação de declive o que favorece a ação gravitacional.

### Planície Costeira

Constitui uma unidade geológico-geomorfológica de grande complexidade, tendo em vista representar um ambiente de transição entre os processos continentais e marinhos. Sua elaboração ocorre durante o Quaternário. No município do Recife, a Planície Costeira, além dos Terraços Marinhos Pleistocênicos e Holocênicos já comentados anteriormente, são identificados os seguintes sub-compartimentos geomorfológicos: a Planície Flúvio-Lagunar; dos Baixios de Maré; os Depósitos de Praia e os Recifes de Arenito.

### Planície Flúvio-Lagunar

Pode ser dividida em quatro sub-unidades: 1) Terraços Indiferenciados ou Planície não alagável, relacionada com os depósitos fluviais; 2) Terraços Flúvio-Lagunares; 3) Planície Alagável e 4) Planície Alagada.

1) Terraços Indiferenciados ou Planície não alagável - Representa a porção mais ampla da planície costeira. Está relacionada às planícies fluviais dos principais rios da região. Ela se mantém seca e pouco susceptível a problemas de inundação.

2) Terraços Flúvio-Lagunares - Constituem porções na planície costeira localizados entre os terraços fluviais e/ou os terraços marinhos, apresentam cotas um pouco superiores aos Baixios de Maré. A formação desses terraços é atribuída às variações do nível do mar nas quais se verifica alternância entre atuação de agentes continentais (fase de regressão) e atuação marinha, durante a submersão da região (fase de transgressão). Podem ocorrer como terraços mais ou menos contínuos.

3) Planície Alagável - É uma subunidade representada por áreas mais rebaixadas, situadas entre os terraços marinhos, além de alguns trechos de depósitos flúvio-lagunares sujeitos a inundações intermitentes.

4) Planície Alagada - Nessa subunidade são encontradas as áreas úmidas ou permanentemente inundadas, constituídas pelas lagoas, brejos e alagados.

### Baixios de Maré

Compreendem, nesse sub-compartimento da Planície Costeira, as áreas com cotas altimétricas muito baixas, nas quais o gradiente de declividade é quase nulo, dessa forma estão à ação das marés. Influenciadas pela topografia, essas áreas são ambientes favoráveis aos processos de sedimentação flúvio-marinha. Os solos possuem alto teor de salinidade, as águas apresentam-se mornas e salobras e constante fluxo das marés. Essas características especiais permitem o surgimento do manguezal, vegetação típica dessa área. As áreas de mangue vêm sendo descaracterizadas continuamente pela ação antrópica, através dos aterros indiscriminados, acarretando sérios problemas ambientais, como subsidência de terrenos e inundações.

### Depósitos de Praia

Ocorrem diretamente na linha de praia, apresentando-se como uma faixa estreita. Podem ser observados em alguns trechos a ocorrência de pequenas acumulações eólicas (dunas frontais), principalmente na praia do Pina, setor sul da cidade.

### Recifes de Arenito

Normalmente possuem topos aplainados, podendo ser recobertos por corpos coralinos e algálicos. Apresentam interrupções nas proximidades das desembocaduras (atuais e pretéritas) dos rios e barras arenosas. Os recifes de arenito desempenham importante função na morfologia atual da costa, atuando como anteparo natural ao embate das ondas, protegendo, as praias de processos erosivos marinhos.

Dentro do município do Recife, o Rio Capibaribe só não intercepta as Sedimentos Cretáceos. Logo no início está em contato com afloramentos do Embasamento Cristalino (Foto 1), depois as unidades geológicas diferenciam-se: primeiro na margem esquerda observa-se a Formação Barreiras e depois, um alargamento da margem fluvial composta de sedimentos flúvio-lagunares. Segue-se um estreitamento e reaproximação da Formação Barreiras por curto trecho e, por fim na maior parte da planície, sedimentos quaternários formados por areias de antigas praias pleistocênicas. Na margem direita, não ocorre a Formação Barreiras: após o cristalino há alternância de sedimentos flúvio-lagunares e depósitos pleistocênicos.



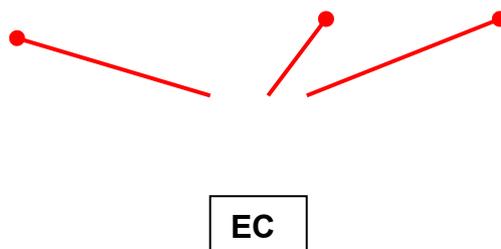


Foto1: Área de contato do Rio Capibaribe e afloramentos do Embasamento Cristalino (EC). Na porção Oeste, ao entrar no Bairro da Várzea (Recife).

A maior parte da área de estudo, delimitada em 200 m de largura para cada margem do rio, constitui-se principalmente de sedimentos quaternários correspondentes aos depósitos flúvio-lagunares.

O vale fluvial é outra morfologia de destaque. O curso do rio sofre influência de um sistema de falhas existentes na região. Essa influência às vezes mostra-se evidente, noutras é menos perceptível. O rio entra na área do município no sentido sudeste, condicionado por uma linha de falha, mudando abruptamente para sentido nordeste e mais adiante, noroeste e, a seguir, norte. Depois muda novamente para nordeste. Faz algumas outras alterações no percurso, mas tende um padrão geral em sentido sudeste até desaguar no oceano atlântico.

## 2.3 – CLIMA

A Bacia do Rio Capibaribe apresenta dois tipos climáticos distintos. No Alto e Médio Curso, localizados no Agreste, há predominância do clima quente e semi-árido (*BSh*, na classificação climática de Köppen).

No baixo curso, predomina o clima tropical úmido com uma estação seca na primavera-verão e outra estação de chuvas no outono-inverno (*As'*). Decorrentes sobretudo da Frente Polar Atlântica (*FPA*), com atuação mais intensa entre junho e agosto, e do fluxo permanente da massa de ar Tépida Kalaariana (*Tk*), segundo Andrade & Lins (1970). A pluviometria normalmente ultrapassa os 1.000 mm/ano, podendo atingir cerca de 2.300 mm/ano.

Nas seções a montante da bacia a pluviosidade é irregular na distribuição temporal oscilando, no Alto Curso, de 300mm a 800 mm/ano, com maior intensidade no trimestre março-maio, enquanto no Médio Curso, ficam entre 650 mm e 1.100 mm/ano, no período de abril-junho (Albuquerque,1977).

A área de estudo tem um regime térmico que recebe influência da maritimidade e do relevo, que facilita o deslocamento das brisas, permitindo certa uniformidade da temperatura (em torno dos 24<sup>0</sup>C e oscilação inferior aos 4<sup>0</sup>C). Há predominância dos ventos alísios de sudeste.

## 2.4 – VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal do Alto Capibaribe é tipicamente arbustiva, raquítica e de baixa densidade, a despeito de existirem locais onde se torna mais exuberante, influenciada pela presença de topoclima favorável, como nas áreas de exceção (Lins, 1987), os brejos de exposição ou de altitude.

À medida que se avança no sentido Oeste-Leste, a vegetação torna-se verdejante e de maior densidade, caracterizando o Domínio Morfoclimático dos Mares-de-Morros, primitivamente recoberto pela Mata Atlântica, na zona litorânea. A cobertura nativa contrasta com a *plantation* da cana-de-açúcar, os coqueirais e as pastagens.

Como conseqüência da intensa urbanização, a cobertura vegetal, na área de estudo, está muito descaracterizada, restando apenas resquícios da Mata Atlântica representada por florestas secundárias.

A paisagem morfológica dominante, de florestas, indica condicionante climática de alta pluviosidade (1.000 a 2.000 mm) e alta temperatura (24<sup>0</sup>C, em média), com variações entre os *habitats*. A seletividade das espécies, relacionada com o nível de fertilidade do solo e a baixa profundidade do lençol freático, confere uma estrutura pouco densa.

Dentre as espécies presentes destacam-se o cajueiro (*Anacardium occidentale*), louro-da-praia (*Ocotea gardneri*), pitombeira (*Talisia esculenta*),

juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), macaibeira (*Acrocomia sclerocarpa*) e a pitangueira (*Eugenia uniflora*). As áreas mais representativas dessa cobertura vegetal estão relacionadas com a existência das reservas biológicas definidas pela Lei nº 9.989/81 (FIDEM. *Região Metropolitana do Recife Reservas Ecológicas*, 1987).

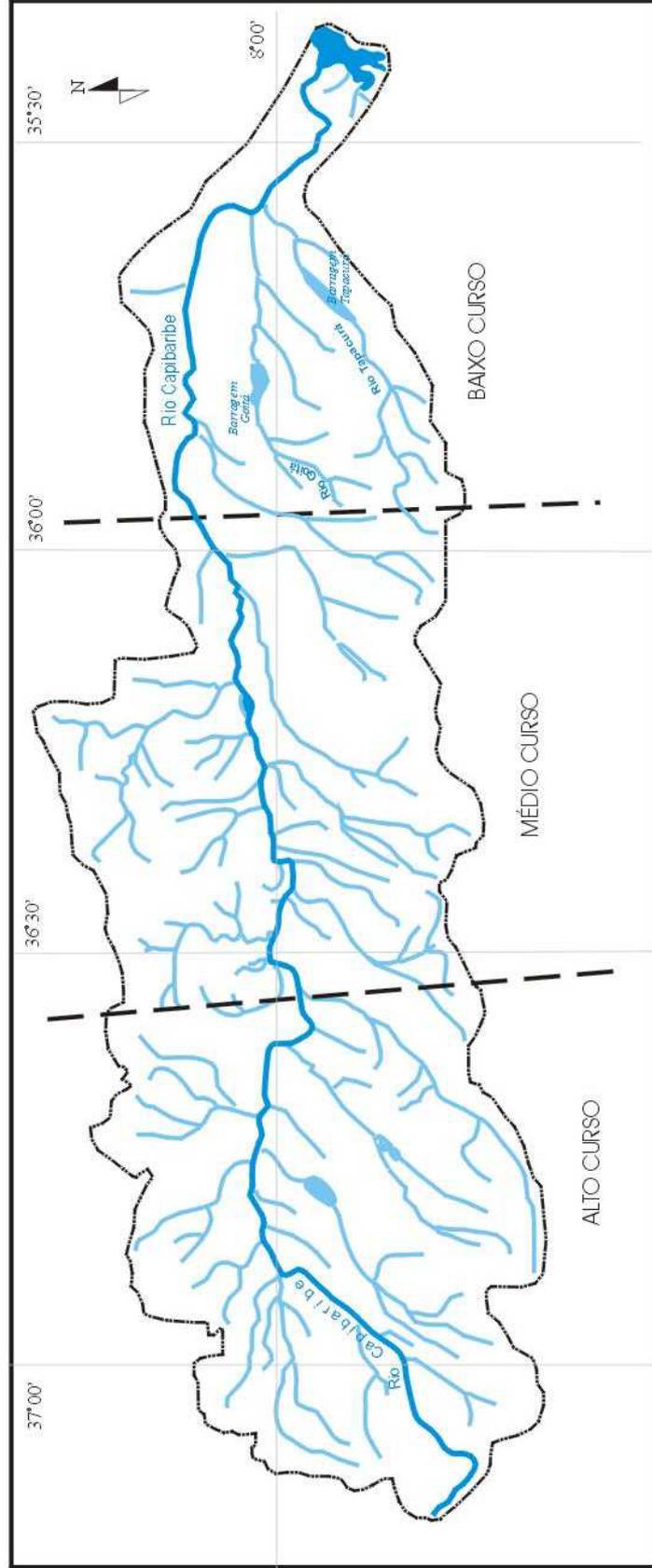
Dentro do ecossistema urbano, a cobertura vegetal tem importância, como elemento de equilíbrio ecológico, graças à retenção e estabilização dos solos, ao favorecimento da infiltração e à diminuição do escoamento superficial, ao refúgio da fauna, à amenização da poluição atmosférica e sonora, além do resguardo da potencialidade e qualidade do abastecimento de água.

## 2.5 – HIDROGRAFIA

A bacia do Rio Capibaribe estende-se por cerca de 7.716 km<sup>2</sup>, (aproximadamente 7,85% da área total do Estado de Pernambuco). Desde suas nascentes, na Serra de Jacarará, no Município de Jataúba, até a foz, no Oceano Atlântico, o Rio Capibaribe percorre 253,5 km. Divide-se em Alto Capibaribe (das nascentes até o município de Toritama), Médio (de Toritama até Limoeiro) e Baixo Capibaribe, considerando a partir do município de Limoeiro até a foz (Figura 3). Sua vazão, no posto localizado em São Lourenço da Mata, no período de 1966/77, indicou a média de 19,84 m<sup>3</sup>/s (Albuquerque e Barboza, 1977).

Os afluentes principais situam-se na margem direita, com extensões compreendidas, mais freqüentemente, entre 50 e 60 km: os dois maiores são os rios Tapacurá e Goitá, que nascem nas encostas da Serra das Russas.

Figura 1 - Representação Gráfica dos Corpos d'Água da Bacia do Rio Capibaribe



Fonte: Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco - CONDEPE, 1991

A nascente do Rio Tapacurá está localizada a 500 m de altitude aproximadamente, percorre 63 km e deságua no Capibaribe próximo à Usina Tiúma, no Município de São Lourenço da Mata. Neste município o afluente é regulado pela Barragem de Tapacurá (com capacidade total de 94.200.000 m<sup>3</sup>), construída em 1973. O Rio Goitá nasce a 300 m de altitude, estende-se por 54 km até à confluência no Capibaribe. Ainda no Município de Glória de Goitá está localizada a Barragem de Goitá com capacidade total avaliada em 35.380.000 m<sup>3</sup>.

O Rio Capibaribe conta com a Barragem de Carpina (nome do município onde foi construída em 1978 com 270.000.000 m<sup>3</sup> de capacidade). As barragens de Carpina, Tapacurá e Goitá formam o sistema de controle de enchentes e contribuem para o abastecimento de água.

No alto curso do Rio Capibaribe, a rede de drenagem é efêmera, controlada pela erosão diferencial da rocha matriz, como consequência de acentuadas diferenças litológicas e estruturais. Por isso os afluentes da margem esquerda têm cursos aproximadamente paralelos e afluem em ângulo agudo ao rio principal, enquanto os da margem direita afluem quase perpendicularmente.

De acordo com os parâmetros utilizados para a classificação fluvial (Christofolletti, 1981, Suguio & Bigarella, 1990) pode-se dizer que, em relação à geometria, no Alto Capibaribe a drenagem é parcialmente entrelaçada, tendendo a tornar-se dendrítica, à medida que se aproxima da foz no Oceano Atlântico. Quanto ao tipo de canal, predomina no alto curso o entrelaçado (*braided*), caracterizado pela mobilização das barras arenosas por enchentes decorrentes de chuvas rápidas e intensas. No baixo curso, ocorre variação entre o tipo retilíneo (*straight*) e o meandrante (*meandering*). Utilizando o sistema de hierarquização da rede de drenagem idealizada por STRAHLER (1957, *in* Tucci, 2000) Rio Capibaribe possui seções de segunda e terceira ordem.

### **3 – A URBANIZAÇÃO NO RECIFE E O RIO CAPIBARIBE**

Este capítulo enfoca o fator humano. Aborda o desenvolvimento dos processos de urbanização e metropolização da Cidade do Recife, no contexto histórico, e aplica dados demográficos para demonstrar o nível da pressão antrópica sobre o meio ambiente. Justifica-se essa abordagem no fato de que sendo o Homem o principal agente modificador espacial na área de estudo, se faz necessário conhecer suas particularidades para que as ações preventivas ou corretivas tenham sucesso.

#### **3.1 –AS FUNÇÕES DO RIO PARA A CIDADE**

No processo de urbanização do Recife, o rio teve maior destaque no passado. Suas funções principais eram o uso como via de transporte e para o abastecimento hídrico. Posteriormente, passou a ser um ambiente de lazer. No contexto arquitetônico induziu na construção das pontes (em 2003 havia 19 pontes sobre o Capibaribe) que caracterizam a cidade, diferenciando-a dos demais centros urbanos do País.

Durante décadas a parcela mais pobre da população utilizou trechos de suas margens alagadiças para habitação. Essa população, sem atendimento de serviço de esgotamento sanitário, atribui ao rio a função de meio de escoamento de dejetos domiciliares. Contudo é observável na paisagem da cidade um forte processo de urbanização verticalizada no entorno do rio. A construção de edifícios não implica em melhoria do sistema sanitário, podendo na verdade compromete-lo. Isto é explicado da seguinte forma: o ritmo da urbanização verticalizada é acelerado, implicando no aumento da demanda sobre o sistema que se apresenta deficiente, tanto na abrangência quanto na manutenção. Confrontados, resultam em transbordamento de canais, rupturas de canos, refluxos de efluentes e lançamentos irregulares. O uso de fossas sépticas é uma alternativa comum, sendo preciso verificar a segurança dos procedimentos de esgotamento e transporte do material.

### 3.2 – A FORMAÇÃO DO SÍTIO URBANO DO RECIFE

A Cidade do Recife é resultado das influências do meio físico e da dinâmica social. A paisagem resultante da urbanização (Foto 2) pode ser observada nos canais, pontes e avenidas, bem como nos parques, praças e jardins, nas vastas áreas edificadas, nos espaços conquistados ao mar, aos mangues e aos morros, entre outros aspectos, nos equipamentos que formam a infra-estrutura econômica e social e no patrimônio cultural e histórico.

Lins (1978) descreve a paisagem dos tempos iniciais do Recife, onde "coroas e bancos de areias, cordões litorâneos arenosos e restingas associados ao pântano de água salobra, manguezais, lagamares, esteios e camboas" formaram o sítio urbano, em sua gênese, ou seja, a partir do estuário afogado dos rios Capibaribe, Beberibe e Tejipió.

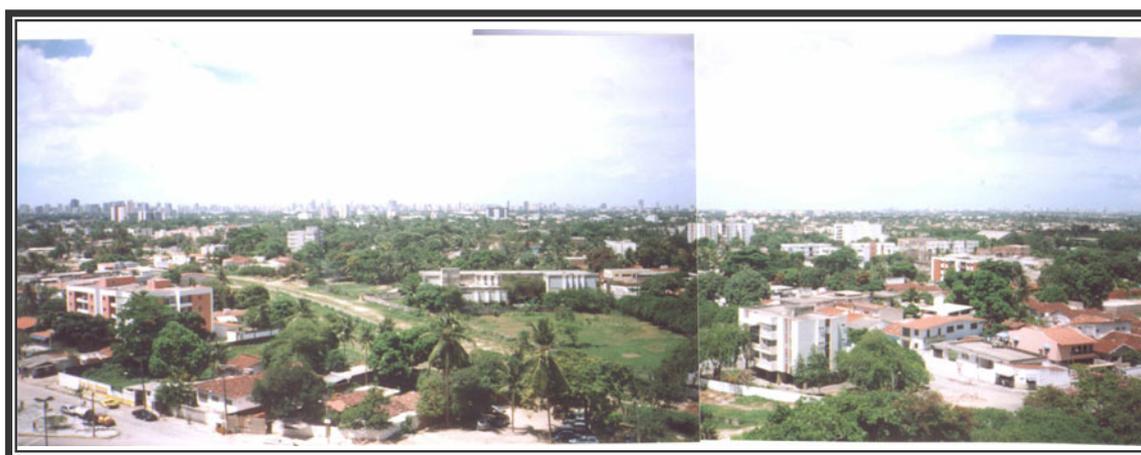


Foto: Autor

FOTO 2. Vista da planície flúvio-marinha onde o Recife se desenvolve. Em primeiro plano, o Bairro do Engenho do Meio, que mantém relativa arborização. Ao fundo, o núcleo central com os edifícios característicos de uma metrópole (04/2002).

