



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**  
**LABORATÓRIO DE GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA**  
**COSTEIRA E OCEÂNICA**

Paulo Augusto Pires Sucupira

**INDICADORES DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DOS**  
**RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NO**  
**MÉDIO E BAIXO VALE DO RIO ACARAÚ - CE**

Fortaleza-Ceará

2006

Apoio:  **Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico**  
 **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**  
**Projeto PRODETAB 016-01-01 / Banco Mundial**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

PAULO AUGUSTO PIRES SUCUPIRA

**INDICADORES DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DOS  
RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NO  
MÉDIO E BAIXO VALE DO RIO ACARAÚ - CE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geografia do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre na área de concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semi-áridas e Litorâneas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lidriana de Souza Pinheiro (UECE)

Co-orientadora: Dr<sup>a</sup>. Morsyleide de Freitas Rosa (EMBRAPA)

**Fortaleza-Ceará**

**2006**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ**

Pró-reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

Centro de Ciências e Tecnologia

**Mestrado Acadêmico em Geografia**

Av. Paranjana, 1700 Campus do Itaperi – 60740-000 Fone/Fax: 3299.27.85 [mest\\_geo@uece.br](mailto:mest_geo@uece.br)

---

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Nome da Dissertação:** “INDICADORES DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NO MÉDIO E BAIXO VALE DO RIO ACARAÚ – CE”.

**Nome do Autor:** Paulo Augusto Pires Sucupira.

**Nome do Coordenador:** Prof. Dr. Luis Cruz Lima.

**Data da Defesa:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Conceito Obtido:** \_\_\_\_\_ **Nota Obtida:** \_\_\_\_\_

### **BANCA EXAMINADORA:**

*Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro*

Orientadora (Universidade Estadual do Ceará)

*Prof. Dr. Jáder Onofre de Moraes*

1º Examinador (Universidade Estadual do Ceará)

*Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza*

2º Examinador (Universidade Estadual do Ceará)

*Profa. Dra. Maria Eliza Zanella*

3º Examinador (Universidade Federal do Ceará)

**“Nas quedas é que o rio cria energia”.**

Hermógenes (540-475 a.C.)

*Dedico esse trabalho às pessoas mais importantes de minha vida:*

*Aos meus Pais, **Luiz Humberto e Maria Luiza**, que compartilham dos meus sonhos e ideais incentivando-me a prosseguir na jornada da vida, fossem quais fossem as tribulações; a vocês, que sempre estiveram ao meu lado, lutando comigo, dedico mais esta conquista com muita admiração e amor.*

*À minha noiva **Alexandra Polliny** pelo carinho, amor e paciência. E por compartilhar comigo os momentos difíceis e especialmente os de felicidade, dedico esta conquista com todo o meu amor e respeito.*

## AGRADECIMENTOS

---

Agradeço primeiramente a Deus pelo Dom da vida e pela força a mim concedida em todos os momentos.

A minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Lidriana de Souza Pinheiro, pelo seu incentivo, dedicação, contribuição, paciência e credibilidade a mim confiado, durante a orientação, para a elaboração e conclusão dessa pesquisa no tempo vigente.

A minha co-orientadora, Dr<sup>ª</sup>. Morsyleide de Freitas Rosa pelo apoio, dedicação e as informações fornecidas para a viabilidade da pesquisa.

Ao Prof. Ms. Paulo Roberto Pessoa, pelo companheirismo, ajuda e paciência nos trabalhos de campo.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo apoio financeiro dado à pesquisa, sendo de imprescindível importância.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) através do projeto PRODETAB 016-01-01 intitulado *“Gestão Racional de bacias hidrográficas na região de caatinga de modo a manter o seu uso sustentável na agricultura irrigado”*, financiado pelo Banco Mundial, pelo apoio técnico nos trabalhos de campo, o qual possibilitou alcançar o objetivo da pesquisa.

Ao Mestrado Acadêmico em Geografia – MAG, representado pelo Prof. Dr. Luiz Cruz Lima, coordenador do mesmo durante o curso. E aos Doutores por terem repassado novos conhecimentos e ensinamentos. E também aos funcionários: Júlia, Juliana, Gerda e Elesbão.

Ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) pelo apoio logístico no fornecimento de equipamentos e no espaço do mesmo para o tratamento dos dados.

Aos amigos do LGCO, em especial ao Aluísio, Davis, Jorge, Neide, Paulo Henrique, Carolina, Tatiana, Auriléa, Rodrigo, Miguel e Felipe que me ajudaram nos trabalhos de campo, análises laboratoriais e tratamento dos dados.

A FUNCEME, na pessoa de Ms. Manoel Rodrigues, que disponibilizou as imagens de satélite e os dados climáticos e meteorológicos necessários à pesquisa.

A Profa. Dra. Sandra Baptista da Cunha pelas contribuições e elucidação de dúvidas referentes à pesquisa.

Ao amigo Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento pelo auxílio na elucidação de dúvidas e companheirismo nos trabalhos de campo realizados pela EMBRAPA.

Aos colegas de turma Adriana, Eluziane, João Sérgio, Davis, Jáder, Marcelo, Ana Maria, Josiemeire e Marília.

A todos que de forma direta ou indireta auxiliaram na realização desta pesquisa.

**MEUS MAIS SINCEROS AGRADECIMENTOS.**

## SUMÁRIO

---

LISTA DE FIGURAS	Pág. X
LISTA DE TABELAS	XV
LISTA DE ABREVIATURAS	XVII
RESUMO	XIX
ABSTRACT	XX
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>21</b>
1.1. Configuração Ecogeográfica da Bacia do Acaraú - Estado da Arte	25
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>31</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>38</b>
3.1. Área de Estudo e Estruturação Metodológica	38
3.2. Atividades de Reconhecimento Básico	42
3.2.1. Revisão Bibliográfica e Cartográfica	42
3.2.2. Geoprocessamento e Geração da base para o estudo	42
3.2.2.1. Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital	42
3.2.3. Etapa de Campo	46
3.3. Sistemática Técnico-Operacional	46
3.3.1. Compartimentação das Unidades Geoambientais	46
3.3.2. Setorização da Bacia Hidrográfica	46
3.3.3. Caracterização dos Parâmetros Morfométricos da Bacia	47
3.3.3.1. Hierarquização Fluvial	47
3.3.3.1.1. Análise Linear	48
3.3.3.1.2. Análise Areal / Densidade de Drenagem (DD)	49
3.3.4. Análise Hipsométrica / Declividade Média (DM)	51
3.3.5. Parâmetros da Dinâmica Fluvial	52
3.3.5.1. Levantamento Batimétrico e Perfis Transversais	52
3.3.6. Medição dos Parâmetros Estuarinos	55
3.3.7. Amostragem Sedimentológica	56
3.3.8. Anemometria e Oscilação da Maré	57
3.3.9. Análise da Qualidade de Água	58
3.3.10. Análise do Material Transportado em Suspensão	60
3.3.11. Propriedades Físicas do Solo e suas Implicações no Processo Erosivo	61
3.3.11.1. Granulometria	62
3.3.11.2. Índice de Sucetibilidade de Erosão do Solo (ES)	63
3.3.12. Estudo das Formas de Uso e Ocupação da Terra, através da Interpretação de Imagem de Satélite	66
3.3.12.1. Índice de Proteção da Cobertura Vegetal Atual (CVA)	67
3.3.13. Índice de Erosividade da Chuva (EC)	69
3.3.14. Balanço Hídrico (BH)	71
3.3.15. Índice de Qualidade de Água (QA)	72
3.3.16. Elaboração do Banco de Dados no SIG	73
<b>4. O CONTEXTO GEOAMBIENTAL E SÓCIO-ECONÔMICO</b>	<b>74</b>
4.1. Compartimentação das Unidades Geoambientais	74
4.1.1. Planície Litorânea	76
4.1.1.1. Planície Flúvio-Marinha	77
4.1.3. Planície Fluvial	79
4.1.4. Tabuleiros Pré-Litorâneos	81
4.1.5. Maciços e Cristas Residuais	82
4.1.6. Depressão Sertaneja	83