A formação do sítio urbano do Recife sob colonização portuguesa foi relativamente lenta. Até fins do século XVI, era nada mais que um lugarejo, sem maior importância, além de um ponto de apoio ao porto marítimo. A partir do domínio holandês e seu planejamento urbanístico, é que se dá a conquista de novas terras, através da construção de diques, pontes, canalizações e aterros. Isso pode ser explicado pela diferença de visão cultural e política e pela diversidade da tecnologia entre lusos e flamengos.

Enquanto os portugueses se instalaram estrategicamente nos morros de Olinda, os holandeses preferiram as várzeas, que reproduziam condições geográficas semelhantes às terras baixas europeias, que tinham aprendido a ocupar com boa margem de segurança. Mesmo com o retorno da administração portuguesa, que provocou a diminuição do ritmo das construções, manteve-se um certo ordenamento, de acordo com o plano idealizado pelos holandeses. Até fins do século XIX, porém, a expansão da cidade sobre a área do atual bairro da Boa Vista, por exemplo, não havia sido concluída. Isso revela a lentidão do processo de urbanização nesse longo período.

As estradas partindo do núcleo central como raios, proporcionaram a formação de pequenos povoados (segundo um processo conhecido como expansão radial). Esses pequenos povoados formavam um verdadeiro arquipélago de núcleos suburbanos vindo a fundir-se posteriormente à medida que novas terras iam sendo conquistadas aos mangues e alagados. Alguns desses núcleos tiveram nos engenhos, localizados em áreas de várzea, e dotados de solos mais propícios para a cultura canavieira, sua base de formação. A primeira e principal área de várzea ocupada foi a do Rio Capibaribe.

Muitos engenhos deram origem a povoados e, bem posteriormente, a bairros, alguns dos quais guardam o nome do estabelecimento rural de origem. Tais aglomerações humanas formavam, assim, nódulos periféricos (Melo, 1978), que, em fins do século XIX, passaram a unir-se, modelando, aos poucos, a fisionomia da atual configuração do Recife. Desse modo, os aglomerados iniciais na área de confluência dos rios Capibaribe, Tejipió e Jordão puderam ser expandidos seguindo essas importantes vias de circulação sobretudo a primeira, para o transporte do açúcar produzido pelos engenhos existentes na bacia hidrográfica desse rio.

### 3.3 – METROPOLIZAÇÃO DO RECIFE

O rápido processo de urbanização que se deu no Recife, a partir da década de 1950, expandiu sua influência política e econômica, transformando a cidade em centro de atração e recepção de grupos humanos. Isso decorreu não propriamente do desenvolvimento da cidade, mas sobretudo através da absorção de

contingentes a partir da repulsão exercida em outras áreas, onde eram baixas as condições de sobrevivência. Para Costa (1982, p. 67):

"O fenômeno de metropolização representa a integração de espaços urbanizados a partir de um núcleo central, cujo crescimento e poder de influencia direta ultrapassa seus limites políticos-administrativos.

A reunião destes espaços estruturados em termos de forte densidade populacional, características ocupacionais e diversidade de interrelações com o núcleo e entre si, permite a identificação de uma área com características específicas, que a diferencia como Região Metropolitana.

A concentração espacial e o volume da população dão margem para uma maior divisão do trabalho e conseqüente diversificação da produção de bens e ampliação da procura de serviços, implicando em problemas quantitativos e qualitativos de atendimento infra-estrutural e pressão da demanda social."

Ocorrendo semelhante urbanização num município de pequena extensão (Recife tem apenas 218,7 km<sup>2</sup>), dá-se espontaneamente a absorção funcional de áreas de outros municípios, independentemente de serem rurais ou urbanizadas, modificando-se suas estruturas para atenderem as necessidades de adequação econômica, em geral com reflexos mais negativos que positivos na sociedade.

Trata-se de processo excludente, pois, mesmo alterando suas estruturas econômicas, essas áreas não conseguem atender, senão seletivamente, as demandas sociais de emprego, saúde, educação e segurança. Tais questões são agravadas pela falta de condições para uma eficaz intervenção de governo ou mesmo pela incapacidade pura e simples de angariar tais condições.

É com esse *status* que o Recife passa a ser o núcleo de atração de populações originárias de área de repulsão, as quais se deslocam em busca de melhorias em termos de emprego, assistência médica e educacional. Como o fluxo é maior que a capacidade de absorção, geram-se problemas de grave impacto social, que as administrações municipais não conseguem equacionar. No processo de crescimento, o espaço urbano absorve áreas rurais, modificando sua estrutura sócio-econômica (Melo, 1978).

Nessas condições, a população economicamente ativa do setor primário vai sendo paulatinamente deslocada para os setores secundário e terciário. Ainda

segundo Melo (1978), a organização espacial se reflete no estabelecimento de uma nova sociedade, que demanda serviços muito diferenciados daqueles da organização social anterior. Mas também demanda espaço físico, em escala crescente. É, então, que a ocupação humana cria uma pressão descontrolada sobre os recursos naturais, rompe o equilíbrio ecológico e compromete, não raro irreparavelmente, o desenvolvimento sócio-econômico.

No trecho final do seu baixo curso, o Rio Capibaribe drena uma planície flúvio-marinha, onde se localiza a cidade do Recife (1.423 mil habitantes, segundo os dados relativos a 2000), que concentra quase 43% do total da população da RMR (3.338mil hab.), conforme ilustra o Gráfico 1. Formalmente instituída em 1973, a Região constitui-se, atualmente, de 14 municípios: Recife, Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista, Camaragibe, Cabo de Santo Agostinho, Igarassu, Araçoiaba, Abreu e Lima, São Lourenço da Mata, Ipojuca, Moreno, Itapissuma e Itamaracá. Ressalte-se que a densidade demográfica do Recife, calculada em 6.506 hab./km<sup>2</sup>, corresponde a 5,3 vezes o número encontrado para o total da Região (1.218 hab./km<sup>2</sup>).

Analisando-se a Tabela 1, pode-se observar que no período de quatro décadas e meia, a população do Recife ficou duas vezes e meia maior. Nesse interregno a densidade demográfica passou dos 2.400 hab./km<sup>2</sup>, em 1950, para 6.506 hab./km<sup>2</sup>, em 2000.



Fonte: IBGE - Censo Demográfico – PE, 2000.

Gráfico 1: Participação do Recife na população da RMR em 2000. Ilustra bem a liderança demográfica da cidade sobre a Região.

Nos períodos de 1950/60, 1970/80, 1980/1991 verifica-se que as taxas de crescimento anual da população do Recife vinham diminuindo expressivamente. No período 1991/2000 (Tabela 2), voltaram a apresentar um pequeno aumento. Em ambas as situações, o quadro se apresenta preocupante, considerando-se a pequena extensão territorial da cidade, onde praticamente inexistem espaços vazios propícios à ocupação. Isso explicaria porque, tendo poucas opções de expansão horizontal, parte substancial do crescimento se dá por meio de submoradias, em áreas de risco (morros, margens de rios, mangues e alagados), e parte, pela expansão verticalizada (Fotos 3 e 4).

Tabela 1  
RMR E RECIFE  
ÁREA E POPULAÇÃO TOTAL/1950 –2000

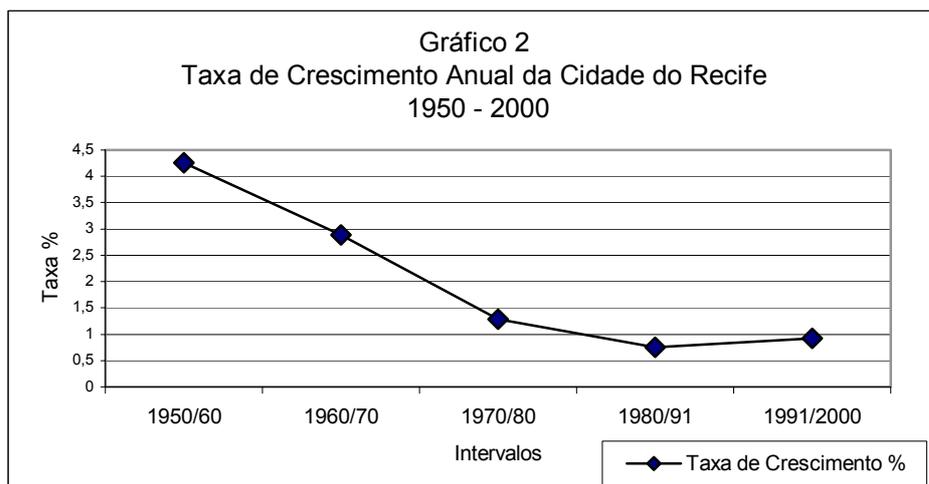
UNIDADES ESPACIAIS	ÁREA km <sup>2</sup>	POPULAÇÃO TOTAL (1.000 hab. aprox..)					
		1950	1960	1970	1980	1991	2000
RMR	2.754,3	-	-	-	-	2.922	3.338
RECIFE	218,7	525	797	1.060	1.204	1.298	1.423

Fonte: IBGE. Censo Demográfico – PE, 1950.  
Sinopse Preliminar do Censo Demográfico – PE, 1960  
Censos Demográficos – PE, 1970, 1980, 2000.

TABELA 2  
TAXAS DE CRESCIMENTO ANUAL DA CIDADE DO RECIFE/1950 -2000

UNIDADE ESPACIAL	TAXA DE CRESCIMENTO ANUAL (%)				
	1950/60	1960/70	1970/80	1980/91	1991/2000
RECIFE	4,26	2,89	1,28	0,75	0,92

Fonte: IBGE - Censo Demográfico – PE, 1950.  
- Sinopse Preliminar do Censo Demográfico – PE, 1960.  
- Censos Demográficos – PE, 1970, 1980, 1991, 2000.



Fonte: IBGE - Censo Demográfico – PE, 1950.  
Sinopse Preliminar do Censo Demográfico – PE, 1960.  
Censos Demográficos – PE, 1970, 1980, 1991, 2000.

A verticalização pode ser compreendida como o processo de máximo aproveitamento de determinadas áreas, mediante a construção de edifícios, sobretudo residenciais e comerciais. No Recife, cuja área se encontra quase totalmente urbanizada, a verticalização é a saída e, ao mesmo tempo, um indicador do intenso processo de urbanização. E tal processo implica em altas concentrações humanas, acarretando fortíssimas pressões de demanda sobre os recursos de solo e água. A intensificação no consumo dos recursos hídricos provoca, entre outras práticas, a perfuração de poços para captação de água subterrânea, visando compensar a deficiência da oferta regular de água superficial.

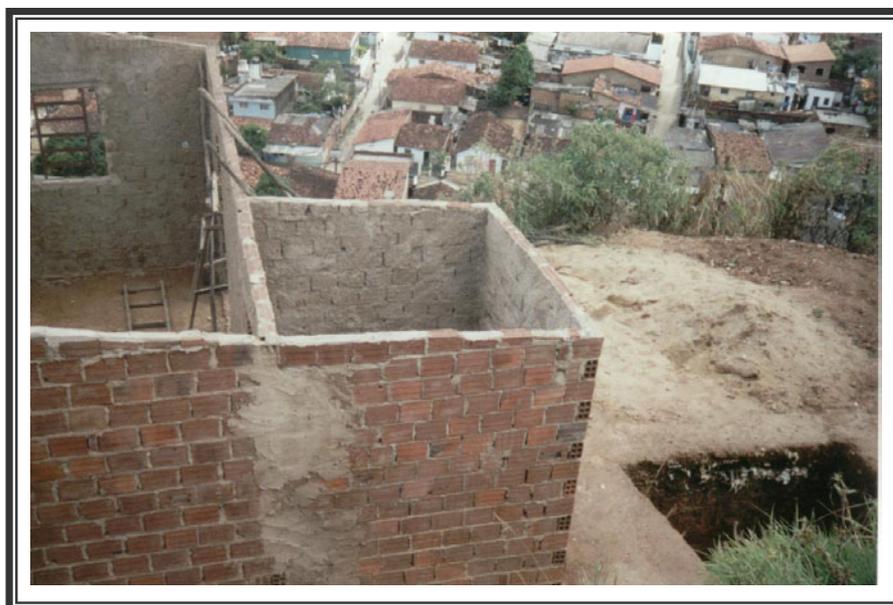


Foto: Autor.

Foto 3: Construção irregular em área de risco de escorregamento. No canto inferior direito uma escavação para construção de uma fossa. Associado ao peso das construções vizinhas e a proximidade da borda vertente, aumentam consideravelmente a vulnerabilidade do sistema.

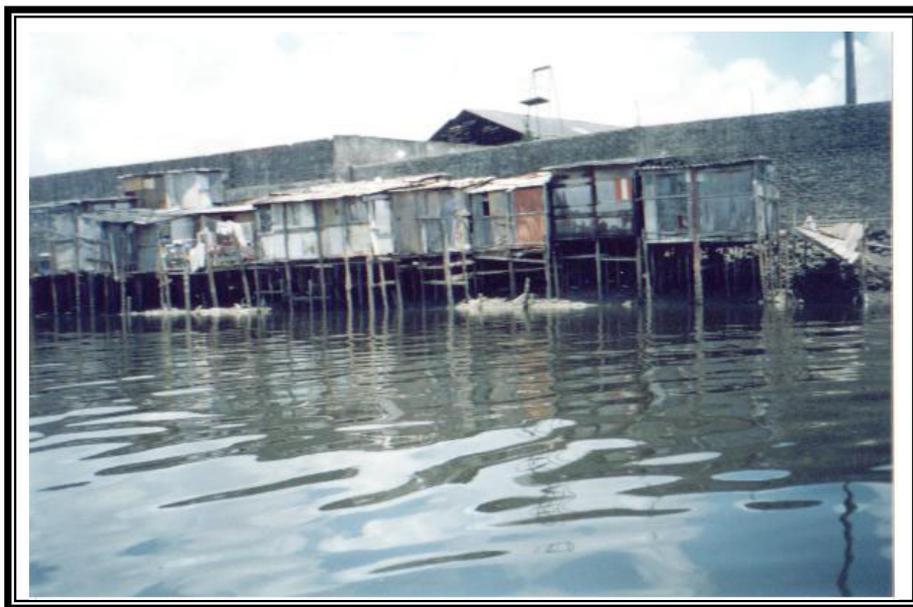


Foto: Autor

Foto 4: Residências em área de risco de inundação durante as cheias fluviais. Observe o muro construído por trás dos casebres diminuindo as chances de fuga durante um acidente..

Ademais, a sobrevivência desse efetivo humano crescente supõe uma estrutura produtiva de bens e serviços, que por seu turno, também cria pressão (e não pequena) sobre a natureza. Muitos segmentos industriais e alguns serviços exigem abundante suprimento de água, seja para o processo de produção, seja para a diluição e transporte dos efluentes.

Importa ressaltar que a maioria das unidades manufatureiras instaladas na RMR data de época em que muito pouca atenção se dava às questões de conservação ambiental e desenvolvimento sustentável. Daí a contribuição dessas unidades fabris para os elevados índices de poluição dos rios, mangues e mesmo lençóis subterrâneos, na Região, sem falar na deterioração dos solos e da cobertura vegetal, como decorrência do lixo produzido e lançado, sem o devido tratamento, no meio ambiente (Foto5).



Foto 5: O lançamento de lixo no meio ambiente é uma questão que suscita discussões quanto a responsabilidade sobre sua destinação final: se da indústria, por ser a produtora dos recipientes, a administração pública, na coleta e disposição, ou do consumidor através dos impostos.

#### **4 – MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a realização deste trabalho procedeu-se uma seqüência metodológica composta de etapas distintas, com uso de materiais e dados adequados no ensejo de cumprimento da abordagem ambiental referente aos problemas detectados e aos objetivos propostos. Estes trabalhos foram realizados, basicamente, em quatro etapas: etapa preliminar, constando de levantamento bibliográfico, e preparação das bases cartográficas; etapa de campo, no qual se realizou o reconhecimento, detalhamento descrições e coleta de amostras; etapa de laboratório, na qual se

procederam todas as análises necessárias às definições e individualizações das unidades espaciais mapeáveis na escala proposta e, finalmente a etapa de escritório onde se interpretaram os dados e confeccionou-se o texto da dissertação.

#### 4.1 - ETAPA PRELIMINAR

Esta etapa constou de um levantamento bibliográfico geral abrangendo o máximo dos trabalhos realizados, posteriormente selecionando os mais significativos de acordo com os critérios de conteúdo e contribuição aos objetivos propostos. Entre estes trabalhos, constam: o fornecimento de dados a partir de censos demográficos, relatórios técnicos entre outros.

##### a) CARTOGRAFIA

Esta fase foi realizada com apoio da Companhia Pernambucana de Meio Ambiente - CPRH. Como base de referenciamento cartográfico utilizaram-se ortofotocartas (FIDEM) na escala de 1:10.000. O limite da área de estudo (faixa de 200m ao longo de cada margem) e as entidades representadas no mapa foram digitalizadas em uma mesa geo-referenciada através do *software* MAXI-CAD e posteriormente editadas no mesmo programa. A opção pelo MAXI-CAD é por ser mais indicado para confecção de mapas digitais ao oferecer diversas opções de tratamento e editoração, aliadas a facilidade de manuseio. A finalização gráfica foi feita no *software* Corel DRAW por possuir ampla paleta de cores, possibilitando melhor efeito visual. Para preparação das bases cartográficas foram utilizadas:

- Carta de Nucleação Centro – Escala 1: 20.000 - 1987 (FIDEM);
- Carta de Nucleação Centro – Escala 1: 20.000 - 2000 (FIDEM);
- Ortofotocartas – Escala 1: 10.000 – 1987 e 1995 (FIDEM); folhas 81/00-05-50-55; 80/00-05-50-55; 90/05 e 91/00.

##### b) QUALIDADE DA ÁGUA

Foram analisados os dados fornecidos pelos relatórios de monitoramento da qualidade da água efetuados pela Companhia Pernambucana de Meio Ambiente –

CPRH, abrangendo o período de 1996 a 2002. Os dados foram tabulados e representados em gráficos.

### c) BATIMETRIA

Foram analisados os dados do Relatório Técnico – Batimetria Fase I (Araújo,1998) que possibilitaram a elaboração de um mapa batimétrico. O mapa resultante considera um canal retificado. Inicialmente os dados foram obtidos dos gráficos e plotados em folhas de papel milimetrado, respeitando eqüidistância e escala indicada em cada gráfico. No relatório consultado a distância entre as seções batimétricas é de 50 metros. Para este trabalho consideraram-se seções alternadas, ou seja, a cada 100 metros foi plotada uma seção. A partir dos pontos plotados foram estabelecidas isolinhas que originaram um mapa batimétrico analógico. Na etapa seguinte, os dados foram inseridos no *software* gráfico SURFER. Como produto foi criado o mapa batimétrico digital.

### 4.2 – ETAPA DE CAMPO

O planejamento, a organização e a execução de uma coleta amostral sedimentar, depende dos métodos para a alocação das dragagens e conhecimento das especificidades ambientais. No caso desta dissertação, esta etapa foi ajustada com apoio de um mapa preliminar de vulnerabilidade.

Como material de trabalho, para coleta de sedimentos no estuário do Rio Capibaribe foram utilizados: 01 (uma) lancha com motor de popa (cedida pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM) e remos, coletes salva-vidas, 01 (um) receptor GPS (Garmin 12), sacos plásticos, lacres plásticos, placas metálicas de identificação, 01 (uma) bandeja plástica, 01 (uma) draga de arraste tipo cilíndrica, 01 (uma) draga de fundo, 01 (uma) caixa plástica de acondicionamento de material, 02 (dois) pares de luvas plásticas e 01(um) par de luvas de algodão, 01 (uma) colher do tipo construção. Na lancha a equipe foi dividida desta forma: operador da embarcação – 01; dragadores – 02; coordenador e identificador – 01.

As amostragens foram realizadas em seções perpendiculares ao leito do rio intercaladas com distância aproximada de 200 metros. As seções podiam ter o número variando entre uma e três amostras. Nos trechos do curso onde os fluxos da corrente hídrica eram mais intensos foi utilizada a draga de arraste, enquanto que no

trecho de fluxo de menor intensidade foi utilizada a draga de disparo. Os pontos de coleta foram georeferenciadas com o receptor GPS, as amostras foram identificadas em fichas de campo com número de plaqueta, ensacadas e lacradas. Aproveitou-se o trabalho de campo para a observação da paisagem e anotação no mapa de ocorrências relevantes. Foram realizadas 85 coletas de material sedimentar.

#### 4.3 – ETAPA DE LABORATÓRIO

O material coletado foi separado em dois grupos. O composto pelas lamas foi guardado para posteriores análises. O material composto por sedimentos arenosos foi preparado para estudo granulométrico.

Os estudos granulométricos constam de etapas que obedecem a uma rotina de trabalho pré-estabelecida. Inicialmente as amostras são tratadas para a retirada do excesso de água, complementada com a secagem ao vento por três dias. Materiais estranhos (lixo) devem ser descartados. A seguir são colocadas em estufa a 60<sup>o</sup>C por 24h. Concluído o tempo de secagem separa-se 100g para análise e quantidade similar para contra-amostra, como medida de segurança. Das 100g para análise é feito peneiramento úmido. Para esse trabalho, durante a lavagem, foi descartada a fração inferior a 0,062mm (silte e argila). A fração superior a 2mm (fração cascalho) foi reservada, para posterior análise granulométrica. A fração areia retornou para a estufa por mais 24h. Concluída a secagem cada amostra foi fracionada em um jogo de cinco peneiras (com malhas de espessura de 1mm, areia muito grossa; 0,50mm, areia grossa; 0,250mm, areia média; 0,125mm areia fina e 0,062mm, areia muito fina) em um peneirador tipo *Rotap*, por 15 minutos. As frações, inclusive o cascalho, foram pesadas em balança de precisão, ensacadas e identificadas.

Para o tratamento estatístico das amostras foi utilizado o *software* PANCON – Programa de Análise Completa V.91 (ECD). O programa demonstrou ser suficiente para as necessidades do trabalho. As informações obtidas através do PANCON geraram dados que foram tabulados e representados em gráficos no *software* EXCEL.

## **5 – SEDIMENTOLOGIA DO RIO CAPIBARIBE**

Este capítulo apresenta os resultados das análises laboratoriais visando a caracterização dos depósitos arenosos do leito do Rio Capibaribe. A importância do estudo sedimentológico está na identificação de jazidas de areais próprias para a construção civil, espacialização da fácies arenosa e lamosa, auxílio para a identificação da constituição da morfologia fluvial. A partir dos dados obtidos foi possível elaborar o mapa de textural do rio.

### **5.1 - ASPECTOS TEXTURAIIS**

A calha do Rio Capibaribe tem largura variável. Dentro da área de estudo, em seu trecho inicial, no bairro da Várzea, chega a ter a largura de 40 metros. A jusante

passa a variar entre 60 e 120 metros de largura. Na parte final pode atingir em torno de 200 metros.

A porção final do curso do rio foi profundamente alterada pelas intervenções antrópicas durante o processo de urbanização do Recife. As modificações incluem aterramentos legais e clandestinos de áreas de várzeas, retificações e dragagens, além da construção de muros de contenção nas margens. Outra intervenção a ser ressaltada está na construção de barragens localizadas em municípios a montante, para contenção das enchentes. Essas barragens retêm o suprimento de areias e diminuem a vazão, com isso o rio perde energia e passa a transportar principalmente material mais fino.

Com base no diagrama triangular de Shepard (1954) e levando-se em consideração as proporções de cascalho, areia e lama (silte+ argila), observa-se na área estudada, a presença de três fácies granulométricas distintas: arenosa, areno-lamosa e lamosa. Em razão das amostras identificadas como representantes da fácies areno-lamosa, apresentarem característica granulométrica muito próxima da fácies arenosa, decidiu-se reajustar em dois tipos: fácies arenosa e fácies lamosa.

Como será apresentado mais adiante, o mapa textural foi elaborado a partir da análise do diâmetro médio da fácies arenosa.

#### a) FÁCIES ARENOSA

Esta fácies se concentra nas áreas entre a Ponte Marechal Castelo Branco (Ponte da Av. Caxangá) e a Ponte da BR-101, entre o Parque da Jaqueira e a Madalena e nas proximidades da Praça do Derby, como mostra o Mapa Textural (Figuras 4, 5, 6). Dentro do canal a fácies arenosa predomina na parte central, mas também ocorre com certa frequência em bancos de areia que por vezes se desenvolvem nas margens. Em algumas amostras foram encontrados fragmentos de conchas nos tamanhos cascalho e areia. As amostras componentes desta fácies são formadas essencialmente por teores acima de 78% da fração areia cuja composição é destacadamente quartzosa. Devido às retenções de material após a construção das barragens de Tapacurá, Carpina e Goitá, pode-se deduzir que essas areias não se tratam de material recentemente depositado.

#### b) FÁCIES LAMOSA

Esta fácies compreende basicamente sedimentos sílticos e argilosos com baixo teor de areia (menos de 1%). Ocorre principalmente nas margens. Quando encontrada na parte central do canal, em geral está recobrindo os depósitos de areia. Na área de estudo, há maior concentração após o Bairro dos Coelhoos e em quase toda a Bacia de Santo Amaro (Figura 7). As lammas têm constituição preponderante de material terrígeno, mas há evidente participação de matéria orgânica oriunda de restos vegetais e, principalmente, lançamento de efluentes domésticos.

## 5.2 – DIÂMETRO MÉDIO

O diâmetro médio, do ponto de vista geológico, é um parâmetro que reflete a média geral de tamanho dos grãos dos sedimentos que são afetados pela fonte de suprimento de material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente. Nos sedimentos analisados, em sua fração total, o diâmetro médio varia entre os seguintes intervalos:

Cascalho = -2 a -1 Ø

Areia grossa = -1 a +1 Ø

Areia média = +1 a 2 Ø

Areia fina = 3 a + 4 Ø

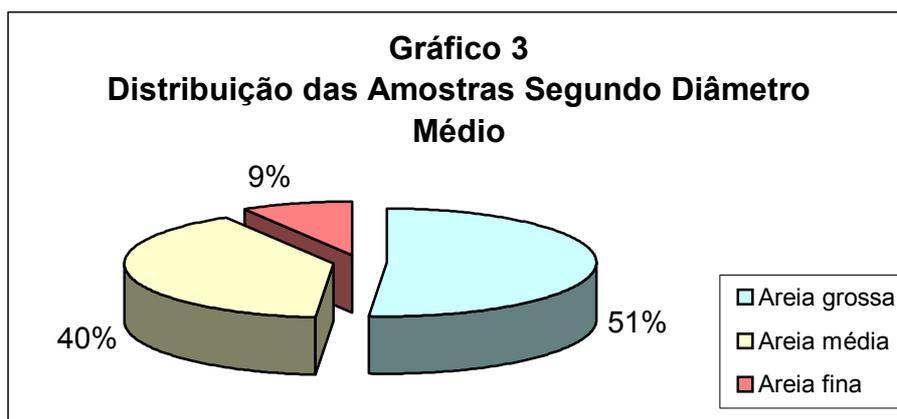
Lama = > 4 Ø

A fração cascalho, em todas as amostras analisadas, tem participação muito pequena (em geral menos de 4%). Esta fração ocorre associada à fácies arenosa. A fração correspondente a areia grossa (-1 a +1 Ø) é predominante no total das amostras (Gráfico 3 e Tabela 3). Está localizada, principalmente, na área entre as pontes Mal. Castelo Branco (Caxangá) e da BR 101. Outra área de ocorrência estende-se das proximidades do Parque da Jaqueira até a Ponte E. Coimbra (Derby). As areias médias (+1 a 2 Ø) e fina a muito fina (3 a + 4 Ø) são encontradas, em geral, predominando nas áreas de contato entre os domínios de areias grossas e predomínios de lammas.

A fração lama, nas amostras analisadas, tem pequena participação. Há maior quantidade dessa fração na fácies areno-lamosa, mas sem alcançar valores muito significativos.

A espacialização indicou que as amostras apresentam concentrações principalmente de areias grossas (18 amostras, 51%) e, secundariamente, de areias médias com 14 amostras (40%). Foram identificadas apenas 3 amostras (9%) de areias finas (Gráfico 3). Os depósitos estão localizados principalmente na parte central do canal, podendo ocorrer nas margens.

Isso pode ser explicado pelo fato da maior parte da energia de fluxo e refluxo estar localizada no centro do canal, logo, é menor o processo de deposição neste compartimento. Desta forma, o material mais fino é transportado em suspensão. As áreas em que as lamas recobrem as areias da parte central do canal, podem ser explicadas pela deposição que ocorre no intervalo de tempo entre o fluxo da vazão fluvial e o refluxo do período de maré enchente. Outra explicação é a mobilidade do material depositado nas margens e que, com o peso, passa a se deslocar para as áreas mais profundas do leito do rio.



### 5.3 – DESVIO PADRÃO

O desvio padrão, utilizado na análise granulométrica, tem intrínseca relação com a capacidade dos diferentes tipos de agentes geológicos em fazer maior ou menor seleção de um determinado tamanho de grão. O desvio padrão de amostras sedimentares indica o nível de energia da bacia de acumulação e tem influência no grau de maturidade textural e, ainda, pode apontar misturas populacionais representadas no material analisado (Manso *et al*, 1997). Segundo Toldo Jr. (1998), a nomenclatura adotada para este parâmetro é:

- ( $\sigma$ ) < 0,35 -seleção muito boa
- 0,35 a 0,50 -seleção boa

- 0,50 a 1,00 -seleção moderada  
 1,00 a 2,00 -seleção pobre  
 2,00 a 4,00 -seleção muito pobre  
 4,00 > ( $\emptyset$ ) -seleção extremamente pobre

A análise granulométrica das amostras demonstrou que predominam os sedimentos moderadamente selecionados entre os limites de 0,50 a 1,00  $\emptyset$  (Gráficos 4 e 5). Os sedimentos são constituídos de grãos de areias, com presença de lama e cascalho. As maiores concentrações de lama ocorrem nas áreas de menor energia destacando as margens do rio e a parte final do curso.

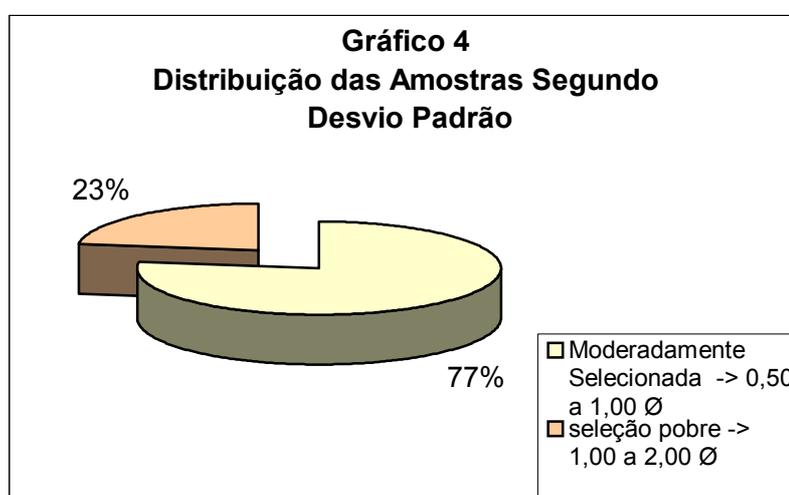


TABELA 3  
 CLASSIFICAÇÃO DAS AREIAS DO RIO CAPIBARIBE, SEGUNDO  
 DIÂMETRO MÉDIO, DESVIO PADRÃO E FÁCIES POR AMOSTRA

AMOS-TRA	Diâmetro médio /	classificação	Desvio padrão /	nível de seleção	FÁCIES
1	0,872	Areia média	0,756	moderada	areia
2	1,283	Areia média	0,762	moderada	areia
3	1,195	Areia média	0,789	moderada	areia
4	0,448	Areia grossa	1,006	pobre	areia
5	0,91	Areia média	0,828	moderada	areia
6	0,31	Areia grossa	1,085	pobre	areia lamosa
7	1,225	Areia média	0,917	moderada	areia
8	1,408	Areia fina	1	pobre	areia
9	1,245	Areia média	0,733	moderada	areia
10	0,556	Areia grossa	0,586	moderada	areia
11	0,368	Areia grossa	1,054	pobre	areia
12	0,536	Areia grossa	0,658	moderada	areia
13	0,408	Areia grossa	0,817	moderada	areia
14	1,128	Areia grossa	1,179	pobre	areia lamosa
15	0,848	Areia média	0,793	moderada	areia
16	2,389	Areia fina	0,939	moderada	areia
17	0,912	Areia média	0,798	moderada	areia
18	1,509	Areia média	0,627	moderada	areia
19	0,183	Areia grossa	1,036	pobre	areia
20	0,052	Areia grossa	0,602	moderada	areia

21	-0,076	Areia grossa	0,623	moderada	areia
22	0,649	Areia grossa	0,658	moderada	areia
23	0,61	Areia grossa	0,631	moderada	areia
24	0,614	Areia grossa	0,766	moderada	areia
25	0,547	Areia grossa	0,675	moderada	areia
26	0,861	Areia grossa	1,183	moderada	areia lamosa
27	0,285	Areia grossa	0,858	moderada	areia
28	0,865	Areia média	0,777	moderada	areia
29	0,83	Areia média	0,641	moderada	areia
30	0,444	Areia grossa	0,986	moderada	areia
31	1,867	Areia fina	0,65	moderada	areia
32	1,606	Areia média	0,629	moderada	areia
33	1,081	Areia grossa	1,008	pobre	areia lamosa
34	1,109	Areia média	1,021	pobre	areia
35	0,866	Areia média	0,739	moderada	areia lamosa

---

---

**SEDIMENTOLOGIA, BATIMETRIA,  
QUALIDADE DA ÁGUA E VULNERABILIDADE  
DO RIO CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE**

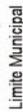
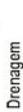
**MAPA TEXTURAL**

Autor: **Josué Pereira da Silva**  
Orientador: **Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso**

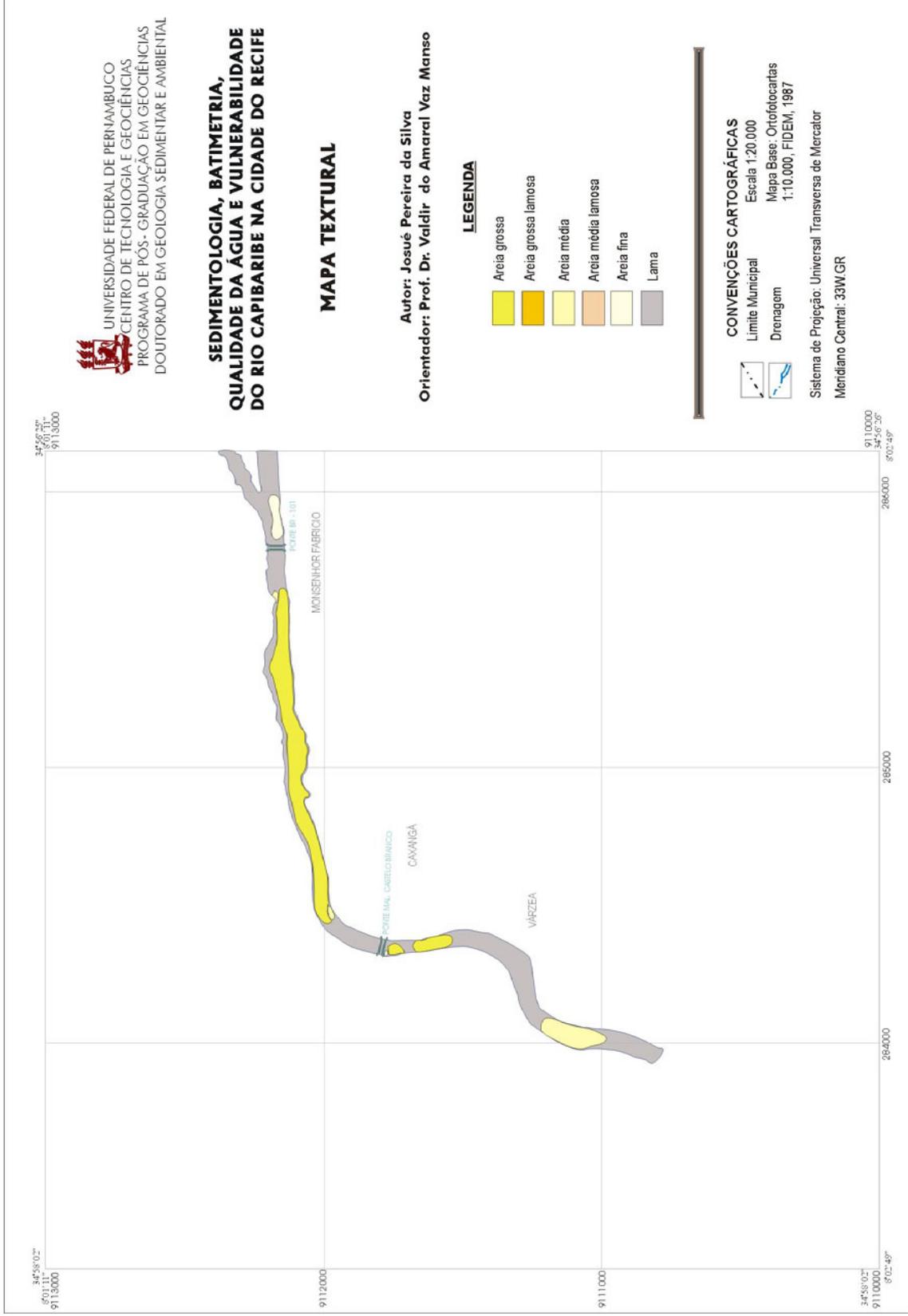
**LEGENDA**

-  Areia grossa
-  Areia grossa lamosa
-  Areia média
-  Areia média lamosa
-  Areia fina
-  Lama