4.2. Indicadores Sócio-Econômicos e Sócio-Ambientais	84
<b>5. CONTEXTO HIDROCLIMÁTICO E HIDRODINÂMICO DO MÉDIO E BAIXO ACARAÚ</b>	<b>94</b>
5.1. Características Hidroclimáticas	94
5.2. Características Morfo-Hidrológicas	100
5.2.1. Determinação do Parâmetro de Balanço Hídrico (BH) para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú	104
5.2.2. Geomorfologia Fluvial e Caracterização Morfométrica da Bacia	107
5.2.2.1. Análise Linear	111
5.2.2.2. Análise Areal	111
5.2.3. Disponibilidade Hídrica	115
5.2.3.1. Águas Superficiais	115
5.2.3.2. Águas Subterrâneas	117
<b>6. CONDIÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO E SUAS IMPLICAÇÕES NO NÍVEL DE DEGRADAÇÃO DA BACIA</b>	<b>119</b>
6.1. Índice de Proteção da Cobertura Vegetal Atual (CVA)	119
6.2. Declividade Média (DM)	124
6.3. Índice de Erodibilidade da Chuva (EC)	126
6.4. Índice de Sucetibilidade de Erosão do Solo (ES)	129
<b>7. ASPECTOS QUALITATIVOS DOS RECURSOS HÍDRICOS</b>	<b>141</b>
7.1. Usos da Água na Bacia	141
7.1.1. Identificação das Fontes de Poluição Difusas e Pontuais	142
7.1.1.1. Fontes Difusas de Poluição	142
7.1.1.1.1. Esgoto Doméstico	142
7.1.1.1.2. Estações de Tratamento de Água (ETA) e Esgoto (ETE)	146
7.1.1.1.3. Resíduos Sólidos	150
7.1.1.1.4. Atividade Agrícola	153
7.1.1.2. Fontes Pontuais de Poluição	156
7.1.1.2.1. Matadouros e Currais	156
7.1.1.2.2. Carcinicultura	160
7.1.1.2.3. Indústrias	162
7.1.1.2.4. Pedreiras	164
7.2. A Qualidade dos Recursos Hídricos no Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú	168
<b>8. OS IMPACTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA E SUAS REPERCUSSÕES NA ZONA COSTEIRA</b>	<b>173</b>
8.1. A Dinâmica do Estuário do Rio Acaraú e o Nível de Degradação Ambiental	174
8.1.1. Aspectos Oceanográficos	174
8.1.1.1. Ventos	174
8.1.1.2. Marés	182
8.2. Condições Hidrodinâmicas e Hidrológicas	183
8.2.1. Levantamento Batimétrico e Perfis Transversais	183
8.2.1.1. Medidas de Vazão	185
8.2.2. Condições Hidrológicas	187
8.2.2.1. Correntes Estuarinas	187
8.2.2.2. Comportamento da Salinidade	189
8.2.2.3. Condutividade	191
8.3. Identificação das Contribuições Pontuais de Poluentes no Estuário	193
8.3.1. Avaliação das Características Estéticas	195
8.3.1.1. Sólidos Suspensos Totais (SST)	195
8.3.1.2. Turbidez	197
8.3.2. Avaliação do Conteúdo Orgânico	199

8.3.2.1. Oxigênio Dissolvido (OD)	199
8.3.2.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> )	202
8.3.2.3. Temperatura	203
8.3.3. Avaliação da Agressividade Natural	206
8.3.3.1. pH	206
8.3.4. Avaliação do Teor de Nutrientes	207
8.3.4.1. Fósforo Total	207
8.3.4.2. Nitrato	208
8.3.4.3. Nitrito	209
8.3.4.4. Nitrogênio Amoniacal Total	210
8.3.5. Avaliação do Estado Trófico	211
8.3.5.1. Clorofila A	211
8.3.6. Avaliação do Conteúdo de Óleos e Graxas	213
8.3.6.1. Óleos e Graxas	213
8.3.7. Avaliação da Qualidade Bacteriológica	215
8.3.7.1. Coliformes Termotolerantes (CTT)	215
8.3.8. Cálculo do Índice de Qualidade de Água (QA)	216
<b>9. FORMULA DESCRITIVA DA QUALIDADE ATUAL DO MÉDIO E BAIXO CURSO DO RIO ACARAÚ</b>	<b>221</b>
<b>10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>229</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>235</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01</b> – Mapa da bacia hidrográfica do Rio Acaraú, com a respectiva rede de drenagem e divisão política administrativa.	26
<b>Figura 02</b> – Mapa de localização da área.	39
<b>Figura 03</b> – Fluxograma Metodológico.	42
<b>Figura 04</b> – Seções de coleta de água, sedimento e dos parâmetros estuarinos do Rio Acaraú.	45
<b>Figura 05</b> – Na foto A, equipamento topográfico utilizado para a elaboração do perfil transversal no leito do Rio Acaraú, na seção 08 e na B, correntômetro, para medidas de corrente.	53
<b>Figura 06</b> – Na foto A, o refratômetro para medição da salinidade e na B, a sonda de Oxigênio, para medidas de O <sub>2</sub> , pH e temperatura.	55
<b>Figura 07</b> – Na foto A, o <i>Disco de Secchi</i> e na B, o CTD.	56
<b>Figura 08</b> – Garrafa <i>Van Dorn</i> utilizada nas coletas de água e material em suspensão.	56
<b>Figura 09</b> – Draga <i>Van Veen</i> utilizada, em campo, na coleta de sedimentos.	57
<b>Figura 10</b> – Na foto A, Estação Meteorológica Eletrônica Davis Instruments e na B, sensores de vento, temperatura e direção.	58
<b>Figura 11</b> – Frascos para as coletas de amostras de água: A) Clorofila A, Nitrogênio Total e DBO <sub>5</sub> , B) Óleos e graxas, C) Coliformes Termotolerantes e D) Fósforo.	59
<b>Figura 12</b> – Gráfico da relação de suscetibilidade do solo à erosão Hjulstrom (1935). Adaptado de Beltrame (1994) e Suguio & Bigarella (1990).	64
<b>Figura 13</b> – Compartimentação dos Sistemas e/ou Unidades Geoambientais do Médio e Baixo Cursos do Rio Acaraú-CE. Adaptado de Souza (2005).	75
<b>Figura 14</b> – Pesca artesanal e escarpa de falésia fluvial que margeia a planície estuarina do Rio Acaraú.	77
<b>Figura 15</b> – Nas fotos A e B, a vegetação de mangue predominante na planície flúvio-marinha do rio Acaraú, em destaque a <i>Rizophora Mangle</i> .	79
<b>Figura 16</b> – Cultura de vazante, no caso, plantio de arroz no município de Morrinhos.	80
<b>Figura 17</b> – Na foto A, Serra da Meruoca e na B, vista do Platô da Serra da Meruoca, onde se podem ver os inselbergs e mais ao fundo, o Rio Acaraú.	83
<b>Figura 18</b> – Na foto A, sertão do Médio Acaraú e na B, sertões Sobral e Meruoca, ao fundo a Serra da Meruoca.	83
<b>Figura 19</b> – Número de habitantes residentes na zona urbana e rural, para os municípios da área de estudo. Fonte: Censo demográfico do IBGE (2000).	85
<b>Figura 20</b> – Açude Acaraú-Mirim, concluído em 1907, utilizado para abastecimento local, com capacidade de 53 milhões de m <sup>3</sup> .	87
<b>Figura 21</b> – Gráfico de precipitação total na Bacia do Rio Acaraú, baseado nos dados da estação meteorológica de Sobral.	97
<b>Figura 22</b> – Variação das temperaturas mínimas, médias e máximas nos municípios pertencentes à região estudada.	98
<b>Figura 23</b> – Gráfico relacionado à variação da temperatura média, evaporação total, umidade relativa, insolação total e de nebulosidade da área estudada.	99
<b>Figura 24</b> – Perfil Longitudinal do Rio Acaraú, das nascentes até a foz.	100

<b>Figura 25</b> – Modelo Digital de Elevação e o Mapa de Declividade da área estudada.	<b>102</b>
<b>Figura 26</b> – Setorização do trecho estudado em sub-bacias, a (A2) corresponde à parte do Médio curso e a (A1) o Baixo curso do Rio Acaraú.	<b>103</b>
<b>Figura 27</b> – Gráfico referente ao Balanço Hídrico Mensal para o município de Acaraú, setor A1 (Baixo curso).	<b>105</b>
<b>Figura 28</b> – Gráfico referente ao Balanço Hídrico Mensal para o município de Acaraú, setor A2 (Médio curso).	<b>106</b>
<b>Figura 29</b> – Gráfico relacionado a Evapotranspiração Real e Total Mensal para o município de Sobral, setor A1 (Baixo curso).	<b>106</b>
<b>Figura 30</b> – Gráfico relacionado Evapotranspiração Real e Total Mensal para o município de Sobral, setor A2 (Médio curso).	<b>107</b>
<b>FIGURA 31</b> – Hierarquização da rede de drenagem do trecho estudado na bacia hidrográfica do rio Acaraú.	<b>110</b>
<b>Figura 32</b> – Uso do solo atual na área estudada da bacia do Rio Acaraú, obtida pelo processamento da imagem de satélite LANDSAT 7 ETM+.	<b>121</b>
<b>Figura 33</b> – Gráficos da análise granulométrica realizada em 08 amostras de solo do estuário do Rio Acaraú, estação chuvosa.	<b>131</b>
<b>Figura 34</b> – Gráficos da análise granulométrica realizada em 08 amostras de solo do estuário do Rio Acaraú, estação seca.	<b>133</b>
<b>Figura 35</b> – Gráfico dos percentuais simples da suscetibilidade da textura do solo no período chuvoso, para o estuário do Rio Acaraú.	<b>136</b>
<b>Figura 36</b> – Gráfico dos percentuais simples da suscetibilidade da textura do solo no período de estiagem, para o estuário do Rio Acaraú.	<b>137</b>
<b>Figura 37</b> – Gráfico das taxas de denudação e erosão do solo para o setor A1, correspondente ao Baixo Curso do Rio Acaraú.	<b>138</b>
<b>Figura 38</b> – Gráfico das taxas de denudação e erosão do solo para o setor A2, correspondente ao Médio Curso do Rio Acaraú.	<b>139</b>
<b>Figura 39</b> – Na foto A, bairro de Morrinhos sem saneamento básico, localizado às margens do Rio Acaraú e na B, a Lagoa de Cruz, localizada em Cruz, é receptora de esgoto doméstico e está repleta de aguapés.	<b>144</b>
<b>Figura 40</b> – Evidências da poluição difusa, na foto A o Riacho Contendas, tributário do rio Acaraú, localizado em Massapê que não possui um sistema de saneamento básico adequado, muito lixo e esgoto, e na B o Riacho Itacaranha poluído que recebe esgoto sanitário, localizado em Meruoca.	<b>145</b>
<b>Figura 41</b> – Na foto A ponte sobre o Rio Acaraú em Sobral, lançamento de esgoto diretamente no curso fluvial, e na B processo de urbanização do município, área de lazer e emissão de efluentes sanitários.	<b>145</b>
<b>Figura 42</b> – Gráfico comparativo da estimativa de produção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, com base na população e produção de esgoto doméstico na área, com a carga estimada para a Bacia Inferior do Acaraú por Lacerda & Sena (2005).	<b>146</b>
<b>Figura 43</b> – Na foto A, elevatória Paulo Aragão e na B, elevatória Ecoa ambas instaladas às margens do Rio Acaraú, município de Sobral.	<b>148</b>
<b>Figura 44</b> – Na foto A, resíduos da lavagem dos filtros na ETA de Santana do Acaraú, despejado diretamente no rio e na B, filtros da ETA de Morrinhos (Sede), tratamento simples.	<b>148</b>
<b>Figura 45</b> – Lagoas de Estabilização da ETE de Acaraú, receptora de parte dos efluentes domésticos do município, lançamento de efluentes <i>in natura</i> no canal fluvial.	<b>150</b>
<b>Figura 46</b> – Capineira do João Galvino, no bairro do Cruzeiro, Lagoa de	<b>151</b>