**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**

-  Limite Municipal
  -  Drenagem
- Escala: 1:20.000  
Mapa Base: Ortofotocartas  
1:10.000, FIDEM, 1987

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator  
Meridiano Central: 33WGR




 UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
 CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
 DOUTORADO EM GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL

**SEDIMENTOLOGIA, BATIMETRIA,  
 QUALIDADE DA ÁGUA E VULNERABILIDADE  
 DO RIO CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE**

**MAPA TEXTURAL**

Autor: **Josué Pereira da Silva**  
 Orientador: **Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manoso**

**LEGENDA**

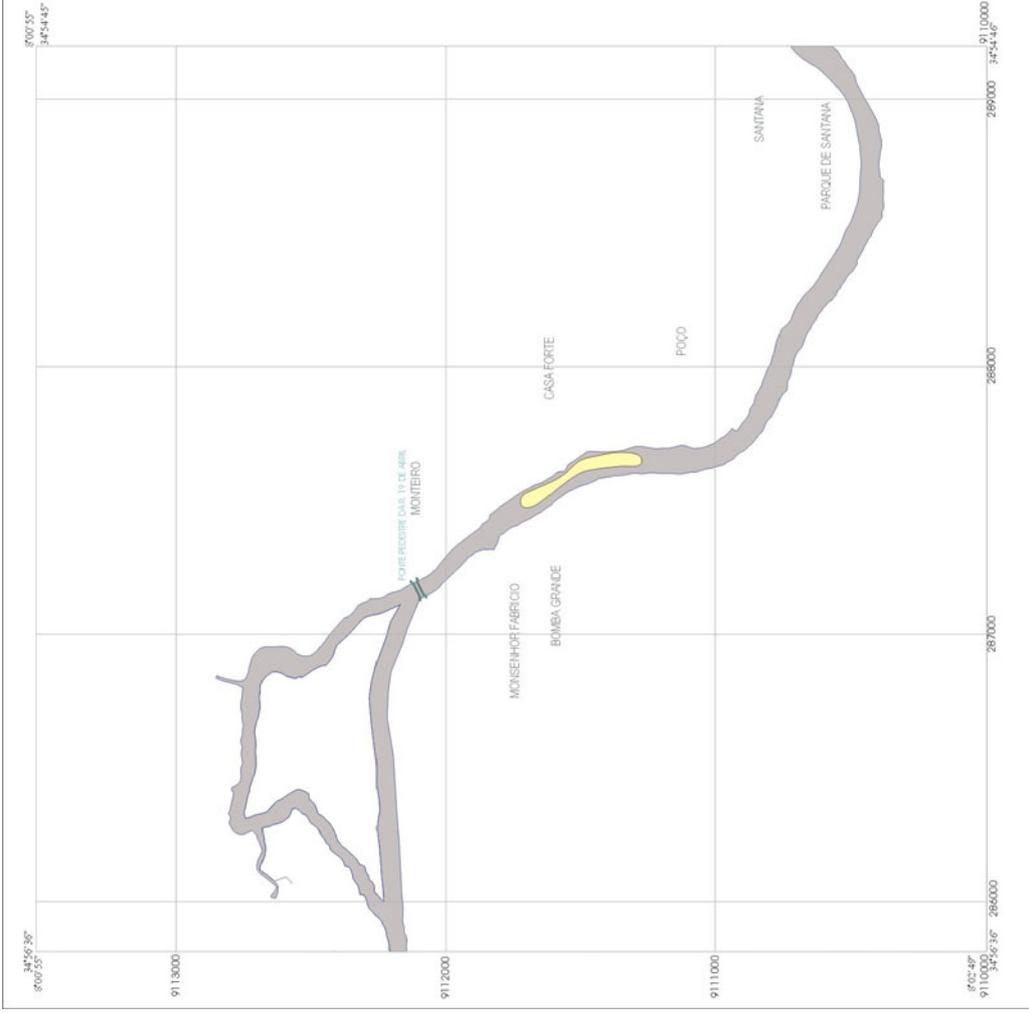
-  Areia grossa
-  Areia grossa lamosa
-  Areia média
-  Areia média lamosa
-  Areia fina
-  Lama

**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**


 Limite Municipal  
 Escala 1:20.000  

 Drenagem  
 Meridiano Central: 33W,GR

Mapa Base: Ortofotocartas 1:10.000, FIDEM, 1987  
 Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator



34°54'52" 8°01'57" 34°52'55" 8°01'58"



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
DOUTORADO EM GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL

### SEDIMENTOLOGIA, BATIMETRIA, QUALIDADE DA ÁGUA E VULNERABILIDADE DO RIO CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE

#### MAPA TEXTURAL



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
DOUTORADO EM GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL

### SEDIMENTOLOGIA, BATIMETRIA, QUALIDADE DA ÁGUA E VULNERABILIDADE DO RIO CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE

#### MAPA TEXTURAL Folha 4

Autor: Josué Pereira da Silva  
Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso

#### LEGENDA

- Areia grossa
- Areia grossa lamosa
- Areia média
- Areia média lamosa
- Areia fina
- Lama

#### CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Pontes
- Drenagem

Escala 1:10.000  
Meridiano Central: 33W.GR  
Mapa Base: Ortofotocartas 1:10.000, FIDEM, 1987  
Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator



## 6 – BATIMETRIA DO RIO CAPIBARIBE

Este capítulo apresenta o resultado do tratamento dos dados de batimetria do Rio Capibaribe. A importância do levantamento batimétrico está na delimitação e caracterização da morfologia do leito fluvial. Devido restrições financeiras optou-se pela utilização de dados já existentes. Embora relativamente defasado, haja vista datar de 1998, ainda assim foi possível associar ao estudo sedimentológico e ao trabalho de campo, facilitando a compreensão do sistema estudado.

### 6.1 – INTRODUÇÃO À DESCRIÇÃO BATIMÉTRICA

A batimetria da calha do Rio Capibaribe é apresentada em um conjunto de três mapas, sendo representando sob forma de um canal retificado. Foi elaborado a partir de dados de sondagens fornecidos pelo Grupo de Mecânica dos Fluidos Ambiental (GMFA) – UFPE (Araújo, 1998). O mapa apresenta as variações do vale menor que está inserido numa planície. Isto explica a baixa declividade do canal que acarreta, com a baixa energia de transporte, a deposição de sedimentos. Resumidamente, os depósitos formados são classificados, segundo a geomorfologia, como depósitos de crescimento lateral e de crescimento vertical. Os depósitos laterais devem-se à migração lateral do canal fluvial, resultando na redistribuição dos sedimentos disponibilizados. Este é o caso das barras de pontal (*point bar deposits*). Os depósitos de crescimento vertical são comuns em planícies de inundação (*flood plain*) e denotam o sentido verticalizado de sedimentação das partículas em suspensão (Reineck, 1980).

O canal do Rio Capibaribe tem largura predominante em torno de 100 metros. Em poucos trechos a distância é menor que 80 metros. Na área denominada Bacia de Santo Amaro chega a ter 600 metros de largura.

De modo geral, até na área do Bairro da Várzea, o rio recebe influência do fenômeno das marés ou, mais precisamente cunha de maré. Durante a maré alta

além da entrada da água marinha na área mais próxima da foz, ocorre o refluxo das águas fluviais nas áreas mais a montante. Por isso, as margens com batimetria em cotas de até dois metros podem ficar expostas durante as vazantes. A área para análise da batimetria inicia a 400 metros à montante da Ponte Marechal Castelo Branco (Ponte da Av. Caxangá) a até a foz com o Oceano Atlântico. A elaboração do mapa permitiu, segundo as características morfológicas apresentadas, subdividir o canal em três seções.

## 6.2 – SEÇÃO 1 (ZONA BATIMÉTRICA – VÁRZEA / MONTEIRO)

É o trecho em que o rio se apresenta mais estreito variando de 40 a 80 metros de largura. O talvegue está contido, predominantemente na cota de 3 metros de profundidade. Há maiores profundidades, como cotas de 4 e de 5 metros e, excepcionalmente, na cota de 6 metros como mostra a Folha 1 do Mapa Batimétrico (Figura 8).

Partindo da distância de 400 metros a montante da Ponte Marechal Castelo Branco verifica-se que a largura é de aproximadamente 40 metros. 100 metros a jusante atinge 60 metros de largura, logo decaindo e estabilizando em 40 metros. 200 metros antes da ponte o mapa batimétrico indica uma depressão de quatro metros com 25 m de comprimento por 5m de largura. Neste trecho foram feitas três amostragens constituídas de areia, na margem esquerda de areia média e as outras duas de areia grossa.

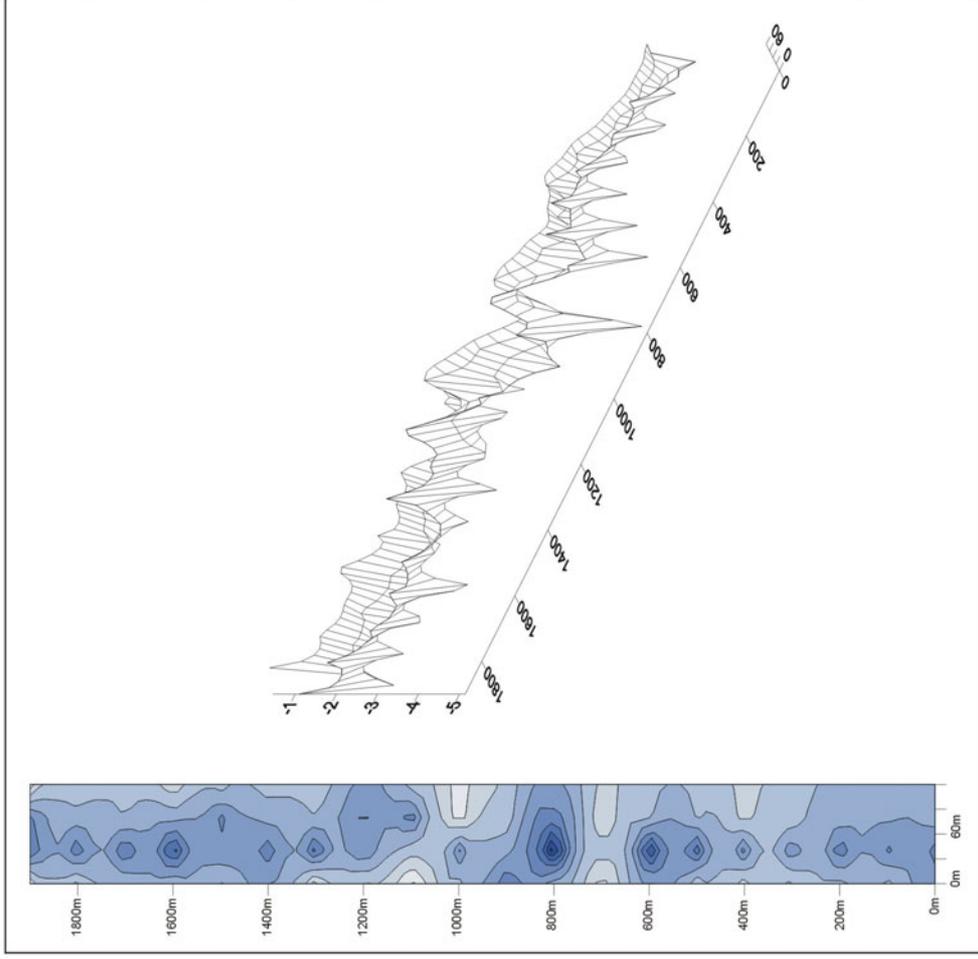
50 metros antes da ponte, há nova depressão de 4 m, com 350m de comprimento por 10 m de largura. Nela está inserida, 130m depois da ponte, uma cota de 5 m, com quase 100m por 10m de largura. Embaixo da ponte, na margem esquerda e no meio foi feita mais duas coletas, ambas de areia. Na margem embaixo da ponte, onde há a confluência de um pequeno riacho, o sedimento foi classificado como areia fina, no meio do rio os depósitos são constituídos de areia média.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
MESTRADO EM GEOLOGIA, SEDIMENTAR E AMBIENTAL

**SEDIMENTOLOGIA, BATIMETRIA,  
QUALIDADE DA ÁGUA E  
VULNERABILIDADE DO RIO  
CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE**

**MAPA BATIMÉTRICO\***  
Seção 1

Autor: José Pereira da Silva  
Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso



\* Dados batimétricos compilados de Araújo et al., 1998.

Cerca de 200m da ponte foram realizadas mais duas amostragens de material arenoso. A partir de 300 metros jusante da Ponte Castelo Branco, a calha do rio fica mais larga variando entre 70 e 80 metros.

A 400 metros jusante da ponte há uma depressão que atinge a cota de 6 metros de profundidade. Conjuntamente à cota de 5 m, têm uma forma semicircular, ambas inseridas na parte mais larga da cota de 4 metros cuja parte mais estreita se projeta para a margem acompanhando o aumento da calha. Aos 500 m onde há diminuição batimétrica foram feitas duas coletas de areia. 600 metros a jusante da Ponte Castelo Branco há uma depressão de 4 m, transversal à calha do rio, possui aproximadamente 150m de comprimento e uma média de 10m de largura.

Distando 550 metros a montante da Ponte da BR-101 há uma pequena depressão de 4 m, com 50m de comprimento por 5m de largura. Há cerca de 50 metros antes dessa depressão, a amostra 12 demonstrou um fundo arenoso.

300 metros antes da Ponte da BR-101 há uma depressão de 4 metros. Esta depressão tem 200m de comprimento, até os 100m possui cerca de 25m de largura, em contrapartida, nos 100m restantes passa a ter apenas cerca de 10 metros. Entre as margens direita e esquerda do rio e essa depressão, foram coletadas duas amostras de areia (foto 6). Nos próximos 500 metros o talvegue fica estabilizado na cota batimétrica de 3 metros. 80 metros depois da ponte da Br – 101, mais uma coleta de areia.

Ao atingir a distância de 900 metros a montante da ponte de pedestres da Estrada do Barbalho é encontrada uma depressão de 4 metros com cerca de 250m de comprimento e 20 de largura. Nos próximos 500 metros o talvegue torna a estabilizar na cota batimétrica de 3 metros.



Foto 6: Coleta de amostras. Durante as marés mais baixas a coleta de sedimentos era feita diretamente no banco de areia emerso.

### 6.3 – SEÇÃO 2 (ZONA BATIMÉTRICA – MONTEIRO / SANTO ANTONIO)

Faltando 60 metros para a ponte de pedestres da Estrada do Barbalho, o talvegue assume a cota de 4m de profundidade, predominando numa extensão aproximada de 3.150 metros. Nesta cota de 4 metros de profundidade duas amostragens indicaram um fundo arenoso, moderadamente selecionado, predominando areias médias. As cotas de 5m e 6m são encontradas com maior frequência. A Folha 2 do Mapa Batimétrico mostra que podem ser observadas profundidades de quase 10 metros (Figura 9).

Há 30 metros a montante da ponte de pedestres existe uma depressão de 5m em forma de “V” transversal ao canal, no vértice a batimetria chega na cota de 6m (máximo de 6,90m). Possui aproximadamente 200m de extensão com largura variando em torno de 10 m. Prolonga-se até 250 metros a jusante da ponte de pedestres.

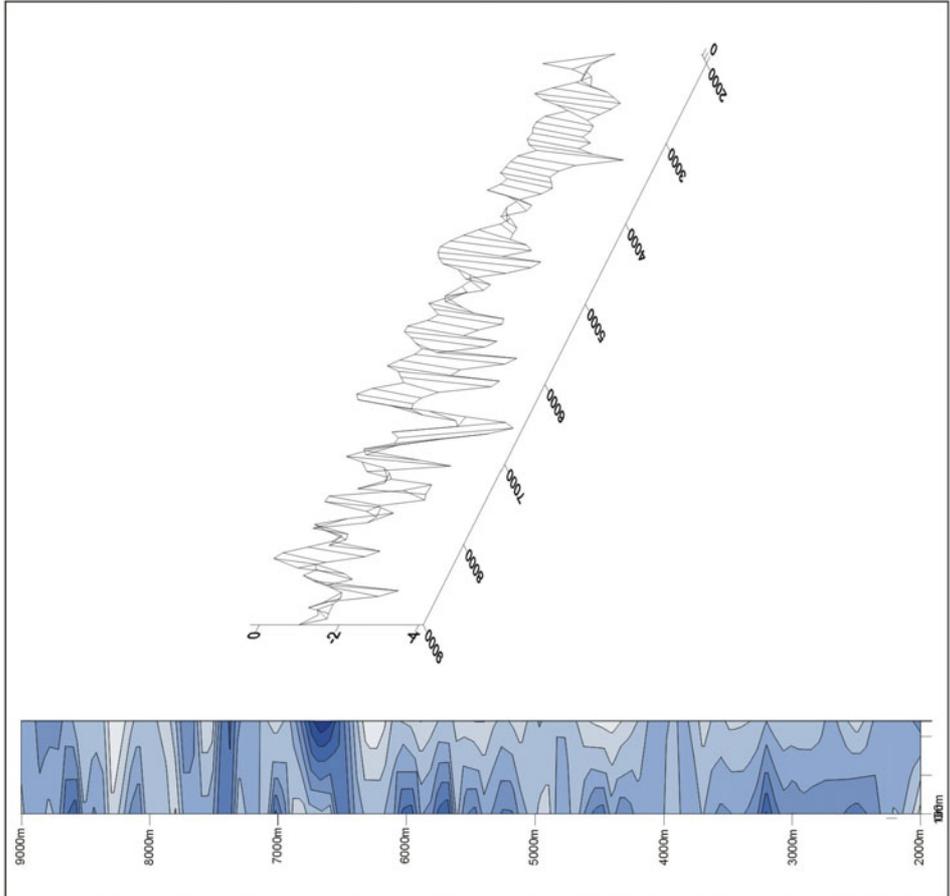
Cerca de 2.280 metros a montante da Ponte do Vintém há uma depressão de 5m com cerca de 230m de comprimento por 10m de largura. Quase 100 metros adiante, uma nova depressão de 5m torna a ser observada, agora contendo cotas de 6m e 7 metros. Neste trecho do canal ocorre seu alargamento, mais adiante

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
MESTRADO EM GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL

**SEDIMENTOLOGIA, BATIMETRIA,  
QUALIDADE DA ÁGUA E  
VULNERABILIDADE DO RIO  
CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE**

**MAPA BATIMÉTRICO\***  
Seção 2

Autor: Josué Pereira da Silva  
Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso



atinge até 200m de uma margem a outra. A área da isoprofundidade de 6m tem extensões médias de 100m de comprimento e 15m de largura. A cota de 7m é apenas pontual estando localizada a 1.850 metros da Ponte do Vintém. A cota de 5m, encaixada num trecho mais estreito do canal, se estende até 1.210 metros a montante dessa ponte.