Estabilização “Natural” em Santana do Acaraú, receptora de parte dos efluentes domésticos do município, mau cheiro e residências nas proximidades.

**Figura 47** – Na foto A, aterro sanitário de Sobral instalado a poucos km do sopé da Serra da Meruoca e na B, aterro controlado de Santana do Acaraú, próximo a um açude de captação de água para irrigação de culturas, são os únicos no trecho estudado. **152**

**Figura 48** – Na foto A, lixão de Massapê, percolação do chorume e poluição do lençol freático e na B, lixão de Acaraú, localizado a apenas 1km da sede municipal, região estuarina. **153**

**Figura 49** – Programa de coleta seletiva no município de Cruz, no Baixo curso, o qual destaca-se na área pela iniciativa no tratamento (reciclagem) do lixo e na geração de emprego e renda. **154**

**Figura 50** – Na foto A, cultura de vazante (arroz), poluição pelo uso de agrotóxicos e na B, plantação de milho, captação do açude Oriente, para irrigação, ambas com ocorrência no município de Santana do Acaraú. **155**

**Figura 51** - Gráfico comparativo da estimativa de produção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, com base nas áreas de cultivo e principais culturas encontradas na área, com a carga estimada para a Bacia Inferior do Acaraú por Lacerda & Sena (2005). **156**

**Figura 52** – Na foto A, matadouro localizado no município de Acaraú, região estuarina, efluentes a céu aberto e conjunto habitacional ao fundo e na B Matadouro de Massapé, Médio curso, vísceras de animais e efluentes jogados no riacho Contendas. **158**

**Figura 53** – Na foto A, curral localizado junto às margens do curso fluvial, na região estuarina do rio Acaraú e na B, pecuária extensiva, presença do gado dentro do curso d’água, ao fundo casas às margens do rio, área de risco em Santana do Acaraú. **158**

**Figura 54** - Gráfico comparativo da estimativa de produção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, pela quantidade de animais encontrada na área, com a carga estimada para a Bacia Inferior do Acaraú por Lacerda & Sena (2005). **160**

**Figura 55** – Na foto A, viveiros e ponto de captação marinho da fazenda de camarão ARTEMISA e na B, captação e despejo na mesma gamboa, fazenda LAGOA AZUL, ambas localizadas em Acaraú, estuário do Rio Acaraú. **162**

**Figura 56** – Na foto A, captação por fazenda de camarão no canal fluvial do Rio Acaraú, para abastecimento dos viveiros e na B, salina abandonada, desmatamento do mangue e contaminação do solo. **162**

**Figura 57** – Retirada de areia e argila, das margens do Rio Acaraú, município de Cruz, para abastecimento da construção civil e de olarias. **164**

**Figura 58** – Esgoto a céu aberto da GRENDENE, município de Sobral. **164**

**Figura 59** – Fábrica da Votorantin com detalhe para o riacho Mucambinho próximo ao sistema de tratamento. **165**

**Figura 60** – Na foto A, a pedreira Verde Ceará, localização irregular a 854 metros, área de APP na Serra da Meruoca, blocos de rocha cortados com o uso de dinamite, a cerca de 03 km da mineração e na B, a pedreira da Racha, em Massapé, rejeitos no riacho Contendas. **166**

**Figura 61** – Fontes de pontuais e difusas de poluição no trecho estudado da bacia hidrográfica do Rio Acaraú. **168**

<b>Figura 62</b> – Valores de Cor da água nas amostras das seções ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. (Padrão CONAMA 20/86 de 75mgPtCo/L). Fonte: Figueirêdo <i>et al.</i> (2005).	169
<b>Figura 63</b> – Variação de OD e DBO nas amostras de água das seções ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. (Padrão CONAMA 20/86 p/ OD > 5mg/L e DBO < 5mg/l). Fonte: Figueirêdo <i>et al.</i> (2005).	170
<b>Figura 64</b> – Resultados de Coliformes Termotolerantes nas amostras de água das seções ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. (Padrão CONAMA 20/86 de 1000 NMP/100L). Fonte: Figueirêdo <i>et al.</i> (2005).	171
<b>Figura 65</b> - Resultados de Fósforo Total nas amostras de água das seções ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. (Padrão CONAMA 20/86 de 0,025 mg/L). Fonte: Figueirêdo <i>et al.</i> (2005).	171
<b>Figura 66</b> – Resultados para Amônia Livre nas amostras de água das seções ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. (Padrão CONAMA 20/86 de 0,025 mg/L). Fonte: Figueirêdo <i>et al.</i> (2005).	172
<b>Figura 67</b> – Gráfico de velocidade de vento em m/s no mês de maio de 2005, período chuvoso.	174
<b>Figura 68</b> – Gráficos referentes às rajadas de vento em m/s na região estuarina do Rio Acaraú no dia 24/05/05, período chuvoso.	175
<b>Figura 69</b> – Gráficos referentes às rajadas de vento, em m/s, na região estuarina do Rio Acaraú no dia 25/05/05, período chuvoso.	176
<b>Figura 70</b> – Gráfico referente à variação da temperatura no estuário do Rio Acaraú, em °C, para o período chuvoso.	177
<b>Figura 71</b> – Gráfico de velocidade de vento em m/s no mês de setembro de 2005, período de estiagem.	178
<b>Figura 72</b> – Gráficos referentes às rajadas de vento, em m/s, na região estuarina do Rio Acaraú no dia 18/09/05, período de estiagem.	179
<b>Figura 73</b> – Gráficos referentes às rajadas de vento em m/s na região estuarina do Rio Acaraú no dia 19/09/05, período de estiagem.	180
<b>Figura 74</b> – Gráficos de direção dos ventos na foz do Rio Acaraú, nos meses de maio e setembro de 2005, correspondentes aos períodos de chuva e estiagem.	181
<b>Figura 75</b> – Gráfico referente à variação da temperatura no estuário do Rio Acaraú, em °C, para o período de estiagem.	182
<b>Figura 76</b> – Gráfico das variações de maré, na foz do estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (24/05/05) e estiagem (18/09/05).	183
<b>Figura 77</b> – Perfis batimétricos transversais ao leito do Rio Acaraú, nas seções de monitoramento.	184
<b>Figura 78</b> – Gráfico de vazão histórica mensal, consistindo na média diária de 01/1982 a 12/2003, na estação fluviométrica de Sobral.	185
<b>Figura 79</b> – Variação da área do canal fluvial nos respectivos períodos de monitoramento da vazão na seção 08.	186
<b>Figura 80</b> – Variação da intensidade das correntes nos ciclos de maré de sizígia, para o estuário do Rio Acaraú.	188
<b>Figura 81</b> – Distribuição longitudinal da salinidade média na coluna d'água, para o ciclo completo de maré de sizígia para os períodos de chuva e estiagem.	190
<b>Figura 82</b> – Variação longitudinal da condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das águas do estuário do Rio Acaraú, em ciclo completo de maré de sizígia para o período de estiagem (set/2005).	192

- Figura 83** – Variação longitudinal da condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e da salinidade das águas do estuário do Rio Acaraú, em ciclo completo de maré de sizígia para o período chuvoso (maio/2005). **193**
- Figura 84** - Na foto A, lançamento de resíduos sólidos (a jusante) no estuário e na B, resíduos presos ao mangue. **194**
- Figura 85** – Gráfico do nível de *Turbidez* da água ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para o período de estiagem (set/2005). **198**
- Figura 86** – Gráfico do nível de *Turbidez* da água ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para o período chuvoso (maio/2005). **198**
- Figura 87** – Variação longitudinal do oxigênio dissolvido ( $\text{mg}/\text{l}$ ) nas águas do estuário do Rio Acaraú, em ciclo completo de maré de sizígia para o período de estiagem (set/2005). **201**
- Figura 88** – Gráfico do nível de *DBO<sub>5</sub>* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005). **203**
- Figura 89** – Distribuição longitudinal da temperatura média na coluna d'água, para o ciclo completo de maré de sizígia para os períodos de chuva e estiagem. **205**
- Figura 90** – Gráfico do nível de *pH* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005). **206**
- Figura 91** – Gráfico do nível de *Fósforo* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005). **208**
- Figura 92** – Gráfico do nível de *Nitrato* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005). **209**
- Figura 93** – Valores médios do nível de *Nitrito* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005). **210**
- Figura 94** – Valores médios do nível de *Nitrogênio Amoniacal Total* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005). **211**
- Figura 95** – Valores médios do nível de *Clorofila a* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005). **212**
- Figura 96** – Valores médios do nível de *Óleos e Graxas* nas seções 01 (foz) e 04 (porto) no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005). **214**
- Figura 97** – Na foto A, porto de Acaraú, ao fundo a ACARAÚ PESCA, maior empresa de pescado da região e na B, alvenaria de barco com lançamento de óleo no rio. **215**
- Figura 98** – Valores médios do nível de *Coliformes Termotolerantes* na seção 05 no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005). **216**
- Figura 99** – Trecho da Bacia do Rio Acaraú setorizado, com as respectivas fórmulas descritivas. **225**
- Figura 100** – Gráfico da equação da reta referente às unidades de risco de erosão para as fórmulas descritivas dos setores. **226**

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>Tabela 01</b> – Imagem de satélite que recobre a área de interesse.	<b>42</b>
<b>Tabela 02</b> – identificação das seções de coleta de parâmetros, amostras de água e sedimento, no ambiente estuarino do Rio Acaraú.	<b>43</b>
<b>Tabela 03</b> – Classificação dos valores de densidade de drenagem.	<b>50</b>
<b>Tabela 04</b> – Caracterização do relevo conforme as classes de declividade e simbologia utilizadas para a área de estudo.	<b>52</b>
<b>Tabela 05</b> – Dados referentes às médias mensais de vazão da seção fluviométrica de Sobral.	<b>54</b>
<b>Tabela 06</b> – Metodologias utilizadas na identificação dos parâmetros de qualidade da água no estuário do Rio Acaraú.	<b>60</b>
<b>Tabela 07</b> – Classificação da erodibilidade do solo, baseada na relação entre a velocidade mínima do fluxo de água e a granulação do material transportado, para o estuário do Rio Acaraú.	<b>65</b>
<b>Tabela 08</b> – Caracterização do ES pelo declive, com as respectivas classes do potencial erosivo dos solos e simbologia.	<b>66</b>
<b>Tabela 09</b> – Classificação do tipo de cobertura vegetal quanto à proteção fornecida ao solo.	<b>68</b>
<b>Tabela 10</b> – Índice e grau de proteção total da área fornecida pela vegetação atual.	<b>68</b>
<b>Tabela 11</b> – Estações pluviométricas e períodos utilizados para a obtenção do índice de erosividade da chuva para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú-CE.	<b>69</b>
<b>Tabela 12</b> – Classificação dos índices de erosividade da chuva, para o Estado do Ceará.	<b>70</b>
<b>Tabela 13</b> – Características das estações climatológicas representativas para os respectivos setores da área estudada.	<b>71</b>
<b>Tabela 14</b> – Classificação qualitativa dos valores do balanço hídrico e respectivos símbolos.	<b>72</b>
<b>Tabela 15</b> – Unidades Geoambientais do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, com as respectivas áreas de abrangência, no trecho estudado.	<b>84</b>
<b>Tabela 16</b> – Domicílios particulares permanentes e tipo de esgotamento sanitário da área de influência direta no Médio e Baixo curso do Rio Acaraú em 2000.	<b>88</b>
<b>Tabela 17</b> – Matriz de correlação das Componentes Geoambientais do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú/CE, com as respectivas limitações e potencialidades, no trecho estudado	<b>89</b>
<b>Tabela 18</b> – Índices Pluviométricos Históricos dos municípios inseridos no Médio e Baixo curso do Rio Acaraú (1974-2004)	<b>96</b>
<b>Tabela 19</b> – Valores anuais de excedente e déficit hídrico anual das estações climatológicas de Acaraú e Sobral, para os respectivos setores.	<b>105</b>
<b>Tabela 20</b> – Classificação do BH para os setores A1 e A2.	<b>105</b>
<b>Tabela 21</b> - Análise linear da rede hidrográfica da bacia do Rio Acaraú, no trecho estudado.	<b>111</b>
<b>Tabela 22</b> - Análise areal da rede hidrográfica da bacia do Rio Acaraú.	<b>112</b>
<b>Tabela 23</b> – Classificação dos valores de densidade de drenagem.	<b>113</b>
<b>Tabela 24</b> – Características dos principais açudes da bacia do Rio Acaraú.	<b>116</b>
<b>Tabela 25</b> – Quantidade de Poços Perfurados por Aquíferos no Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú.	<b>117</b>

<b>Tabela 26</b> – Matriz de classificação em relação às amostras extraídas da imagem multiespectral.	<b>120</b>
<b>Tabela 27</b> – Uso da terra nos setores A1 e A2 e dados totais no trecho estudado da bacia do Rio Acaraú.	<b>122</b>
<b>Tabela 28</b> – Índice de cobertura vegetal atual (CVA) para os setores A1 e A2, com a respectiva simbologia.	<b>123</b>
<b>Tabela 29</b> – Série de valores da declividade média (DM) do setor A1 da bacia do Rio Acaraú.	<b>125</b>
<b>Tabela 30</b> – Série de valores da declividade do setor A2 da bacia do Rio Acaraú.	<b>126</b>
<b>Tabela 31</b> – Índice de Erodibilidade da Chuva (t/ha.mm/h) em diferentes períodos nos municípios integrantes do Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú.	<b>128</b>
<b>Tabela 32</b> – Escala granulométrica baseada na classificação de Wentworth ou Americana, segundo Suguio (1973) <i>in</i> Beltrame (1994).	<b>130</b>
<b>Tabela 33</b> – Percentuais simples da suscetibilidade da textura do solo à erosão, de acordo com as amostras analisadas, no estuário do Rio Acaraú/CE.	<b>135</b>
<b>Tabela 34</b> – Estimativa das taxas de perda de solo no Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú.	<b>138</b>
<b>Tabela 35</b> – Cálculo do potencial erosivo dos solos por setor da bacia.	<b>140</b>
<b>Tabela 36</b> – Distribuição das ETAs e ETEs nos municípios integrantes do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, com as respectivas coordenadas e disposição final dos rejeitos.	<b>149</b>
<b>Tabela 37</b> – Identificação dos Pontos de Coleta em seções no trecho do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú.	<b>169</b>
<b>Tabela 39</b> – Valores da vazão no estuário do rio Acaraú, em relação à área molhada da seção monitorada.	<b>186</b>
<b>Tabela 40</b> – Variação do material em suspensão no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de monitoramento.	<b>196</b>
<b>Tabela 41</b> – Valores dos níveis de trofia em relação ao parâmetro de Clorofila <i>a</i> para os estuários.	<b>212</b>
<b>Tabela 42</b> – Valores médios dos parâmetros de qualidade de água nas seções de coleta no Médio e Baixo curso do Rio Acaraú/CE.	<b>217</b>
<b>Tabela 43</b> – Valor percentual atribuído aos parâmetros de qualidade de água para o cálculo do índice de Qualidade de Água (QA) dos setores A1 (baixo curso) e A2 (médio curso).	<b>218</b>
<b>Tabela 44</b> – Síntese dos índices obtidos em cada parâmetro analisado, para os setores A1 e A2.	<b>223</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

**A** – Área

**ANA** – Agência Nacional de Águas

**APP** – Área de Proteção Permanente

**ASD** – Área Susceptível à Desertificação

**BH** – Balanço Hídrico

**CEFET** – Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará

**COGERH** – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente

**CTD** – Conductivity, Temperature e Depht Sensor

**CTT** – Coliformes Termotolerantes

**CVA** – Índice de Cobertura Vegetal Atual

**DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio

**DD** – Densidade de Drenagem

**DEHA** – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental

**DHN** – Diretoria de Hidrografia e Navegação

**DM** – Declividade Média

**DNPM** – Departamento de Produção Mineral

**EC** – Índice de Erosividade da Chuva

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**ES** – Índice de Erosividade do Solo

**ETA** – Estação de Tratamento de Água

**ETE** – Estação de Tratamento de Esgoto

**ETM+** – Enhanced Thematic Mapper Plus

**ETP** – Evapotranspiração Potencial

**ETR** – Evapotranspiração Real

**FUNCEME** – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

**GPS** – Sistema de Posicionamento Global

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**INPE** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

**INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia

**IQAA** – Índice de Qualidade Ambiental Atual

**LANDSAT** – Earth Resources Technology Satellite – USA  
**LIAMAR** – Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias  
**LGCO** – Laboratório de Geologia Costeira e Oceânica  
**MDE** – Modelo Digital de Elevação  
**N** – Nitrogênio  
**OD** – Oxigênio Dissolvido  
**OMM** – Organização Meteorológica Mundial  
**P** – Fósforo  
**Q** – Descarga Líquida  
**QA** – Índice de Qualidade da Água  
**QSS** – Descarga Sólida em Suspensão  
**SUDENE** – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste  
**SEMACE** – Superintendência Estadual do Meio Ambiente  
**SHP** – Shapefile (extensão ARCVIEW)  
**SIG** – Sistema de Informações Geográficas  
**SPRING** – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas  
**SRH** – Secretaria de Recursos Hídricos  
**SST** – Sólidos Suspensos Totais  
**UECE** – Universidade Estadual do Ceará  
**UFC** – Universidade Federal do Ceará  
**UTM** – Universal Transversal Mercator  
**°C** – Grau Celsius

## RESUMO

---

A degradação dos recursos hídricos superficiais ocorre, hoje, de maneira intensificada, onde esse processo deve ser identificado, analisado e contido com eficiência e rapidez, para a conservação do meio ambiente. A base dos recursos naturais do Ceará é notadamente frágil, sobretudo por estar localizado, quase em sua totalidade, no semi-árido. Estas características determinam a alta vulnerabilidade dos recursos hídricos, agravados pelos grandes desmatamentos e remoção de matas ciliares para uso agrícola. Nesse sentido, a determinação do Índice da Qualidade Ambiental Atual para o médio e baixo curso do Rio Acaraú serve para o entendimento da situação real da bacia, onde a identificação dos índices relacionados a sua capacidade potencial de contribuir ou refletir a degradação dos recursos hídricos, foi necessária para fomentar a melhor forma de utilização dos mesmos. Com isso, visaram-se essencialmente o levantamento de informações relativas à qualidade da água, as condições do relevo, a manutenção do solo e da vegetação. Isto se deu, através da aplicação do conceito sistêmico, onde as principais unidades geoambientais e os processos ecodinâmicos foram compartimentados e hierarquizados. Aliado a isso, utilizando o sensoriamento remoto, realizou-se a setorização da bacia com posterior análise dos parâmetros morfométricos, hidrossedimentológicos e das principais modificações ocasionadas pelas formas de uso e ocupação, pontos de emissão de efluentes com registros fotográficos e amostragem da água. O IQAA elaborado para os setores delimitados na bacia do Rio Acaraú, interpolou as informações obtidas, fornecendo, assim, os indicativos concretos para a condução racional de uso do solo e manejo dos recursos hídricos superficiais, procurando dessa forma, contribuir com o gerenciamento desses recursos sob a ótica do desenvolvimento sustentável. Esta pesquisa teve suporte do Projeto PRODETAB 016-01-01, financiado pelo Banco Mundial.

**Palavras Chave:** Rio Acaraú, Recursos Hídricos Superficiais, Bacia Hidrográfica e Degradação.

## ABSTRACT

---

The renewable natural resources degradation occurs, nowadays, in a strong way, where these processes shall be identified, analyzed and contained quickly and efficiently, to conserve the environment. The bases of natural resources of Ceará State are clearly frail, above all for its localization, almost completely inserted in the semi-arid. These features determinate the high vulnerability of these hidrical resources, worsened by the large deforesting, forest fires and ciliar vegetation to agricultural use. Therefore, the determination of a method to elaboration of the Current Environmental Quality Index (CEQI) which are the hidrical resources of Acaraú River basin, to identification of the parameters related to its potential capacity to contribute and/or reflect the degradation of natural resources, instigating a better way of utilization of them. Thereby, was sought the information survey concerned to water quality, relief conditions, soil and vegetation maintenance on hydrographic basin studied. Through the application of systemic conceit, the main geoenvironmental unities and ecodynamic processes were separated and ranked. Plus it all, through remote sensoriament, was carried out basin division in sectors, then morphometrical and hydrosedimentological parameters analysis and of the main changes caused by use and occupation forms, effluents discharge points registered by photos and water samplings. The CEQI developed to the sectors in the interval of Acaraú River basin, interpolated the information, supplying the indicative to conduct rationally the soil use and renewable natural resources management, seeking to contribute to the management of these resources under sustainable development view. This research had support of Project PRODETAB 016-01-01, financed for the World Bank.

**Key Words:** Acaraú River, Natural Resources, Hydrographic Basin and Degradation.

## 1. INTRODUÇÃO

---

Os impactos produzidos a partir da relação entre o homem e a natureza tendem a provocar alterações catastróficas e até mesmo irreversíveis quando executado de maneira irracional, isto é, sem planejamento adequado. Os impactos ambientais traduzem uma mentalidade despreocupada em garantir condições básicas e necessárias para a sobrevivência das futuras gerações.

Na identificação e análise desses impactos, em termos de unidade de estudo e operação, a bacia hidrográfica é a unidade espacial de planejamento mais apropriada, por permitir o controle objetivo dos recursos naturais e socioeconômicos, favorecendo a integração de práticas de uso e manejo do solo, da água e a organização comunitária. O trabalho em bacias hidrográficas cria condições que tornam compatíveis as atividades produtivas e a preservação ambiental, permitindo um desenvolvimento sustentável, Pereira & Molinari (1995 apud SILVA *et al* , 2003).

A base dos recursos naturais do Estado do Ceará é notadamente frágil, sobretudo por estar localizado, quase em sua totalidade, no semi-árido. Esta característica determina a alta vulnerabilidade destes recursos, agravados pelos desmatamentos, queimadas, remoção de matas ciliares, uso abusivo de insumos (pesticidas e fertilizantes) na agricultura e despejos de resíduos poluidores nos corpos d'água, os quais geram impactos diretos ou indiretos, com conseqüências severas ao meio ambiente no que tange a qualidade da água, a biota aquática e ao funcionamento de rios e lagos.

A região de estudo é a bacia hidrográfica do Rio Acaraú, situada na porção centro-norte do Estado do Ceará. Ao longo da última década, este ambiente vem recebendo várias intervenções territoriais, relacionadas ao uso de técnicas rudimentares, organizacionais ou produtivas, a exemplo da carcinicultura, que se desenvolve na região degradando extensas áreas de manguezais. Isto altera significativamente a biodiversidade estuarina, promove

a deterioração dos recursos naturais, sobretudo, os renováveis de vegetação e solos, desencadeando uma série de conseqüências ambientais, sociais e econômicas de grandes proporções.

Nas áreas urbanas de maior porte, a exemplo do município de Sobral, é grande o adensamento populacional e a diversidade de fontes contaminantes. O resultado da combinação desses problemas é o incremento na demanda de água potável e o maior risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas que se tornam, dessa forma, um problema permanente para a saúde pública, na medida em que a água representa um veículo importante de disseminação de diversas doenças.

A maneira como ocorre a ocupação urbana é fundamental para o gerenciamento da bacia hidrográfica, pois a área urbana concentra a maior parte da população dos municípios e, desta forma se faz necessário um maior planejamento da demanda dos recursos hídricos, tanto no aspecto de consumo como também na utilização desses recursos.

A remoção da cobertura vegetal é outro fator determinante, pois acaba por alterar significativamente a cobertura do solo, ocasionando alterações no ciclo hidrológico, já que ocorre a diminuição da porcentagem de água infiltrada e o aumento no escoamento superficial. Conseqüentemente, aumenta-se a produção de sedimentos, ocorrendo alterações no solo, em função do empobrecimento de sua fertilidade, perdas por erosão e assoreamento. Isto ocorre, porque esta prática interfere no sistema solo-vegetação que de forma gradual re-alimenta o lençol freático, os riachos, os afluentes e o rio principal da bacia hidrográfica. Por isso, nas regiões que apresentam uma intensificação do desmatamento, observa-se uma condição natural na alternância entre a ocorrência de cheias no período chuvoso e ocorrência de diminuição considerável do volume de água no rio no período de estiagem.

O litoral, como exutório das águas da bacia hidrográfica do rio Acaraú, sofre as conseqüências desses impactos, como assoreamento do estuário,

poluição das águas, diminuição do aporte de sedimentos e da produtividade biológica. O estuário atua como criadouro natural de inúmeras larvas de crustáceos, peixes e moluscos de grande valor comercial e econômico, o que os torna altamente vulneráveis, podendo ser destruídos se houver alterações abruptas em alguns dos seus parâmetros ambientais. Portanto, a dinâmica dos estuários é particularmente complexa, devido às influências de cheias e vazantes dos rios, bem como das marés.

Adicionalmente, a diminuição da qualidade das águas costeiras, perda de balneabilidade das praias fluviais e oceânicas, perda da navegabilidade, mudanças nos ciclos de erosão e alimentação das praias adjacentes, alterações na biodiversidade estuarina, os impactos produzidos pela carcinicultura, apesar do produto ser uma das principais pautas de exportação do Estado do Ceará, vem se desenvolvendo de forma desordenada nessa região, promovendo a contaminação dos recursos hídricos.

Diante dos prejuízos causados pela erosão, assoreamento, enchentes, utilização inadequada de produtos químicos na agricultura, disposição de resíduos e ocupação de áreas de risco, torna-se necessária uma intervenção humana no sentido de evitar e controlar tais problemas, minimizando os impactos negativos, riscos ambientais decorrentes e recuperação das áreas degradadas.