Na distância de 1.020 metros, antes da ponte, inicia a parte mais profunda do Rio Capibaribe. O talvegue se desenvolve na cota de 5m com alternância de pequenas depressões de 6m. Cerca de 650 metros antes da Ponte do Vintém a amostragem indicou fundo arenoso.

Há 500 metros da ponte, existe uma abrupta depressão que inicia com 6m e rapidamente atinge a cota de 8m (profundidade máxima de 8,5m) com cerca de 50 metros de comprimento por 10m de largura. Este trecho é ligado por um estreito canal de aproximadamente 3m de largura e 7m de profundidade a uma área de 35m de largura na mesma cota. Inserida nesta área há uma célula batimétrica de 8m com dois núcleos de 9m (máximas de 9,1m e 9,8m) correspondentes aos pontos mais profundos na área delimitada para estudo do Rio Capibaribe. Estão respectivamente localizados a 250 metros e 150 metros do viaduto.

Cerca de 50 metros a jusante da Ponte do Vintém há uma depressão de 6m com 50m de comprimento e 10 de largura. Constitui a parte central de uma depressão, em forma de bacia com cota de 5m. Esta feição demarca o fim da maior área contínua onde o talvegue atinge as maiores profundidades.

Por 400 metros de curso o talvegue diminui a profundidade ficando em torno de 3 metros. Quanto à largura do canal, desde a área próxima dos 450 metros, a montante do viaduto, se observa o estreitamento com estabilização em torno de 80 metros.

Cerca de 700 metros a montante da Ponte da Torre o fundo do rio torna a ter predomínio dos 4m de profundidade, até 200 metros a sua jusante. Alternam-se pequenos pontos de 5m. O destaque para este trecho está localizado na Ponte da Torre: o leito sofre alargamento apresentando batimetrias de 5m e 4m e um depósito inserido nessa cota demarcado em 1m. A partir desse trecho, a largura da calha do

rio volta a variar até ficar estabilizada em torno de 100m, por uma extensão de 400 metros do seu curso. Nesta cota de 4 metros que, embora varie, se estende até pouco depois da Ponte da Capunga, as coletas indicaram que o leito é formado por areias grossas moderadamente selecionadas.

400 metros à montante da Ponte da Capunga, a batimetria alcança a cota de 4m numa área de 250m de comprimento por 20m de largura, em média. Depois, por cerca de 150 metros, a profundidade diminui para 3 metros. Neste trecho não foram feitas amostragens, mas pode-se inferir, devido à diminuição de cota e o resultado das próximas amostragens, tendência à existência de depósitos arenosos.

50 metros antes de chegar na Ponte da Capunga ocorre uma declividade que estende por 1.300m de comprimento. A batimetria volta a ser de 4m que suavemente atinge 5m. Esta cota tem início a 480 metros da Ponte da Madalena. Aqui o material analisado indicou composição de areias grossas e moderadamente selecionadas.

Destaque para a cota de 8m situada a 150 metros montante da Ponte da Madalena e para a cota de 7m, posicionada a 350 metros a jusante da ponte. Esta é a área da curva e contato com o chamado braço morto do Rio Capibaribe. Este braço liga o rio com as águas dos rios Tejipió, Jordão e Pina, os três deságuam juntos na Bacia do Pina. Deste trecho em diante as ocorrências de areias são esparsas e muito variáveis. Os depósitos incluem areais lamosas pobremente selecionadas; areias grossas e médias com seleção moderada.

Por quase 700 metros, a profundidade diminui para 3m, com duas pequenas depressões de 4m. A primeira situada a 150 metros montante do Viaduto P. João Paulo II, com 150m de comprimento por 25m de largura. A segunda localiza-se a 50 metros do viaduto, com extensão próxima de 250 metros por 20m de largura, em média.

Com a distância de 650 metros, a montante da Ponte 6 de Março (também denominada de Ponte Velha), inicia a última depressão do canal fluvial cujo término é 100m a montante da Ponte Princesa Isabel. Tem a forma de um longo "S" invertido e possui próximo de 1.400 metros em extensão e com largura variável. Em cada curva há uma depressão (no total são 3) das quais, as duas primeiras atingem 6m e

a última 7m de profundidade. No espaço entre essas duas depressões foi identificada ocorrência de areias finas e médias moderadamente selecionadas.

#### 6.4 – SEÇÃO 3 (ZONA BATIMÉTRICA - BACIA DE SANTO AMARO)

A partir de 80 metros a montante da Ponte Princesa Isabel até 150 metros a jusante, o Rio Capibaribe tem a profundidade média de 3 metros. Depois dessa distância de 150 metros após a ponte, o canal se abre formando uma bacia denominada de Santo Amaro que também recebe as águas do Rio Beberibe, como mostram a Folha 3 do Mapa Batimétrico (Figura 10) e a foto 7.

A Bacia de Santo Amaro tem baixa profundidade, em torno de 3 metros e apresenta trechos com mais de 600 metros de largura. Com esta configuração, e o fluxo periódico da cunha de maré, a velocidade do fluxo hídrico diminui, possibilitando a deposição de material mais fino contribuindo no acúmulo de lamas no local. Isto é comprovado pela série de amostragens realizadas no local (total de 21 coletas) cujo resultado apontaram apenas três depósitos de areia. Uma ocorrência de fácies areia média com seleção pobre, junto à outra de fácies areia lamosa, de diâmetro médio areia média e seleção moderada, ambas na Ponte Limoeiro e outra, na margem atrás da Prefeitura Municipal do Recife, de areia lamosa predominando areia grossa e pobremente selecionada.

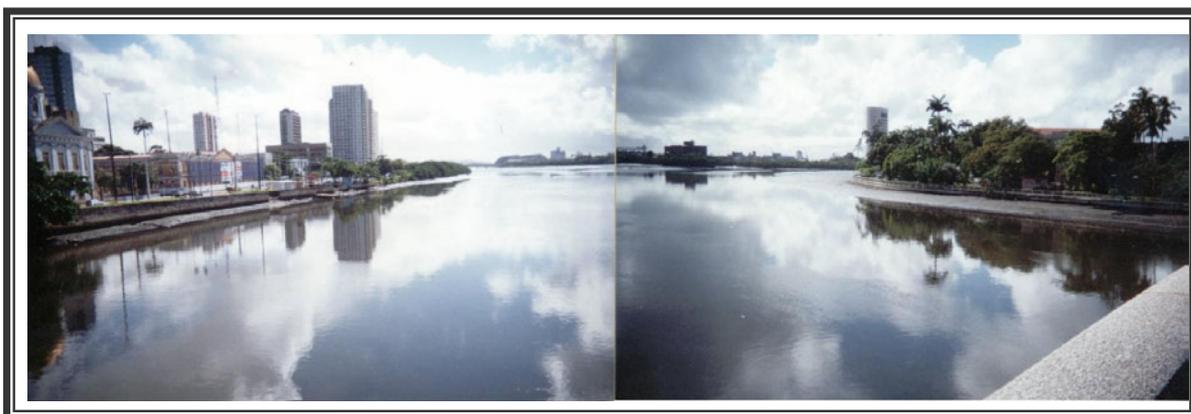


Foto Autor

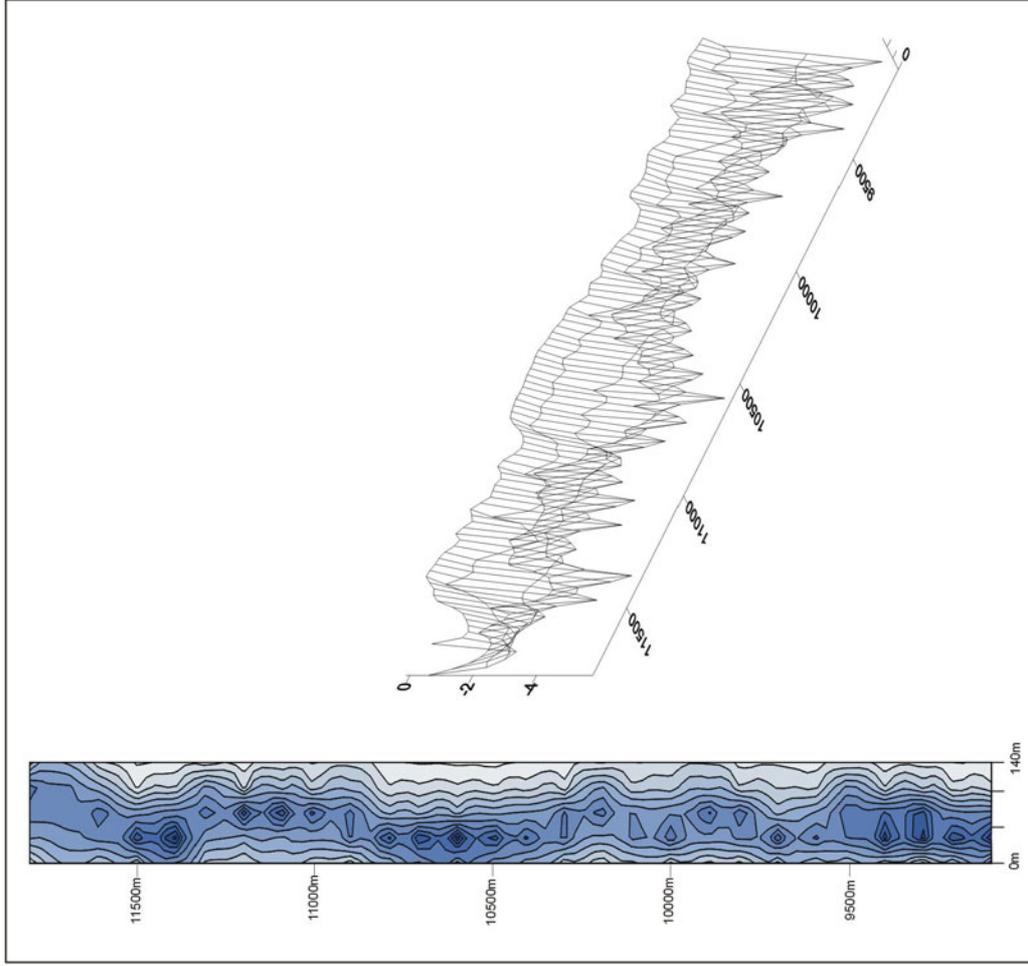
Foto 7: Panorama da Bacia de Santo Amaro. Trata-se de uma ampla bacia de deposição onde ocorre a confluência dos rios Capibaribe e, ao fundo, o Beberibe.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
MESTRADO EM GEOLOGIA, SEDIMENTAR E AMBIENTAL

**SEDIMENTOLOGIA, BATIMETRIA,  
QUALIDADE DA ÁGUA E  
VULNERABILIDADE DO RIO  
CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE**

**MAPA BATIMÉTRICO\***  
Seção 3

Autor: Josué Pereira da Silva  
Orientador: Prof. Dr. Valdir de Amaral Vaz Manoso



\* Dados batimétricos compilados de Araújo et al., 1998.

## 6.5 – Conclusão

Pelo exposto, pode-se concluir que os depósitos arenosos ocorrem principalmente nas cotas batimétricas de 3 e 4 metros. Há trechos em que se formam bancos arenosos nas margens. Esses trechos correspondem aos pontos de crescimento de barras fluviais ou indicam pontos de confluência. Nem sempre uma diminuição na cota batimétrica, na parte central do canal, corresponde a depósitos arenosos como bancos de areia. Durante as coletas de amostras, para análise granulométrica, verificou-se a ocorrência de rochas submersas e argila compactada. O tratamento dos dados batimétricos associados às observações de campo e ao estudo sedimentológico, confirmam a predominância da fácies lamosa principalmente nas margens, nas maiores profundidades e, ainda, nos trechos onde a hidrodinâmica permita a sedimentação do material transportado em suspensão. Pode ser observado, ainda, o recobrimento do fundo e das margens por lodo (Foto 8).

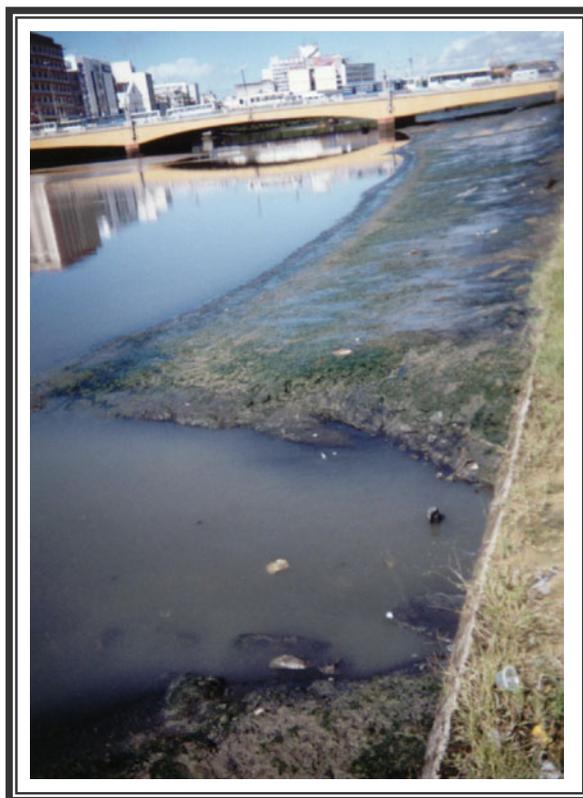


Foto Autor

Foto 8: Vista da margem direita do rio na qual se observa um depósito lamoso recoberto de lodo, em primeiro plano a saída de uma canaleta pluvial e lixo sobre as águas. Ao fundo, a Ponte Duarte Coelho.

## **7 – PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CAPIBARIBE**

Este capítulo faz a análise dos dados referentes aos parâmetros normalmente utilizados para definir a qualidade da água. Embora possam ser acrescentados outros parâmetros a esta abordagem, os que são apresentados a seguir demonstraram ser suficientes para atingir o objetivo proposto. Inicialmente, pretendeu-se fazer uma análise temporal dos dados e estabelecer uma tendência evolutiva da degradação hídrica. Todavia, desde 1999 as amostragens, realizadas pela CPRH, passaram a ser bimestrais e o posto CB2 – 90 deixou de fornecer dados. Por isso, a mensuração deve ser feita com cuidado para não incidir em erro.

### **7.1 – A CLASSIFICAÇÃO E A REDE DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS FLUVIAIS**

O Decreto Lei Estadual Nº 7.269, de Julho de 1981, determina que as águas fluviais de Pernambuco, em termos de destinação, são classificadas em quatro classes e estabelece que as águas do Rio Capibaribe, no trecho compreendido desde a localidade de Limoeiro até a foz, ficam enquadradas na Classe 2. Isso significa que as suas águas estão destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário. O Quadro 1 mostra essas quatro classes, segundo Resolução CONAMA nº 20/86. Em Pernambuco aceita-se que as águas da classe 4 tenham seu uso para o abastecimento industrial, irrigação e abastecimento doméstico, após tratamento convencional.

Desde 1986, a CPRH vem operando uma rede de monitoramento sistemático, composta, a princípio, de 30 estações de coleta, ao longo do curso do Rio Capibaribe. A quantidade e posicionamento desses pontos variam de acordo com a necessidade de coleta e da disponibilidade dos recursos financeiros ou de

pessoal técnico. Como fruto desse trabalho, foram elaborados diversos estudos, programas e modelos de gerenciamento estuarino. A partir de 1992, os postos de coleta foram reduzidos a 12 dos quais, para os objetivos deste trabalho e obedecendo à delimitação da área pesquisada, consideraram-se apenas os três últimos postos: CB 2-80, CB 2-90 e CB 2-95 (Quadro 2).

Quadro 1  
CLASSIFICAÇÃO DO PADRÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E FORMA DE USO  
DAS ÁGUAS FLUVIAIS NO ESTADO DE PERNAMBUCO,  
SEGUNDO RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20/86

	CLASSE			
	1	2	3	4
DBO <sub>5d</sub> <sup>20°C</sup> (mg/l de O <sub>2</sub> )	≤3,0	≤5,0	≤10,0	---
OD (mg/l de O <sub>2</sub> )	≥6,0	≥5,0	≥4,0	≥2,0
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
COLIFORMES FECAIS Mg/100 ml	1.000	5.000	20.000	---
FORMAS DE USO	a-Abastecimento doméstico com simples tratamento; b-Proteção comunidades aquáticas; c-Recreação de contato primário; d- Irrigação de frutas e hortaliças de consumo cru; e-Criação natural e/ou intensiva de espécies p/ alimento humano.	a-Abnto. doméstico c/ tratamento convencional; b-Proteção comunidades aquáticas; c-Recreação de contato primário; d- Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e-Criação natural e/ou intensiva de espécies p/ alimento humano.	a-Abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b- Irrigação de culturas arbóreas; c- Preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e flora; d-Dessedimentação de animais.	a- Para Navegação; b- Harmonia paisagística; c- Usos menos exigentes

FONTE: CPRH - Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco, 1997.

Quadro 2  
ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DA REDE DE MONITORAMENTO DO  
RIO CAPIBARIBE NA CIDADE DO RECIFE

ESTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
CB 2-80	Ponte Mal. Castelo Branco, sobre o rio, ao final da Av. Caxangá.
CB 2-90	No parque de Santana, ponte de pedestre sobre o rio.
CB 2-95	Ponte Eng. Abdias de Carvalho, Ilha do Retiro.

FONTE: CPRH. Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco, 1997.

Observando que o posto CB 2-80 indica a qualidade da água antes de sofrer influência direta do núcleo urbano do Recife. O posto CB 2-90 demonstra a

qualidade da água dentro da área receptora considerada, tendo sido desativada em 1999. Por fim, o posto CB 2-95 apresenta as condições hídricas e a influência das águas marinhas que penetram o estuário sob efeito das marés.

## 7.2 – PARÂMETROS UTILIZADOS

Dentre os parâmetros utilizados como indicadores da qualidade da água, foram selecionados para tratamento analítico o Oxigênio Dissolvido (OD), a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e o Número Mais Provável (NMP) de Coliformes Fecais. De fato, eles são os parâmetros mais significativos na abordagem específica, porquanto podem revelar o grau de poluição, a situação da vida aquática e a contaminação patogênica de origem fecal, desde que alcancem certos níveis (Branco, 1991; Eaton, 1995 e Mota, 1995). Foi utilizado, ainda, o valor Potencial de Hidrogenização (pH) para verificar a participação de poluentes industriais. São considerados os dados de amostragens no período de 1996 a 2002.