Tratando-se de um sistema hidrográfico complexo, o presente trabalho tem como principal objetivo de estudo, a identificação de um conjunto de indicadores potenciais de degradação dos recursos hídricos superficiais, facilmente mensuráveis, para descrever a condição da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Acaraú, sendo essencial para a proteção e o uso sustentável dos recursos hídricos superficiais, com uma análise qualitativa dos impactos gerados e de suas repercussões na zona costeira. Vale salientar que este objetivo está contemplado no Projeto PRODETAB 016-01-01 intitulado "*Gestão Racional de bacias hidrográficas na região de caatinga de modo a manter o seu uso sustentável na agricultura irrigada*", financiado pelo Banco

Mundial, que deu suporte a esta pesquisa. Visando alcançar o objetivo de estudo foram abordados os seguintes objetivos específicos:

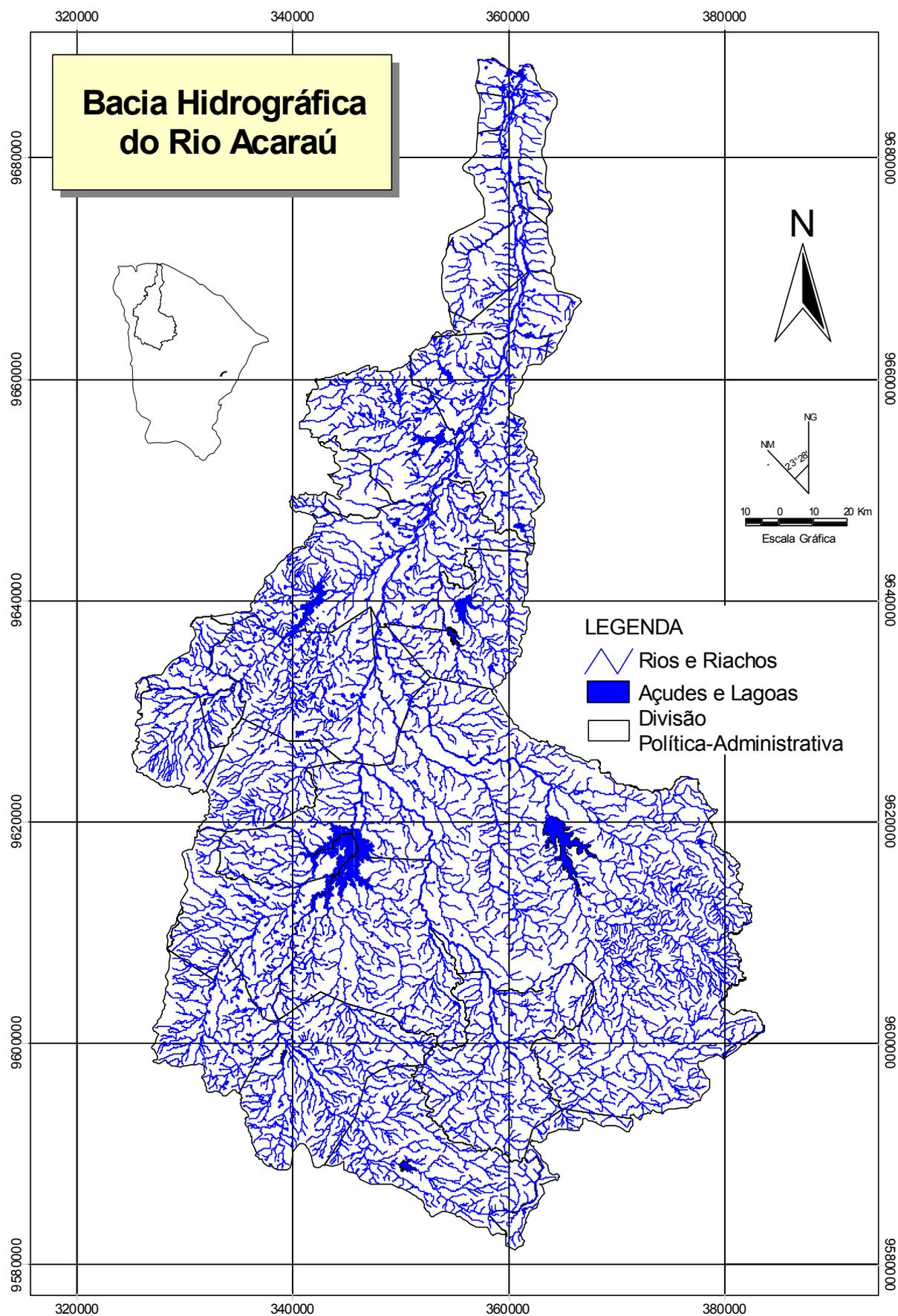
- Compartmentar as Unidades Geoambientais predominantes para estabelecer as unidades de estudo e o grau de degradação;
- Elaborar a setorização do trecho estudado da bacia do Rio Acaraú, através das curvas de nível de 40m e posterior hierarquização da rede hidrográfica;
- Avaliar as transformações na geodinâmica dos cursos fluviais e potencialidades hídricas;
- Identificar os pontos potenciais de poluição nos municípios que abrangem a área estudada;
- Analisar parâmetros de qualidade da água no estuário do Rio Acaraú, no restante do Baixo e Médio curso, a partir de Sobral, para obter o índice de qualidade da água (QA) para os setores delimitados na bacia;
- Determinar, de acordo com a setorização, os parâmetros de cobertura vegetal atual (CVA), declividade média (DM), densidade de drenagem (DD), erosividade da chuva (EC), potencial erosivo do solo (ES) e balanço hídrico (BH), para se obter o Índice de Qualidade Ambiental Atual (IQAA) por setor da bacia de acordo com as implicações desses índices no processo erosivo da área;
- Elaborar um banco de dados executável através do Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a espacialização dos indicadores de degradação da bacia, com a respectiva *prognose*.

### 1.1. Configuração Ecogeográfica da Bacia do Acaraú - Estado da Arte

A bacia hidrográfica do Rio Acaraú está localizada na região centro-norte do Estado do Ceará, ocupando cerca de 15% do território cearense. A região é drenada exclusivamente pelo Rio Acaraú e seus afluentes, com área de 14.427 km<sup>2</sup> com cerca de 315 km de extensão no sentido Sul-Norte. A bacia é composta por 12 açudes com capacidade total hídrica de, aproximadamente, 1.443.763.000 m<sup>3</sup> onde tem suas nascentes nas Serras das Matas, Matinha Branca e Cupira, tendo como principais afluentes os Rios Groaíras, Jaibaras e o riacho dos Macacos (Figura 01).

A referida bacia abriga uma certa diversidade de domínios naturais e paisagísticos traduzidos pela presença de relevos típicos de núcleos cratônicos e áreas de coberturas sedimentares. Suas condições geológicas são diversificadas com predomínio dos terrenos do Pré-cambriano que inclui, basicamente, o complexo migmatítico-granítico, gnáissico-migmatítico, rochas graníticas básicas e ultrabásicas, além de grupos pertencentes ao Pré-Cambriano Superior.

Conforme Souza (2005) o complexo migmatítico-granítico abrange a porção centro-meridional da área da bacia. O complexo gnáissico-migmatítico estende-se ao longo da margem direita do Rio Acaraú numa disposição SW-NE. Entre os vales do Acaraú e do Coreaú, afloram rochas pertencentes ao Grupo Jaibaras, bem como, os *stocks* graníticos da Meruoca-Rosário e Mocambo, que interrompem a sua continuidade para o ocidente, ocorrendo à esquerda do Rio Acaraú, destacando-se como a unidade de maior expressão territorial da área da bacia hidrográfica (SOUZA, 2005). As rochas graníticas básicas e ultrabásicas que complementam as unidades pertencentes ao Pré-Cambriano Indiviso ocorrem em pequenas manchas como na Serra da Barriga a oeste da localidade de Patos e a sudeste de Aracatiaçu. Representando, geomorfologicamente, autênticos *inselbergs*.



**Figura 01** - Mapa da bacia hidrográfica do Rio Acaraú, com a respectiva rede de drenagem e divisão política administrativa.

Na concepção de Souza (2005), a seqüência sedimentar que compreende as quatro unidades lito-estratigráficas componentes do Grupo Bambuí, é constatada na depressão periférica ocidental do Ceará, entre o Rio Acaraú e o Planalto da Ibiapaba, evidenciando o predomínio de arenitos, ardósias, calcários e quartzitos. O Paleozóico na depressão ocidental inclui as intrusões graníticas da Meruoca-Mucambo, os depósitos cambro-ordovicianos do Grupo Jaibaras e Siluro-Devonianos da Formação Serra Grande.

Estratigraficamente sobrepostas ao Grupo Bambuí e aos *stocks* Meruoca-Rosário e Mucambo, são identificadas as rochas pertencentes ao Grupo Jaibaras compostas por quatro unidades lito-estratigráficas. A bacia do Jaibaras está alinhada na direção SW-NE por aproximadamente 100 km e com largura que não ultrapassa a pouco mais de uma dezena de quilômetros. À margem direita do Rio Acaraú, contudo, entre as cidades de Santana do Acaraú e de Morrinhos, existe uma faixa de 25 km de comprimento por 5 km de largura, expondo afloramentos daquela Formação e preenchendo um pequeno *graben* (SOUZA, 2005). Neste contexto merecem destaque os depósitos Cenozóicos da Formação Barreiras, das dunas, praias e aluviões.