### 7.2.1 – OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

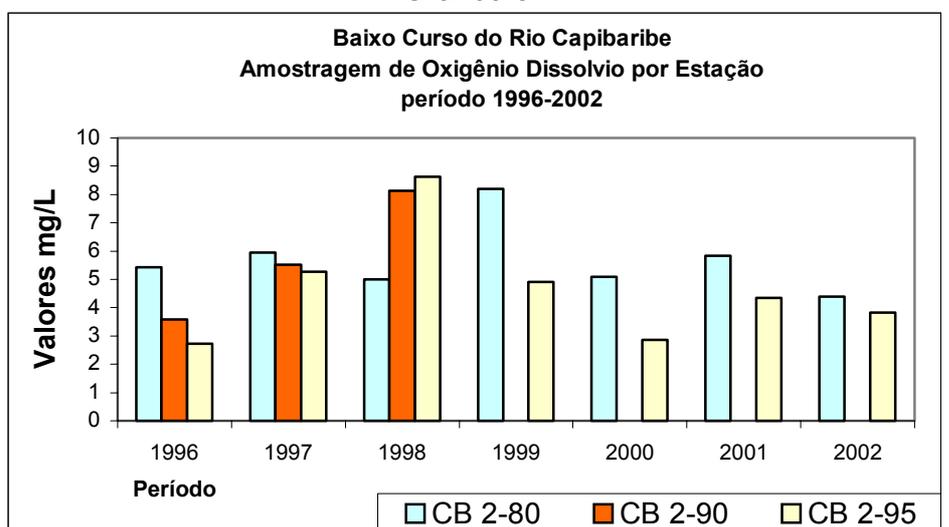
Para a existência da vida aquática é necessária uma quantidade suficiente de oxigênio dissolvido (OD), que permita os processos metabólicos. Em condições naturais o equilíbrio é mantido através da produção de oxigênio pelas algas e pela aeração, através das corredeiras e quedas d'água. Estes são os mecanismos que suprem a demanda de consumo dos seres vivos e das bactérias aeróbicas (que vivem em presença de oxigênio livre e consomem matéria orgânica em decomposição, como folhas, frutos e seres mortos).

Uma elevada oferta de material orgânico provoca o desequilíbrio, uma vez que propicia a proliferação das bactérias, cujo metabolismo, no processo de decomposição da matéria, irá consumir grandes quantidades de oxigênio dissolvido, provocando a morte dos seres aquáticos. Assim, os níveis de OD em águas naturais e residuárias dependem da atividade física, química, biológica e bioquímica. Se o teor de OD for muito baixo, ocorrerá a proliferação das bactérias anaeróbicas, que liberam gases tóxicos, mal cheirosos e reveladores de alto nível de poluição.

Tomando-se como parâmetro o Oxigênio Dissolvido – OD, em que o limite mínimo estipulado para as águas fluviais de Classe 2 é de 5 mg/L (Tabela 4 e Gráfico 5), pode-se verificar que dos três postos considerados, a estação de coleta CB 2-80, no período 1996 a 2001, registrou índice pouco acima do limite mínimo, na média anual, enquanto que no ano de 2002 apresentou valores abaixo daquele limite. Os dados do posto CB 2-90 em 1996 apresentam uma média anual abaixo do limite com sensível melhora no biênio seguinte. De 1999 em diante o posto esteve desativado. Pode-se perceber que os dados de oxigenação da estação CB 2-90 refletem a influência das águas de jusante devido a penetração da cunha de maré.

Sendo o Rio Capibaribe, em seu baixo curso, um rio de planície, não possui quedas d'água, que permitam sua oxigenação natural e mesmo o efeito da maré alta, onde a água do mar penetra o estuário e se mistura com a água fluvial, não mostra resultado significativo (na verdade, o que ocorre é um refluxo das águas fluviais, de modo que, sem o efeito das marés, o quadro de oxigenação seria ainda pior). Daí porque, no seu trecho final, o baixo nível de OD explica e denuncia o comprometimento da fauna e da flora do ecossistema.

Gráfico 5



FONTE: CPRH. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, 1996 – 2002.

Tabela 4  
 BAIXO CURSO DA BACIA DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO  
 AMOSTRAGEM DA TAXA DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 1996 - 2002

OD (mg/l)	Estação																
	CB 2-80					CB 2-90					CB 2- 95						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Janeiro	3,2	5	4,8	4,90	4,6	7,9	4,7	3,2	5,6	11,5	3,2	4,6	6,9				
Fevereiro	6,7	5	4,8	4,90	4,6	7,9	4,7	3,2	2	8,4	2,8	2	-	3,8	3,8	5,4	6,4
Março	2,8	4,4	4					3,2	7,3	12	3,2	8	13,3				
Abril	3,2	-	5,6	8	1,6	2,9	0,6	1,2	-	11,2	0,8	-	7,2	7,2	2,4	5,9	1,0
Mai	6	4,9	2,4					3	2	8,5	4,6	3,3	7				
Junho	5,6	7,1	4,4	3,50	5,7	2,4	4,6	1,6	2,4	13,5	1,2	3	9,5	3	1,6	5,6	2,3
Julho	6,3	5,5	8					4,8	9,4	9,6	3,6	4,9	14				
Agosto	5,7	4,4	-	10,2	7,3	6,9	5,5	2,4	-	6	1,2	2,4	8	4,8	6,1	1,9	1,8
Setembro	5,7	7,6	4,8					2,6	12,6	6	2,2	6,2	12				
Outubro	8,1	8,7	3,6	8,70	6	10,7	6,6	7,7	5,2	7,3		9,2	5,7	3,2	1,2	3,7	7,7
Novembro	3,6	8,3	5,9					1,2	3,9	6,2	3,6	4,2	2				
Dezembro	6	6	8,4	14,00	5,4	4,2		5,2	4,8	7,6	4	9,6	9,3	7,2	2,1	3,6	
Média anual	5,43	5,95	5,01	8,20	5,1	5,83	4,4	3,57	5,52	8,12	2,72	5,26	8,63	4,9	2,87	4,35	3,84
Limite classe	5																

FONTE: CPRH. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, 1996 - 2002.

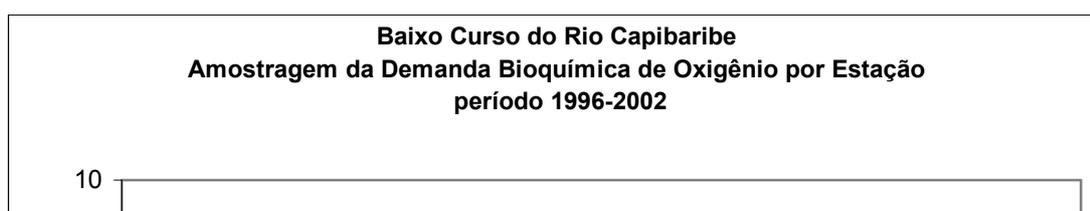
### 7.2.2 – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

Como já se ressaltou, as bactérias aeróbicas decompõem material orgânico, transformando-o em substâncias simples e, nesse processo, consomem oxigênio. Recorre-se ao parâmetro de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO para medir a quantidade de oxigênio molecular necessário à estabilização da matéria orgânica em decomposição pela atividade bacteriana aeróbica. Sua determinação é feita em laboratório observando o consumo de oxigênio por amostra, com temperatura controlada em 20<sup>o</sup>C, durante 5 dias. Em condições normais, um manancial hídrico saudável tem DBO em torno de 1 mg/L. Mas, ao receber uma descarga de efluentes oxidantes, terá seu valor rapidamente elevado. Os esgotos domésticos, por exemplo, possuem DBO em torno de 300 mg/L.

Sua determinação afere as necessidades relativas de oxigênio das águas residuárias, efluentes e águas poluídas. Ele mede o oxigênio utilizado durante um período específico de incubação para a degradação bioquímica da matéria orgânica e oxidação de matéria inorgânica. Para análise da Tabela de Demanda Bioquímica de Oxigênio, considera-se o valor 5 mg/L como o limite máximo para a classe na qual o rio está inserido (Classe 2). Desse modo, quanto mais baixo for o valor, em relação a esse limite, melhor será a qualidade da água; pelo contrário, quanto maior for o valor especificado, mais comprometida estará a situação do aquífero.

De acordo com a Tabela 5 e Gráfico 6, em relação à DBO, verifica-se que, dos pontos de monitoramento tomados para estudo, o CB 2-80 apresentou, em 1996 e 1997, média anual abaixo do limite estipulado para a classe do Rio, enquanto que em 1998 houve uma deterioração (7,12 mg/L) e em 1999 uma pequena melhora (4,6 mg/L). Nos anos seguintes a estação CB 2-80 apresentou dados no limiar do limite máximo. A estação CB 2-90 apresentou dados comprometedores em 1996, e aceitáveis no biênio 1997 e 1998. Já a estação CB 2-95 apenas no biênio 1997 e 1998 apresentou uma situação mais favorável, nos demais anos os dados ultrapassaram o limite máximo da média anual. Indicando que houve intensa atividade bacteriana, decompondo matéria orgânica e consumindo o OD, e elevando a DBO. Embora tenham certa influência no processo, as marés, como já foi dito, não bastam para uma oxigenação eficiente.

Gráfico 6



FONTE: CPRH. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, 1996 - 2002.

Tabela 5  
**BAIXO CURSO DA BACIA DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO**  
**AMOSTRAGEM DA TAXA DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 1996 - 2002**

MÊS \ ANO	Estação																		
	CB 2-80						CB 2-90												
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002					
Janeiro	5,7	2	2					13	6,4	7,6	7,9	3,2	5,2						
Fevereiro	4,8	2	4,8	5,8	4,6	12,1	2	9,5	4	4,4	16,8	2,8	6,4	5,60	14	9,5	5,6		
Março	11,9	2,8	9					2	2,8	4	2,6	2,4	3,2						
Abril	2	-	5,2	5	1,6	4,1	13,2	3,9	-	5,2	4,1	-	4	5,2	8,5	5,4	4,7		
Mai	4,4	2	2,7					8,7	1,2	2,8	4	1,6	2,8						
Junho	5	2,4	9,5	1,8	5,7	2,6	2	5,8	4,8	4	5,7	5,2	2	2,00	8,9	11,5	5		
Julho	2,2	2	6,2					2,8	0	7	2,8	1,9	7,2						
Agosto	3,2	2	-	4,4	7,3	2,7	2,9	7,6	1,2	1,6	8,2	6,4	3,2	4,00	4,8	2,6	5,4		
Setembro	2	6,8	7					2	-	4,4	2	4,6	6,8						
Outubro	2,8	3,4	10,5	6,4	6	7,2	4,1	7,3	9,9	3,6	11,5	4,4	2,4	2,70	4	5,7	9,7		
Novembro	2	3,2	11,8					11,6	4,6	3,6	6,6	5,2	5,2						
Dezembro	2,4	5,2	9,6	4	5,4	2		4,2	8,4	9,5	8,5	4,8	4	10,70	7,3	5,6			
Média anual	4,03	3,07	7,12	4,6	5,1	5,12	4,9	6,53	4,33	4,81	6,72	3,86	4,37	6,70	7,92	6,72	6,8		
Limite classe													5						

FONTE: CPRH. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, 1996 - 2002.

### 7.2.3 – (NMP) COLIFORMES FECAIS

O Número Mais Provável de (NMP) de Coliformes Fecais é o parâmetro utilizado para detectar a existência de microorganismos relacionados com a contaminação de doenças de origem fecal. Ou seja: os coliformes, comuns nas fezes de seres de sangue quente, servem como indicadores indiretos da possível existência de microorganismos patogênicos, levados aos mananciais, em particular pelos lançamentos de efluentes domésticos sem tratamento.

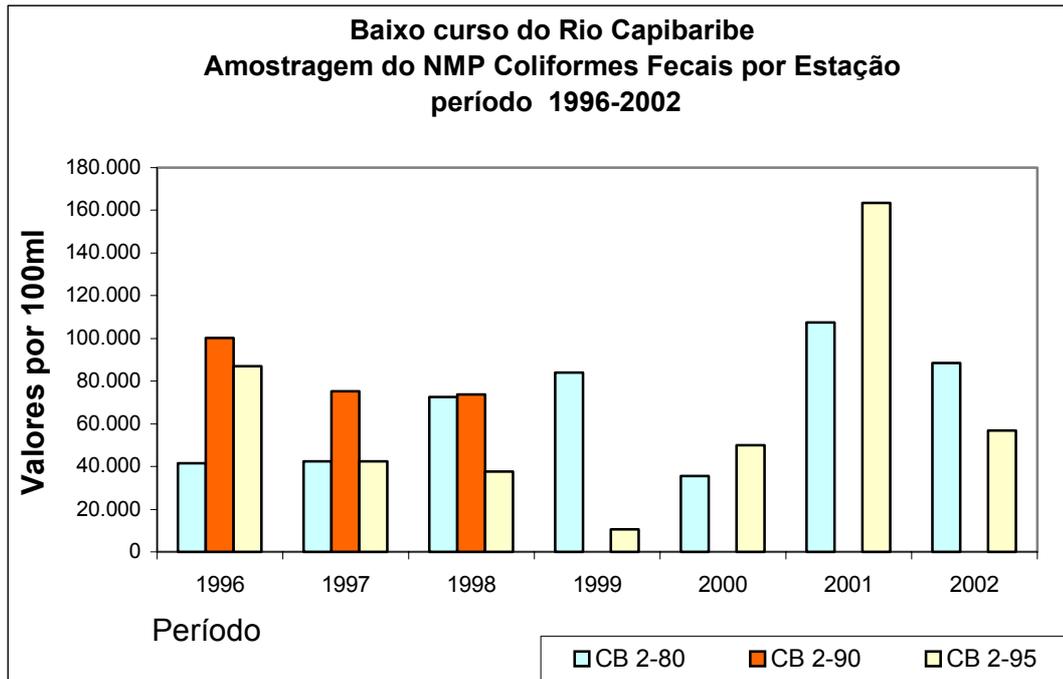
A Tabela 6 e o Gráfico 7 revelam elevados níveis médios anuais de coliformes fecais, nos diversos pontos de estudo. Correlacionando-se tais índices com os de DBO, pode-se inferir que o principal fator de poluição do Rio Capibaribe é a emissão de efluentes domésticos (Foto 9). Nada a estranhar, quando se constata a precária situação do sistema de esgotamento sanitário dessa extensa área. Com efeito, em 1996, 88% da população do Recife era atendida pela rede domiciliar de água potável, ao passo que apenas 18% do total estava ligada ao sistema de esgotamento sanitário (DIAGONAL/CDM/COBRAPE, 1997).



Foto: Autor.

FOTO 9. Embaixo da Ponte do Vintém, um riacho transformado em canal de esgoto. Este é um dos pontos mais degradados do Rio Capibaribe quanto o parâmetro qualidade da água. Observe a coloração cinza do efluente. Quando ocorre maré alta o refluxo das águas do rio impele o lançamento do efluente para montante aumentando a área de impacto.

Gráfico 7



FONTE: CPRH. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, 1996 - 2002

**Tabela 6**  
**BAIXO CURSO DA BACIA DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO**  
**NÚMERO MAIS PROVÁVEL DE COLIFORMES FECAIS - 1996 - 2002**

MÊS \ ANO	Estação																
	CB 2-80					CB 2-90					Estação CB 2-95						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Janeiro	160.000	50000	160.000	--	--	--	160000	50.000	160000	90.000	160.000	50000	30.000	--	--	--	2002
Fevereiro	200	17000	--	--	--	--	7.000	7.000	50000	--	3.400	22000	--	--	--	--	2002
Março	6.400	30000	30.000	--	--	--	160.000	160.000	90000	160.000	90.000	14000	11.000	--	--	--	2002
Abril	90.000	--	--	160.000	50.000	160.000	160000	90.000	--	--	160.000	--	--	4.000	50.000	240.000	24000
Maior	22.000	2700	--	--	--	--	160.000	160.000	35000	--	90.000	160000	--	--	--	--	2002
Junho	30.000	24000	30.000	--	--	--	160.000	160.000	24000	14.000	160.000	22000	50.000	--	--	--	2002
Julho	13.000	30000	160.000	--	--	--	6.200	6.200	30000	160.000	2.800	90000	90.000	--	--	--	2002
Agosto	24.000	50000	--	8.000	27.000	2.400	17000	160.000	160000	90.000	50.000	90000	3.700	17.000	50.000	160.000	90000
Setembro	30.000	50000	30.000	--	--	--	160.000	160.000	90000	90.000	3.900	13000	90.000	--	--	--	2002
Outubro	2.700	160000	160.000	--	--	--	90.000	90.000	50000	28.000	50.000	90000	8.000	--	--	--	2002
Novembro	90.000	24000	7.000	--	--	--	1.400	1.400	50000	24.000	90.000	160000	50.000	--	--	--	2002
Dezembro	30.000	30000	2.400	--	30.000	160.000	160.000	160.000	90000	1.700	160.000	90000	5.000	--	50.000	90.000	2002
Média	41.525	42.580	72.425	#####	35.667	107.467	88.500	100.383	75.364	73.787	87.108	37.522	10.500	50.000	163.333	57.000	2002

**FONTE:** CPRH. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, 1996 - 2002.

Responsável pela implantação e gerenciamento do sistema de saneamento básico, no estado e, por óbvio, também na RMR, a Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA tem por meta atingir os níveis de 98% e 24% da população metropolitana, respectivamente, no abastecimento d'água e no esgotamento sanitário, até 2005. Pretende-se atingir a universalização do atendimento da população, com o sistema de abastecimento de água, por volta de 2010.

Segundo a Secretaria Extraordinária do Governo do Estado de PE (1993), a situação do sistema de coleta e tratamento de efluentes do Núcleo Urbano do Recife, apresentava-se da seguinte forma: o Bairro da Torre, tomado como limite do núcleo urbano, possuindo rede coletora implantada e convergindo para as estações de tratamento de esgoto (ETEs) da Cabanga e de Peixinhos. O outro trecho, considerando a Ponte da Br-101 como limite, de todas as comunidades apenas os bairros de Casa Forte, Parnamirim e Tamarineira têm ligação com a ETE de Peixinhos. Com extensão total de 175 Km o sistema funciona com série de problemas quanto aos abatimentos, entupimentos e precariedade dos equipamentos das estações elevatórias. Estimava-se a necessidade de implantar em Recife cerca de 925 Km de rede coletora.

Considera-se que soluções individuais para a questão do esgotamento sanitário, tais como a construção de fossas ou canais de escoamento, continuarão existindo, quer pelo fato de a integração das redes de esgotamento e tratamento sanitário serem de custo elevado, quer pelo fato de serem aquelas soluções as mais recomendáveis, tecnicamente, em determinadas situações (como, por exemplo, distanciamento da rede montada mais próxima). Em face disso, só em 2020 deverá o sistema de esgotamento sanitário atender 80% da população (CPRH, 2001).

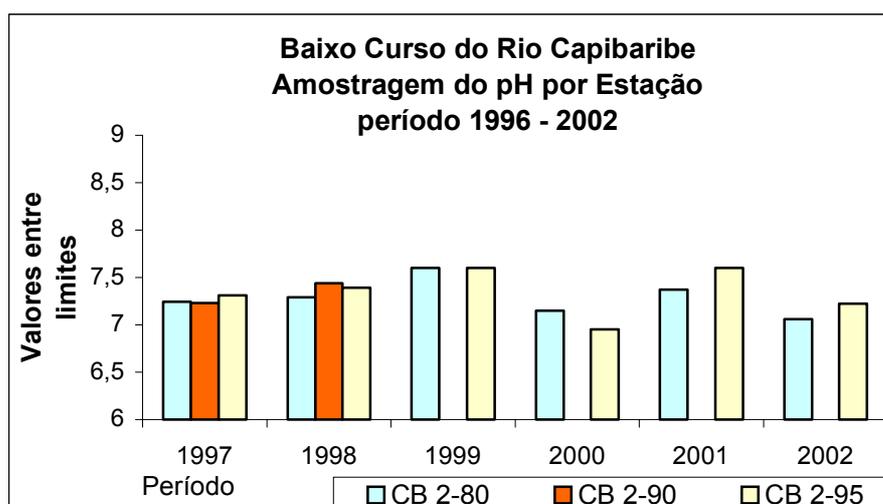
#### 7.2.4 – VALOR DO pH (POTENCIAL DE HIDROGENIZAÇÃO)

Quanto ao valor do pH – que mede o teor de alcalinidade ou acidez –, está relacionada com a poluição de origem industrial. Por isso, é indispensável ao funcionamento de uma indústria que ela seja utilizada como parâmetro, para verificar

e monitorar a qualidade dos efluentes e da água, a fim de manter uma margem de segurança, antes de lançá-los na rede de drenagem. Para tanto, o efluente é corrigido, através da adição de elementos químicos reagentes, para um nível de equilíbrio, entre acidez (ácidos, valores de pH abaixo de 7) e alcalinidade (bases, acima desse valor), o que implica baixar uma ou elevar a outra, dependendo do caso. Esse parâmetro não garante a salubridade das águas, pois muitos outros elementos, por vezes bem mais destrutivos, como os metais pesados (chumbo e mercúrio, entre outros), podem estar sendo lançados juntamente com os efluentes.

Os limites estipulados, para as águas fluviais de Classe 2, o pH têm valor 6, como máximo para acidez, e 9, como máximo para as bases. Dessa maneira, se o valor da amostra estiver dentro desse intervalo, ela poderá ser considerada satisfatória. No caso do baixo curso do rio Capibaribe, os valores de pH estão a meia distância entre os valores máximos admissíveis (Tabela 7 e Gráfico 9). Trata-se de um indício, conjuntamente aos outros parâmetros analisados, de que a poluição das águas do Rio, nesse trecho, não se deve, fundamentalmente, a lançamentos de resíduos industriais, mas de resíduos domésticos. Este fato pode ter explicação, entre outras causas, na maior facilidade de controle, monitoramento e tratamento dos efluentes industriais por parte dos departamentos da própria empresa e dos órgãos de fiscalização ambiental.

Gráfico 8



FONTE: CPRH. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, 1997 - 2002.

Tabela 7  
 BAIXO CURSO DA BACIA DO RIO CAPIBARIBE, POR MÊS E POSTO DE OBSERVAÇÃO  
 AMOSTRAGEM DA TAXA DE pH - 1996 - 2002

MÊS \ ANO	ph - Potenciométrico																		
	Estação CB 2-80					Estação CB 2-90					Estação CB 2-95								
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Janeiro	6,9	7,2	7,2	7,50	7,1	7,7	7,4	7,4	7,6	7,3	7,4	7,4	7,3	7,4	7,6	7,50	7,2	7,2	8,1
Fevereiro	7,2	7,2	7,2	7,50	7,1	7,7	7,4	7,1	7,2	7,1	7,4	7,1	7,1	7,6	7,50	7,2	7,2	8	8,1
Março	7,2	7,1	7,1	7,3	7,5	6,9	6,4	7,1	7,2	7	7,4	7,1	7	7,4	7,50	7,2	7,2	7,5	6,4
Abril	-	6,8	7,3	7,3	7,5	6,9	6,4	-	7,2	-	7,1	7,2	-	7,1	7,6	6,9	6,9	7,5	6,4
Mai	7,5	7,5	7,5	7,3	7,5	7,3	8,3	7,3	8,3	7,3	7,5	7,5	7,3	7,5	7,5	7,6	6,9	7,5	6,4
Junho	7,3	7,1	7,00	7,1	7	7,1	7,1	7,1	7	7,2	7,1	7,30	7,2	7,1	7,30	7	7,5	7,1	7,1
Julho	7	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	6,6	7,8	6,8	7,7	7,7	6,8	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,1
Agosto	7,3	-	7,80	7,2	7,8	7,3	7,3	7	6,9	7,6	7	7,8	7,6	7	7,8	7	7,3	6,8	6,8
Setembro	7,5	7,2	7,2	7,2	8,2	7,2	7,2	8,2	7,2	7,9	7,3	7,3	7,9	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Outubro	7,7	7,1	7,60	7,1	8,1	7,1	7,1	7,5	7,2	7,4	7,2	7,80	7,4	7,2	7,80	6,7	8,2	7,7	7,7
Novembro	6,8	7,3	7,3	7,3	6,9	7,3	8,2	6,9	7,5	7,3	7,6	7,6	7,3	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
Dezembro	7,2	7,9	8,30	6,9	6,7	7,3	8,2	7,3	8,2	7,5	7,8	7,80	7,5	7,8	7,80	6,9	7,1	7,1	7,1
Média anual	7,24	7,29	7,60	7,15	7,37	7,06	7,23	7,44	7,44	7,31	7,39	7,60	7,31	7,39	7,60	6,95	7,6	7,22	7,22
Limite classe	6a9																		

FONTE: CPRH. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, 1996 - 2002.

### 7.3 – PROBLEMÁTICA DA POLUIÇÃO HÍDRICA NO RECIFE

A partir da análise dos dados apresentados no tópico anterior, pode-se considerar o Rio Capibaribe como um curso de águas poluídas pela ação antrópica, originária sobretudo, de efluentes domésticos, como bem demonstra o parâmetro de NMP de Coliformes Fecais (Quadro 3).

Quadro 3  
RESUMO DA SITUAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CAPIBARIBE NA  
CIDADE DO RECIFE EM 2001

PARÂMETROS	CB 2-80	Compatível c/ a Classe	CB 2 - 95	Compatível c/ a Classe
DBO <sub>5 d.</sub> <sup>20°C</sup> (mg/l de O <sub>2</sub> )	(5,12) >5,0	3	(6,72) >5,0	3
OD (mg/l de O <sub>2</sub> )	(5,83) >5,0	2	(4,35) <5,0	3
pH	(7,06) 6,0 a 9,0	2	(7,22) 6,0 a 9,0	2
Coliformes Fecais Mg/100 ml	(107.467) >1.000	4	(163.333) > 1.000	4

A Resolução CONAMA nº 20/86 estabelece uma classificação com 9 classes de águas fluviais, segundo sua qualidade e formas de uso. O Estado de Pernambuco, de acordo com a Lei nº 8361 de 26/09/1981, regulamentada pelo Decreto nº 7.269 de 05/06/1981 apresenta apenas 4 classes. Isto denota a necessidade de atualização dos padrões de qualidade da água, do ponto de vista legal, a fim de evitar contradições.

De qualquer forma, pode-se notar pelo quadro acima, que o Rio Capibaribe se encontra fora da classe que lhe é atribuída por lei (Classe 2). Pelos parâmetros de OD e DBO, está enquadrado na Classe 3. Contudo, diante da altíssima carga de Coliformes Fecais, a Classe 4 parece ser mais apropriada para as formas de uso condizentes apenas à navegação, embora o Estado, segundo o citado Decreto, admita sua utilização para o abastecimento após tratamento.

A melhoria dessa situação passa pela implantação efetiva e pela modernização da estrutura do sistema de saneamento básico, o que é dificultado, entre outras razões, pela baixa oferta e pelo desperdício dos recursos hídricos (Foto 10).

Além disso, a remoção dos mocambos das margens do Rio também poderá contribuir para redução da poluição hídrica. Remoção, com o devido assentamento das famílias em locais com infra-estrutura urbana que, além de significar uma existência digna, desestimule o retorno para as margens do rio (Foto 11).



Foto: Autor.

Foto 10: Afluente comprometido em virtude dos efluentes domésticos que o poluem, contribuindo na degradação do Rio Capibaribe. Confluência embaixo da Ponte Castelo Branco (Caxangá).



Foto: Autor.

Foto 11: Casebre ribeirinho no Bairro do Monteiro. As possibilidades serviços oferecidos pela capital atraem moradores com falta de recursos e dificulta sua retirada.

## 8 – ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DO RIO CAPIBARIBE

Este capítulo resulta da convergência da análise do quadro físico e do quadro humano. Esta convergência é realizada com uma proposta de classificação segundo parâmetros associados ao meio ambiente. Como salientam Guerra & Cunha (2000, cap. 7, p. 365), trata-se de uma visão diferenciada de estudo por “ênfatar o aspecto histórico das dinâmicas do rio e a necessidade de considerar a intercomunicação espacial das respostas fluviais aos impactos ambientais”. Dessa forma, foi elaborado um Mapa de Vulnerabilidade, baseado nos levantamentos de dados e em deduções sobre o sistema estudado (Figura 11).

### 8.1 – A CLASSIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE

Pode-se conceituar a vulnerabilidade como a predisposição de um sistema, ou de um elemento, em ser afetado durante a ocorrência de um acidente. Enquanto que o termo acidente refere-se a um fenômeno natural ou induzido pela ação antrópica, já consumado, provocando perdas sociais, econômicas ou ambientais.

Para facilitar a análise da paisagem e apresentar o quadro de vulnerabilidade, a área de estudo foi subdividida em 3 seções: seção Várzea; seção Casa Forte – Torre e seção Derby – Bacia de Sto. Amaro. A elaboração da classificação é feita segundo o grau de intervenção e agressão no meio ambiente, denominando-se os níveis de degradação ambiental em baixo, médio e alto.

Cabe ressaltar que na aplicação do conceito de degradação ambiental estão sendo consideradas as características do meio ambiente urbano. Logo, a alta concentração urbana necessariamente não significa nível de degradação alta, pois a existência de um sistema de saneamento eficaz possibilitada no controle da boa qualidade da água. Em contrapartida, o predomínio de margens vegetadas, pode não significar nível de vulnerabilidade baixa, caso exista lançamentos de esgotos no local.

Os parâmetros negativos e positivos podem ser pontuados da seguinte forma:

PARÂMETROS NEGATIVOS	PESO	PARÂMETROS POSITIVOS	PESO
Margem desmatada até 20%	1	Margem vegetada 60%	3
Margem desmatada 60%	2	Margem vegetada até 100%	4
Margem desmatada 100%	3	Saneamento Efetivo	4
Favelas	2	Ocupação Irregular - 10 %	2
Assoreamento	2	Vida Aquática Visível	2
Predomínio de Lamas/Lodo	3	Predomínio de Areias	2
Falta Sistema de Saneamento	4	Baixa Concentração Urbana	2
Afluente contaminados	4	Existência de Aves de Pesca	2
Alta Concentração Urbana	3		
Média Concentração Urbana	2		

Vulnerabilidade Alta: 7 – 10 pontos  
 Vulnerabilidade Média: 3 – 6 pontos  
 Vulnerabilidade Baixa : 0 – 2 pontos

## 8.2 – SEÇÃO VÁRZEA

Representa a seção mais vegetada da área estudada. Destaca-se na margem esquerda uma exuberante cobertura arbórea (Foto 12). Na margem direita ocorre uma mancha de média ocupação urbana, representada pela comunidade de Ambolê, pertencente ao Bairro da Várzea. O trabalho de campo possibilitou verificar a existência de comunidades ribeirinhas formadas por submoradias. Podem ser vistos pescadores locais em atividade. Além de peixes, a população ribeirinha consegue obter do rio, caranguejos, siris, camarões e pitus. A quantidade é pequena, mas demonstra que o rio neste trecho se mantém vivo. Na margem esquerda deste trecho também há casas urbanizadas onde antes fora área de invasão (Foto 13).





Foto: Autor

FOTO 12: Mata ciliar no Rio Capibaribe. Cobertura arbórea representante da Mata Atlântica (secundária). Apresentando-se bem conservada pelos proprietários (família Brennan).

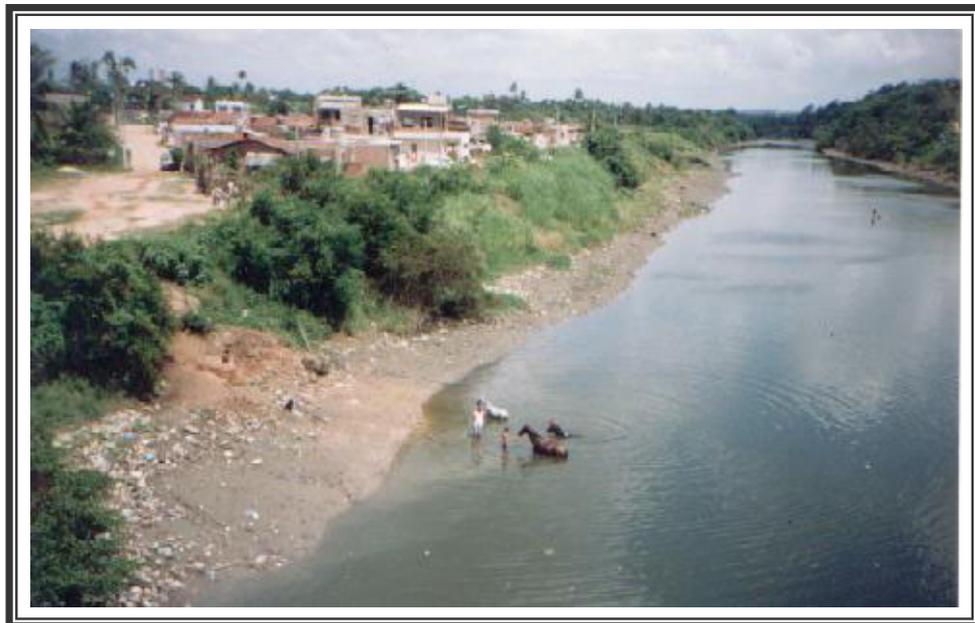


Foto: Autor

Foto 13: Visão de comunidade às margens do rio, no bairro da Várzea. Em visita ao local verificou-se que em algumas casas é feito o lançamento de efluentes e resíduos sólidos, embora existam sistemas de saneamento.

Embaixo da Ponte Castelo Branco (também conhecida como Ponte da Caxangá) existe um canal de ligação entre o Rio Capibaribe e o Riacho Don-Don. Em seu ponto de confluência há um banco de areia, como já visto, composto de areias finas e pobremente selecionadas. Parte das águas desse afluente vem de um canal que serve de meio de escoamento de efluentes domésticos para um aglomerado de submoradias localizado fora da área de estudo.

Após a ponte, a margem esquerda continua com bom nível de vegetação em razão da existência de antigas residências com grandes terrenos vegetados. Mais adiante, a Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, exerce função de obstáculo a uma possível ocupação da área ribeirinha. Na margem direita o mapa mostra uma contínua faixa de baixa ocupação urbana. No campo verificou-se esparsa ocupação humana em pequenos núcleos de casa em alvenaria. As casas que foram construídas de modo clandestino fazem o lançamento de efluentes diretamente no rio. Os pequenos núcleos são intercalados por estreitas, porém intensa cobertura vegetal, que não está representada no mapa devido à escala de trabalho adotada.

Na margem direita com coordenadas UTM 285042 e 9112077, foi marcada a confluência de um riacho, sem denominação nos mapas consultados. Depois da Ponte da BR – 101, a faixa continua sendo de baixa ocupação urbana, há uma pequena, porém intensa, concentração vegetal de porte arbóreo.

Quanto à margem esquerda, a faixa passa a ser de baixa ocupação urbana, intercalada com uma pequena mancha de média ocupação urbana, manchas de cobertura arbórea e trechos recobertos apenas com gramíneas. O mapa mostra a confluência do Rio Camaragibe, cujo afluente, o Rio da Prata, nasce na Reserva Florestal de Dois Irmãos. No mapa pode-se observar a confluência das águas oriundas do Açude de Apipucos, que é alimentado pelas nascentes localizadas na reserva florestal. Dentro da reserva florestal de Dois Irmãos existem os açudes do Prata e do Meio (Açude Dois Irmãos). Embora contribuam pouco no sistema de abastecimento d'água da RMR representam um modelo de preservação, considerando o comprometimento geral das águas superficiais da Região.

Destaca-se a ilha fluvial resultante da retificação efetuada no Rio Capibaribe. Durante o trabalho de campo não foi realizada a circunavegação em razão do desconhecimento da batimetria do trecho. A ilha ainda não possui denominação oficial. Na metade do percurso do canal aberto para retificação, na margem direita, foi observada a primeira ocorrência de concentração humana em palafitas na área de trabalho.

Após a Ponte de Pedestres, na Estrada do Barbalho, é claro o predomínio de extensa faixa classificada como média ocupação urbana contendo eventuais manchas de cobertura vegetal.

Considerando, além da descrição da paisagem, o parâmetro de qualidade da água, a situação de recobrimento das areias pela lama, ponto de lançamento de efluentes e o assoreamento do canal, esta seção pode ser classificada como de baixa a média vulnerabilidade ambiental. A maior causa de degradação dessa área é o lançamento de efluentes domésticos trazidos de locais distantes pelos canais e córregos e de algumas casas localizadas nas margens. As palafitas e o início do predomínio da média ocupação podem ser utilizados como marcadores para a próxima seção.

### 8.3 – SEÇÃO CASA FORTE – TORRE

Representa uma das partes mais nobres da cidade, considerando os equipamentos urbanos, com forte especulação imobiliária. Dentro da área de estudo observa-se o predomínio de manchas de média ocupação urbana, principalmente na margem esquerda. Esta seção apresenta diversos núcleos de casebres e palafitas. Na margem direita, por trás do Parque Prof. Antônio Coelho (Parque de Exposições do Cordeiro), há uma área alagável que permite a manutenção de certa cobertura vegetal, e também são encontradas palafitas. Destaque para os parques Santana e Jaqueira, ambos constituem espaços de lazer para a população. Na frente do Parque da Jaqueira, a margem do rio está estabilizada pela existência de um mirante (Foto 14).

Nessa seção, os maiores problemas são representados pelos lançamentos de efluentes e o ritmo acelerado de ocupação urbana sem a necessária ampliação do

sistema de saneamento. Outro foco potencial de poluição é representado por postos de gasolina. Segundo as observações de campo e dados coletados, essa seção foi considerada como de vulnerabilidade média a alta.



Foto: Autor

FOTO 14. O muro do mirante nas margens do Capibaribe. Um exemplo da intervenção antrópica, na qual foi feita profunda alteração da paisagem natural, em um trecho, mas com benefícios para o lazer contemplativo.

#### 8.4 – SEÇÃO DERBY – BACIA DE SANTO AMARO

É a seção que apresenta maior concentração urbana e melhor saneada. A faixa de 200 metros de largura em cada margem está quase totalmente impermeabilizada. A pouca vegetal encontrada, em geral, está associada a áreas alagáveis e onde podem ser encontradas favelas e palafitas. Há vários trechos de mangue bem desenvolvido, alguns escondem saída de esgoto (entre o Estádio da Ilha do Retiro e o Braço Morto do Rio Capibaribe).

A seção Derby – Bacia de Santo Amaro, no trecho até a Ponte Duarte Coelho, pode ser considerada com nível alto de degradação. Onde a vulnerabilidade é acentuada com a concentração dos poluentes lançados em outros pontos a montante e pelas favelas de palafitas locais (Foto 15). Por trás da Estação de Metro Recife um ponto de erosão coincidente à curva do rio (Foto 16).