No relevo da bacia do Rio Acaraú constata-se a ocorrência de formas típicas de núcleos cratônicos compreendidos pelas porções estáveis da plataforma, além de maciços antigos metamorfizados e submetidos em passado geológico remoto a mecanismos associados ao tectonismo plástico e ruptural (SOUZA, 2005). Incluem-se, também, as áreas de coberturas sedimentares Paleozóicas e Cenozóicas, posicionadas presentemente em níveis altimétricos bem distintos, conseqüentes de uma complexa evolução geomorfológica.

A bacia tem uma predominância significativa de terras abaixo do nível de 200 m, dentre elas, destacam-se os Glacis Pré-litorâneos, as Planícies Litorâneas, as Planícies Fluviais e a Depressão Sertaneja. Esta se apresenta com uma superfície pediplanada, truncando variados tipos de rochas, encontra-se eventualmente dissecada em formas de topos convexos e tabulares,

intercalados por vales de fundos, planos e recobertos por sedimentos aluviais. É representada pelos sertões de Nova Russas/Ipueiras, sertões de Santa Quitéria, Sertões do Rio Groaíras, Sertões de Sobral/Forquilha, sertões do Médio Acaraú, sertões do Rio Jaibaras e sertões de Ipú/Pires Ferreira.

Os compartimentos serranos são compostos pelos Maciços Residuais e de Planaltos Sedimentares, acima de 800 m, têm extensão restrita, se destacando a Serra das Matas, a Serra da Meruoca, a vertente ocidental da Serra do Machado, *inselbergs* e o Planalto da Ibiapaba.

A respeito das condições climáticas gerais da região, é uma área submetida em grande parte aos efeitos da irregularidade pluviométrica, aos excessos ou à falta quase absoluta de chuvas, tais condições se exercem sobre os vastos aplainamentos deprimidos do sertão. As manchas úmidas, com totais pluviométricos médios anuais superiores a 1000 mm, abrangem a região litorânea e os maciços residuais, assegurando um teor de umidade que se prolonga, somente, durante 4 meses do ano. A semi-aridez com déficits hídricos durante a maior parte do ano, configura, de modo genérico, que as chuvas ocorrem de verão-outono com médias anuais de temperatura variando de 20,5°C até 35,5 °C.

Os recursos hídricos de superfície estão representados na Planície Litorânea pelas lagoas de origem fluvial, freática ou mista e por áreas precariamente incorporadas à rede de drenagem. Nos Tabuleiros predomina a rede de drenagem com padrão paralelo com escoamento intermitente sazonal. Nos Planaltos Sedimentares e Maciços Residuais predominam o escoamento superficial no reverso da *cuesta* com rios de padrões paralelos e escoamento intermitente, nos rebordos há ocorrências de cascatas obsequentes. A Depressão Sertaneja apresenta rios de padrões dendríticos e escoamento intermitente ou semi-perenizado.

Na bacia do Rio Acaraú os solos têm um mosaico bastante complexo, oriundo dos mais diferenciados tipos de combinação entre os seus fatores e

processos de formação. Nas Planícies Lacustres, Flúvio-Lacustres e áreas de acumulação Inundáveis predominam os Neossolos Flúvicos e Planossolos. Na Planície Fluvial e Tabuleiros Pré-litorâneas os Neossolos Flúvicos, Planossolos, Vertissolos e Neossolos Quartzarênicos são predominantes. Na frente e reverso imediato úmido do Planalto da Ibiapaba predominam os Latossolos e os Argissolos nas vertentes dissecadas abaixo da cornija arenítica. Nos Maciços e Cristas Residuais e *inselberges* ocorrem as associações de Argissolos, Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos (EMBRAPA, 1999).

No que diz respeito a cobertura vegetal, esta reflete as relações entre a morfoestrutura e a mordinâmica local. Nas áreas do Médio e Baixo curso predominam a vegetação de várzea, com carnaubais e oiticicas, com usos relacionados ao agroextrativismo, extrativismo mineral e a pecuária extensiva. Nos Planaltos e Serras Úmidas são predominantes as matas úmidas e secas degradadas pela policultura, fruticultura, agroextrativismo e lavouras de subsistência. Nos Sertões as caatingas ocorrem com padrões fisionômicos e florísticos variados, sendo impactadas pela pecuária extensiva e o agroextrativismo.

Além da retirada da cobertura vegetal, a degradação ambiental na bacia do Acaraú está associada aos conflitos dos usos múltiplos das águas, falta de saneamento básico e educação ambiental. Historicamente, foram desenvolvidas atividades agrárias rústicas, a par do pastoreio extensivo, incorporação de terras ao sistema produtivo e agroextrativismo, predatórios para o desenvolvimento de atividades socioeconômicas de baixa rentabilidade e vulnerabilidade dos empreendimentos agropecuários.

Segundo Souza (2005) dentre as áreas mais afetadas pela degradação ambiental estão as Serras e Cristas Residuais, em seus maciços úmidos e subúmidos – incluídas as nascentes do Acaraú, na Serra da Matas e do Rio Groaíras, na Serra do Machado –, sertões de Santa Quitéria e de Jaibaras. Segundo o autor, toda a bacia está incluída, conforme o Programa de Ação

Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAN-BRASIL, nas Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's). Tais ASD's correspondem às áreas semi-áridas e subúmidas secas, áreas de entorno das áreas semi-áridas e subúmidas secas.

Nas regiões mais secas, no Médio e Alto Acaraú, ocorrem intervalos preocupantes de confrontação dos dados de precipitação anual e a evapotranspiração potencial em relação ao Índice de Aridez, com porções nas classes medianamente críticas (0,41-0,45) e menos críticas (0,46-0,50). A desertificação representa a perda da capacidade produtiva dos sistemas econômicos, que é refletida na perda da identidade cultural, processo de migração populacional, empobrecimento social e estiolamentos ambientais (SOUZA, 2005).

Baseado nos resultados dos estudos em escala regional realizados pelo Projeto PRODETAB 016-01-01, este trabalho buscou detalhar e elencar, ao nível de detalhes, os indicadores de degradação ambiental dos recursos hídricos superficiais do Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú. Regiões estas com maior adensamento populacional e sujeitas a maior pressão dos setores agropecuários, agroindustriais e turísticos, considerando neste caso, os investimentos do PRODETUR.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

---

Para a ciência ambiental, a bacia hidrográfica contém o conceito de integração. Seu uso e aplicação para estudos de problemas ambientais são fundamentais, pois também contém informações físicas, biológicas e socioeconômicas, sendo que nenhuma pode ser desconsiderada se a análise se basear na sua verdadeira compreensão. A solução de muitos problemas de pressão ambiental está intimamente vinculada com as preocupações que objetivem a manutenção das bacias hidrográficas (O'SULLIVAN *et al.*, 1981).

Walling (1980) define bacia hidrográfica como uma unidade natural da paisagem, que representa a definição espacial de um ecossistema aberto, onde ocorre uma contínua troca de energia com o meio, o que faz com que a qualidade da água nela produzida seja resultado de diversas características das microbacias. Esta condição singular permite o estudo da interação entre o uso da terra e a qualidade da água nela produzida. Esta linha de pensamento também é seguida por Lima & Zakia (1998), que enfatizam que a bacia hidrográfica é uma unidade geomorfológica natural que expressa a menor manifestação física, o que permite quantificar, de forma integrada, o funcionamento da natureza.

Os rios são considerados ecossistemas abertos por estarem em íntima relação com ambiente terrestre e heterotrófico em razão dos grandes *inputs* de matéria e energia. Portanto, o ecossistema na realidade não seria somente o rio, mas toda a bacia hidrográfica e suas formas de uso e ocupação.

De acordo com Frissel *et al.* (1986), a bacia pode ser dividida em uma estrutura hierárquica. As vantagens na utilização de modelos hierárquicos para o estudo geoambiental de rios e bacias é que um segmento de rio é identificado pelo conjunto das características geológicas, usos e ocupação do solo e empreendimentos, o que torna esta escala mais indicada quando se desejam correlacionar esses fatores antrópicos com os fenômenos ecológicos.

O estudo hierárquico das características fisiográficas da bacia hidrográfica, bem como seu uso e ocupação, tornam-se importantes fatores para a avaliação da degradação ambiental que essa bacia possa estar sofrendo ou mesmo contribuindo para que as outras sofram (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

As unidades geoambientais são formas de organização hierárquica dos sistemas ambientais físicos, também denominadas de geossistemas. Com o mesmo conceito integralizado dos ecossistemas, os geossistemas representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza e de transformações socioeconômicas (clima, geologia, geomorfologia, recursos hídricos, vegetação, solos e ação antrópica). Vale salientar, que os geossistemas devem expressar as respostas dos processos e das relações existentes entre a sociedade e a natureza. No Brasil, destacam-se os estudos integrados na bacia do Rio Mogi-Guaçú realizados por Brigante & Espíndola (2003); Pires *et al.* (2004); Souza & Tundisi (2004) e Marcomim *et al.* (2004). No Estado do Ceará destacam-se os estudos de Souza (2000), Gorayeb (2004) e Cavalcante (2001). Na Bacia do Acaraú, bons resultados foram obtidos por Lima (2004) nas nascentes do alto curso na Serra das Matas, Filho (2004) nas nascentes do riacho dos Macacos e Souza (2005).