Embora as águas do rio estejam poluídas pelos dejetos lançados a montante, é possível observar na Bacia de Santo Amaro a existência de peixes. Isto é possível pela influência da água marinha que entra no local durante a maré

enchente e aumenta o nível de OD. A ocorrência de peixes marinhos na Bacia de Santo Amaro pode ser atribuída à oferta de matéria orgânica que serve de alimento. Os peixes possibilitam a existência de garças brancas grandes e pequenas (*Casmerodius albus* e *Egretta leucophyx*, respectivamente), foi observada em duas ocasiões uma tartaruga marinha (espécie não identificada).

Na Bacia de Santo Amaro e incluindo o trecho a partir da Ponte Princesa Isabel, mesmo tendo alta concentração urbana, os mangues são bem desenvolvidos (embora seja verificado a existência de lixo nas raízes) e com fauna associada a melhor qualidade da água (Foto 17). Dessa forma considera-se um trecho de média degradação. A vulnerabilidade está na concentração de poluentes na água e pelas lamas que recobrem os pequenos seres que vivem no fundo do rio.



Foto: Autor

FOTO 15: Visão das palafitas que podem ser encontradas em diversos pontos ao longo do rio. Esta forma de ocupação espacial contribui no quadro de degradação ambiental, em especial a qualidade da água. Em primeiro plano, à direita, um pequeno ancoradouro.



FOTO 16: Ponto de erosão fluvial, resultante do fluxo hidrodinâmico, Estação Recife do metrô de superfície.



Foto: Autor

Foto 17: Vista do mangue que se desenvolve nas margens do rio. Apesar do comprometimento da qualidade da água e pelo lixo que recobre as raízes e, por vezes, mata os brotos da planta por asfixia, a vegetação característica da paisagem da cidade resiste.

## 8.5 – A SITUAÇÃO DAS PALAFITAS

Em decorrência da dinâmica do modelo de urbanização do Recife, além da verticalização – conforme analisado no capítulo 3 – observa-se a ocupação de áreas de risco, das quais se destaca a realizada nas margens fluviais. As ocupações ribeirinhas apresentam duas formas básicas: uma é caracterizada por casas de

alvenaria, em geral construídas na margem do leito maior. Raramente possuem colunas fincadas no leito menor. Outra forma é representada pelas palafitas. São barracos construídos com materiais alternativos, principalmente restos de madeira, folhas de zinco, de lata, papelão e plásticos. Os acessos entre as residências são realizados através de passadiços de tábuas. A maior parte da estrutura é edificada em colunas de madeira fincadas, caracteristicamente, dentro do rio. Como recebem influência direta das marés não é raro serem invadidas pelas águas, e, devido a fragilidade, parte delas ruírem.

Nestas construções inexistem qualquer tipo de sistema sanitário. Todo efluente, sólido ou líquido, é despejado diretamente no rio. Foi observada a existência de ancoradouros improvisados para pequenos barcos utilizados para pesca, como mostrou anteriormente a foto 15.

Os serviços ofertados pela Cidade do Recife, incluindo possibilidades de trabalho, ainda que informal, são apontados como principais razões para a submissão a esse tipo de vida. A falta de higiene dessas habitações é marcante. Dessa forma, pode-se dizer que as palafitas são o reflexo do quadro de exclusão social e contribuem no nível de poluição hídrica do rio.

Historicamente, as ações de ordenamento do espaço urbano, por parte do Poder Público, eram praticamente apenas a remoção dos habitantes e demolição dos barracos. Com o surgimento de representantes comunitários, foi possível a atuação das Organizações Não-Governamentais – ONGs, na realização de algumas ações na tentativa de recuperação da qualidade de vida desses locais. Algumas dessas atividades tem uma ação mais direta sobre o rio, com a retirada de lixo do canal, como a praticada pelo Movimento Recapibaribe.

Como já exposto, as medidas para solução desse problema social, não podem se restringir apenas na demolição das construções. A persistência e a necessidade demonstram que elas sempre são reerguidas. Contudo, uma parte dos habitantes das palafitas admitem serem deslocados, desde que seja para um lugar que ofereça melhores condições de vida e não muito distante do Recife.

Há trechos em que é possível urbanizar as palafitas. Elas podem ser reconstruídas com materiais resistentes a fim de aproveitar o potencial na atividade

de turismo. Para avaliar o potencial é necessária uma pesquisa de mercado e um programa para despertar a demanda. Porém, pode-se considerar a idéia de criar pequenos pólos com bares e lojas de artesanato e alguns atrativos bem específicos. O deslocamento entre alguns desses pólos poderia ser realizado por meio de barcos, afim de aproveitar a beleza cênica do Rio Capibaribe.

## 8.6 – PROBLEMAS GEOAMBIENTAIS DO RECIFE

As características físicas do Recife formam um sistema natural particularmente frágil à ocupação urbana, possibilitando o desenvolvimento de vários problemas geoambientais. Estes problemas têm como origem principal a ocupação desordenada dos morros e das áreas de mangue.

Como resultado, os processos de erosão e deslizamentos dos morros podem atuar de forma sinérgica, agravando cada vez mais, a qualidade de vida dos habitantes da cidade. As inundações, por exemplo, podem ser intensificadas através dos processos de erosão e deslizamentos verificados nos morros e associados aos fenômenos de subsidência localizados nos aterros realizados sobre baixios de maré e terraços flúvio-lagunares. Ou ainda, devido ao aumento do escoamento superficial, em detrimento da infiltração, em razão da intensa impermeabilização, associado ao entulhamento dos canais de escoamento por detritos sólidos, incluindo o lixo abandonado.

## 9 CONCLUSÃO

Apesar de possuir uma área relativamente pequena, estimada em 218,7 km<sup>2</sup>, a cidade do Recife apresenta um espaço de impressionante complexidade. A metropolização constitui, de fato, um processo de forte impacto negativo sobre o ecossistema organizado em torno do baixo curso do Rio Capibaribe. Impacto que

compromete, em particular, as redes de abastecimento d'água e de esgotamento sanitário da cidade do Recife e da Região por ela comandada.

O fator humano é o principal agente modificador da paisagem, não ficando, porém, imune às conseqüências das ações efetuadas em desacordo com os condicionantes mesológicos. Os problemas são intensificados pelas características do espaço físico além do fator humano. O relevo de planície influencia na baixa vazão do rio, facultando o acúmulo de detritos nas suas margens, além da alta pluviosidade, concentrada nos meses de junho a agosto, aumenta a sobrecarga nas redes de drenagem obstruídas.

A análise feita a partir dos parâmetros para avaliação da qualidade da água, indicaram que a poluição do rio deve-se à destinação do esgotamento sanitário doméstico. Observou-se, em campo, que alguns dos afluentes no baixo curso do Rio Capibaribe estão severamente comprometidos. Alguns afluentes não passam de canais de escoamento de esgotos oriundos de áreas distantes das margens do rio. Parte das galerias fluviais também tem função de canalizadores de efluentes sanitários.

Na batimetria predominam cotas inferiores a 4 metros. A falta de suprimento de areias, retidas pelas barragens e a alta concentração de lamas, ratificam os depoimentos dos extratores de areia sobre o recobrimento dos bolsões de areia por lama. O estudo sedimentológico, através das análises granulométricas, indicou predomínio das areias grossas, em 51% do total das amostras. O nível de seleção das areias predomina as de tipo moderada e secundariamente as pobremente selecionadas.

As investigações não se esgotam com este trabalho, sabe-se que maior grau de refinamento ou de detalhamento dos estudos podem ser conseguidos através do aumento de amostragem de água e sedimentos, além da aplicação de maior número de parâmetros ambientais. Contudo pode-se afirmar que os parâmetros e métodos utilizados mostraram-se eficientes na caracterização do sistema fluvial e suas relações com o entorno. Os objetivos dessa dissertação foram atingidos. O produto resultante pode contribuir nos trabalhos de gestão da bacia hidrográfica e foi comprovado que estes parâmetros são representativos para a avaliação ambiental integrada.

Como sugestões de intervenção, visando a recuperação do sistema ambiental, citam-se as seguintes:

- Efetivação urgente do planejamento urbano, respeitando as particularidades ambientais para o zoneamento do uso do solo no entorno do rio.
- Planejamento e execução de um plano para a melhoria da coleta do lixo, no qual estejam inclusos a modernização da rede de esgotos, adoção do sistema de coleta seletiva e estruturação de usinas de reciclagem;
- Enquanto a rede de esgotos não é implantada, sugere-se a escolha de uma forma descentralizada de tratamento das águas dos afluentes do Rio Capibaribe;
- Vistoria do sistema de saneamento de efluentes dos edifícios, em particular dos construídos às margens do rio;
- A divulgação da importância da educação ambiental, através de vários meios de comunicação;
- Estudo das microbacias para definição do sistema de drenagem natural e determinação e delimitação das áreas passíveis de inundação;
- Aumento do número de agentes dos órgãos de fiscalização ambiental e aplicação das sanções previstas em lei;
- Implantação de um Programa Integrado de Gestão Ambiental para Bacias Hidrográficas.

## 10 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALBUQUERQUE, M. J. C., BARBOZA, A. D., (1977), *Tentativa de formulação de um modelo de predição para as enchentes do Rio Capibaribe na cidade do Recife*. Recife: UFPE, (Inédito). (Trab. acadêmico da disciplina Técnicas de Pesquisa II), NAPA/DCG - Centro de Filosofia e Ciências Humanas - UFPE.

ALHEIROS, M. M., FERREIRA, M. G. V. X., FILHO, M. F. L., (1995), *Mapa Geológico do Recife, E-1: 25.000*. Recife: 3ª DL/MEx – SEPLAN.

ANDRADE, G. O., LINS, R. C., (1970), *Os Climas do Nordeste*. In: VASCONCELOS SOBRINHO, J. (Org.). *As Regiões do Nordeste, o Meio e a Civilização*. Recife: CONDEPE. Pp. 95 - 138.

ARAÚJO, A. M., (1998), *Relatório Técnico – Batimetria Fase I – Detalhamento da Batimetria atual do Estuário do Rio Capibaribe para Orientação da Dragagem, período Janeiro.- Junho de 1998*. GMFA, Grupo de Mecânica dos Fluidos Ambiental - DEMEC – Centro de Tecnologia e Geociências - UFPE.

BRANCO, S. M., (1991), *Hidrologia Ambiental*. Vol. 3. São Paulo: Ed. USP/ABRH.

BRANDÃO, M. H. M., (1995), *O Aspecto Ambiental do Uso da Água no Espaço Metropolitano do Recife*. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). DCG - Centro de Filosofia e Ciências Humanas - UFPE. Recife.

CHORLEY, R. J., HAGGETT, P. (Coord.), (1962), *Modelos Físicos e de Informação em Geografia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 260 p.

CHRISTOFOLETTI, A., (1981), *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. Vol. I *O Canal Fluvial*. 313 p.

CONDEPE, (1978), *Aproveitamento Integrado da Bacia do Capibaribe*. Governo de Pernambuco, Plano Diretor– Vol. II – Estudo Básico dos Recursos Naturais.

COSTA, E. M. P., (1981), *Expansão Urbana e Organização Espacial: uma área litorânea na Região Metropolitana do Recife*. 220 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). DCG - Centro de Filosofia e Ciências Humanas - UFPE. Recife.

CPRH, (1996 – 2002), *Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco*. Relatórios Técnicos – Projeto PQA. Recife.

DIAGONAL/CDM/COBRAPE, (1997), *Estudos sobre o sistema de macrodrenagem da RMR*. Recife: SEPLAN/CPRH. vol. I (*Relatório RD-I, Caracterização do Problema*).

EATON, Andrew D., (1995), *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. Washington, D.C.: American Health Association.

FIDEM, (1987), *Região Metropolitana do Recife Reservas Ecológicas*. 2<sup>a</sup> ed. Recife: SEPLAN. Série Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 40 f.

\_\_\_\_\_, (1987), *Região Metropolitana do Recife Parques Metropolitanos*. Recife: SEPLAN. Série Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 46 p.

FURTADO, C., (1980), *Pequena Introdução ao Desenvolvimento enfoque interdisciplinar*. São Paulo: Nacional. 161 p.

CASTRO, I. E., GOMES, P. C. C., CORRÊA, R. L., (2001), *Geografia: conceitos e temas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 352 p.

GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (Org.), (2000), *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 3<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 394

LINS, R. C., (1987), *Áreas de Exceção do Agreste Pernambucano*, in: Série Estudos Regionais, nº 20. Recife: SUDENE. 327 p.

LIMA FILHO, M. F., (1998), *Análise Estrutural e Estratigráfica da Bacia de Pernambuco*. Tese de Doutorado. IG/USP. São Paulo. 163 p.

MAIA, N. B., MARTOS, H. L., BARRELLA, W. (Org.), (2001), *Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações*. São Paulo: EDUC. 255 p.

MANSO, V. A. V., CORRÊA, I. C. S, BAITELLI, C. E. B. R., (1997), *Sedimentologia da Plataforma Continental entre Aracaju (SE) e Maceió (AL)*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 69 (4): 505-520.

MELO, M. L., (1978), *Regionalização Agrária do Nordeste*, in: Série Estudos Regionais nº 1, 2ª ed. Recife: SUDENE. 225 p.

MOTA, S., (1995), *Preservação e Conservação de Recursos Hídricos*. 2ª ed. Rio de Janeiro: ABES. 187 p.

MOTA, S., (1981) *Planejamento Urbano e Preservação Ambiental*. 9ª ed. Fortaleza: UFC. 241 p.

PEDROSA, F. J. A.; COUTINHO, R. Q.; MEDEIROS, A. B.; BORBA, A. L. S.; LIRA, A. R. A., (1995), *Projeto Carta Geotécnica da Cidade do Recife*. Convênio FINEP/UFPE.

PINTO, N. L. S., BLUCHER, E., (1976), *Hidrologia Básica*. São Paulo: Fundação Nacional de Material Escolar. 278 p.

REINECK, H.-E., SINGH, I.B., (1980), *Depositional Sedimentary Environments*. 2ª ed. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. 551 p.

SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA PARA PROJETOS ESPECIAIS, (1993), *Programa de Despoluição do Rio Capibaribe*. Governo de Pernambuco.

SHEPARD, F.P., (1954), *Nomenclature Based on sand-silt-clay rations*. Journal of Sedimentary Petrology. Tulsa, Oklahoma, **24** (3): 151-158.

SILVA, A. M., (1997), *Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco*. Recife: CPRH.

SINGER, P., (1977), *Desenvolvimento Econômico e Evolução Urbana*. 3ª ed. São Paulo: Nacional. 377 p.

SUGUIO, K. & BIGARELLA, J.J., (1990), *Ambiente Fluvial*. Curitiba: UFPA/ADEA. 183 p.

TORRES, C. O. (org.), (1991), *Qualidade das Águas Bacia do Rio Capibaribe*. Recife: CPRH. Série Publicações Técnicas nº 5.

TUCCI, C.E.M., (2000), *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2ª ed. Porto Alegre: Universidade - UFRGS/ABRH. 943 p.

**ANEXO**  
**Fichas de Análise Granulométrica**

**UFPE/DEMINAS/LGGM**

<b>ANÁLISE GRANULOMÉTRICA</b>			
Identificação da Amostra			
<b>Local:</b>		<b>Data:</b>	
<b>Coordenadas:</b>		<b>Coletor:</b>	
<b>N.º da Amostra:</b>		<b>Tipo de Sedimento:</b>	
Peneiramento Úmido			
<b>Peso Seco (g)</b>	<b>≥ 2mm</b>	<b>&lt; 2mm e ≥ 0,062mm</b>	<b>&lt;0,062</b>
Peneiramento no Rotap			
<b>Sedimento</b>	<b>Valor <math>\phi</math></b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Peso</b>
<b>Areia muito grossa</b>	<b>0</b>	<b>1,000</b>	

<b>Areia grossa</b>	<b>1</b>	<b>0,500</b>	
<b>Areia média</b>	<b>2</b>	<b>0,250</b>	
<b>Areia Fina</b>	<b>3</b>	<b>0,125</b>	
<b>Areia muito fina</b>	<b>4</b>	<b>0,062</b>	

### UFPE/DEMINAS/LGGM

<b>ANÁLISE GRANULOMÉTRICA</b>			
Identificação da Amostra			
<b>Local:</b>		<b>Data:</b>	
<b>Coordenadas:</b>		<b>Coletor:</b>	
<b>N.º da Amostra:</b>		<b>Tipo de Sedimento:</b>	
Peneiramento Úmido			
<b>Peso Seco (g)</b>	<b>≥ 2mm</b>	<b>&lt; 2mm e ≥ 0,062mm</b>	<b>&lt;0,062</b>
Peneiramento no Rotap			
<b>Sedimento</b>	<b>Valor <math>\phi</math></b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Peso</b>
<b>Areia muito grossa</b>	<b>0</b>	<b>1,000</b>	
<b>Areia grossa</b>	<b>1</b>	<b>0,500</b>	
<b>Areia média</b>	<b>2</b>	<b>0,250</b>	
<b>Areia Fina</b>	<b>3</b>	<b>0,125</b>	
<b>Areia muito fina</b>	<b>4</b>	<b>0,062</b>	

### AGRADECIMENTOS

Primeiramente, graças a Deus e seu Eterno Amor.

Injusto seria não citar a colaboração de colegas de trabalho, que a vida, à sua vontade, constitui em amizade.

Ao Professor Dr. Vadir do Amaral Vaz Manso, orientador desta dissertação.

Todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFPE, em especial, a Dra. Alcina M. F. Barreto, a Dra. Lúcia M. Mafrá Valença e a Dra. Margareth M. Alheiros: admiráveis. Aos Profs. Dr. Mário Ferreira de L. Filho e Dr. Virgínio Henrique de M. L. Neumann: pelo constante incentivo.

Na CPRH: M<sup>a</sup> Almerice Bezerra de Lima, Andréa Maria, Augusto, Márcia Gondim e Marcos Lacerda, pelo uso dos equipamentos para elaboração dos mapas;

Na CPRM: ao Dr. Sérgio Montezuma Guerra e demais funcionários.

Ao Dr. Alberto Medeiros, por ter ajudado a começar o curso e a Dra. Núbia Chaves Guerra, por ter ajudado a terminar.

Aos Coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Geociências.

A Walmisa Alves Araújo, Secretária da Pós-Graduação, exemplo de eficiência.

A todos os colegas de curso, em especial: Ana Cláudia, Carlos Fernando, Clélia Barreto, Danilo Godoy, Everaldo Paulo, Flávia Moura, Juan Carlos, Luciano Cintrão, Lucimary Albuquerque, Marcos Teódulo, Miguel Arrais, Silvana Barros e Sylvania Melo: grato pelo apoio em momentos cruciais.

Ao CNpQ, pelo apoio financeiro, ao Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha-LGGM/UFPE pelos equipamentos e pela convivência.

Ao Mega-Cursos: Aureliano, Barcelar, Eriberto, Evandro e Fraulein: sim, vocês ajudaram.

Espero não ser mal tomado por faltar citar alguém...

Período de aprendizado mui precioso, não será intemperizado.  
Obrigado.

*In memoriam:* da Cartógrafa Mércia Pedrosa Leal, eterna amiga.