Os aspectos dinâmicos de cada unidade geoambiental definem os diferentes níveis de estabilidade, classificando-as em ambientes estáveis, de transição ou instáveis. De acordo com Tricart (1977 *apud* SOUZA, 2000) os critérios ecodinâmicos de análise da paisagem foram estabelecidos através do balanço entre morfogênese e pedogênese. Os ambientes de referência para a análise ambiental foram os estáveis: estabilidade morfogenética antiga, dissecação moderada do relevo, predominância da pedogênese, cobertura vegetal densa, solos maduros, fraco potencial erosivo, equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica. Os outros ambientes analisados pela ecodinâmica foram classificados como de transição e fortemente instáveis.

Whitehead & Robinson (1993) levantaram a importância das bacias hidrográficas, como unidades experimentais, para o monitoramento ambiental e o manejo sustentável. A forma de relação entre a natureza e a sociedade é expressa nas unidades geoambientais da bacia hidrográfica que pode ser transformada e utilizada como indicadores de equilíbrio dinâmico, imprescindíveis na gestão ambiental.

*"O desenvolvimento de um conjunto de indicadores facilmente mensuráveis que descrevam a condição de saúde das bacias hidrográficas é essencial para a proteção e uso sustentável dos recursos hídricos" (HE et al., 2000).*

Para Lima *et al.* (2002) o desenvolvimento de um conjunto de indicadores apropriados que permitam caracterizações rápidas, sensíveis, específicas, confiáveis e economicamente viáveis das condições da bacia hidrográfica para o planejamento e manejo requer a integração das ciências naturais, biológicas e sociais.

*"Um conjunto de indicadores selecionados deve produzir rapidamente, respostas sensíveis, específicas e de confiança que correspondam ao stress e, ao mesmo tempo, seja relativamente fácil ou barato para tornar-se prático na decisão das intervenções de gestão e manejo nas escalas espacial e temporal" (HE et al., 2000).*

Do ponto de vista hidrológico, o manejo sustentável é aquele que permite a utilização dos recursos naturais de modo que não seja destruída a estabilidade do ecossistema (LIMA & ZAKIA, 1998). Isso implica na manutenção de seu funcionamento ecológico com base na perpetuação de seus processos hidrológicos, de sua capacidade natural de suporte, diversidade biológica, resiliência e na sua estabilidade. O conhecimento da geomorfologia fluvial, da dinâmica hidrológica, do transporte de materiais é imprescindível no manejo das bacias, principalmente as inseridas no semi-árido nordestino (PINHEIRO, 2003).

A bacia hidrográfica pode ser definida como uma área topográfica, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água de forma que toda a vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída, que na Bacia do Rio Acaraú será representado pelo estuário (SUCUPIRA *et al.*, 2005).

Admite-se geralmente, segundo Villela & Mattos (1975), que a bacia hidrográfica é contornada por um divisor, ou seja, a linha de separação que divide as precipitações que caem em bacias vizinhas e que encaminha o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial.

A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema geomorfológico aberto, recebendo energia do clima reinante sobre a bacia, e perdendo continuamente energia através do deflúvio, podendo, assim, ser descrita em termos de variáveis interdependentes, as quais oscilam ao longo de um padrão, ou de uma média (VILLELA & MATTOS, 1975). Como tal, ela se encontra, mesmo quando não perturbada, em contínua flutuação, num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico. *“A adição e perda de energia no próprio sistema, encontram-se sempre em delicado balanço”* (LIMA, 1997).

De acordo com Walling (1980) a bacia hidrográfica como uma unidade natural da paisagem, representa a definição espacial de um ecossistema aberto, onde ocorre uma contínua troca de energia com o meio, o que faz com que a qualidade da água nela produzida seja resultado de diversas características da microbacia, entre as quais se destaca a cobertura vegetal. Esta condição singular permite o estudo da interação entre o uso da terra e a qualidade da água nela produzida.

Neste contexto merecem destaque os impactos produzidos pela produção de sedimentos refletidos no assoreamento de canais e reservatórios, diminuição da produtividade primária pelo aumento da turbidez e inadequação para o consumo humano. Análises desta problemática foram discutidas nos trabalhos de Cunha (1995), Rodrigues & Foresti (2004) e Cançado & Lorandi

(2004) nas bacias do Rio São João, Ribeirão Claro e Rio Bonito, respectivamente. No Ceará, destacam-se os estudos nas bacias dos Rios Cedro, Jaguaribe e Malcozinhado, realizados por Corrêia (2001), Cavalcante (2001) e Pinheiro (2003).

Tomado como um dos grandes problemas da atualidade, o equilíbrio da oferta e demanda dos recursos naturais, econômicos e sócio-culturais é de fundamental importância para a minimização dos conflitos de uso (LIMA & ZAKIA, 1998). Nas últimas décadas, a preocupação de toda a sociedade com a disponibilidade e qualidade da água decorre do fato de que, por mais abundante que pareça este recurso, não é rara também sua escassez, tanto pela ocorrência de períodos secos prolongados quanto pela alta carga poluidora a que os recursos hídricos são submetidos (MEYBECK & HELMER, 1992).

Em geral, as fontes contaminantes estão associadas à deficiência ou ausência de sistema de esgotamento sanitário, a despejo de efluentes domésticos e industriais bem como à implantação inadequada de aterros sanitários e lixões, para disposição de resíduos sólidos, dentre outros. Em vista da complexidade de fatores que determinam a qualidade da água e a grande alternativa de variáveis usadas para descrever o *status* dos corpos hídricos em termos quantitativos, é difícil fornecer uma definição simples de qualidade da água.

*"A qualidade do ambiente aquático é definida por uma série de concentrações, especificações e partículas físicas de substâncias orgânicas e inorgânicas, e a composição e estado da biota aquática encontrada num corpo hídrico. A qualidade do ambiente aquático mostra as variações temporais e espaciais em função dos fatores internos e externos do corpo hídrico" (MEYBECK & HELMER, 1992).*

As diversas variáveis físicas e químicas que caracterizam os sistemas hídricos monitorados, no caso do Rio Acaraú, algumas apresentam maiores alterações em função das atividades de manejo, proporcionando indicações

mais precisas dos impactos destas atividades. Identificando-se estas variáveis, a qualidade da água que drena a bacia pode constituir um valioso indicador da eficiência das atividades nela realizadas.

*“A qualidade da água refere-se, então, a uma série de parâmetros físicos, químicos, biológicos e radiológicos que exercem influência direta na integridade da bacia hidrográfica que, por sua vez, está ligada a uma série de fatores de ordem natural e antrópica que devem ser observados conjuntamente. (LIMA & ZAKIA, 1998).*

Considerando a compartimentação hidro-geomorfológica proposta por Sucupira *et al.* (2005) todas as atividades na bacia de drenagem serão refletidas na região estuarina, exutório principal do Médio e Baixo curso. Por serem uma região de transição entre o rio e o mar, os recursos estuarinos são também afetados pelas atividades realizadas em locais distantes, como a descarga de pesticidas, metais pesados, coliformes e outras substâncias.

No Ceará destacam-se os trabalhos produzidos por Lacerda & Sena (2005), como produto do Zoneamento Ecológico Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará, que estimou a carga de nutrientes e metais pesados em 15 bacias estuarinas, incluindo a do Rio Acaraú. Muitos poluentes descarregados a montante acabam tendo que ser absorvidos pelo próprio estuário, pois o trecho fluvial normalmente não é suficiente para que ocorra total autodepuração. Analogamente, grandes movimentos de terra ou construções de barragens podem alterar o tempo de permanência de poluentes no estuário, bem como os acessos a portos, o que tem conseqüências sobre toda a circulação estuarina causadas pelas mudanças nas correntes de maré (FRENCH, 1997). Vale ressaltar que as regiões estuarinas são fontes de diversos usos para o homem. Dentre esses usos tem-se a habitação, agricultura, indústria, pesca e navegação.

A seleção dos parâmetros para a determinação dos principais índices de qualidade da água no estuário do Rio Acaraú considerou a metodologia proposta nos trabalhos de Miranda (2002), Dias *et al.* (2002), Pinheiro (2003),

Morais *et al.* (2004) e Hermes & Silva (2004). Após a seleção dos índices a serem analisados, os mesmos foram agrupados em indicadores de manutenção dos processos hidrológicos e manutenção do equilíbrio das concentrações.

O primeiro destes refere-se aos indicadores da manutenção dos processos hidrológicos da bacia representados pela manutenção do equilíbrio nas concentrações de Fósforo (P), Nitrogênio (N) e de sedimentos em suspensão. A Condutividade Elétrica e o pH também estão diretamente associados às concentrações de nutrientes. E, por fim, os indicadores da manutenção do equilíbrio do sistema aquático são representados pelos parâmetros limitantes da biota aquática: Oxigênio Dissolvido (OD), concentrações de Sedimentos Transportados em Suspensão, e dos nutrientes N e P, Coliformes Termotolerantes, Óleos e Graxas, Clorofila A, Turbidez, pH, Salinidade e Temperatura. Esses indicadores foram confrontados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, para águas de Classe II (doce) e I (salgada).

Os indicadores extraídos da análise da relação entre sociedade e natureza nas unidades geoambientais, junto com a análise hidroclimática e a qualidade da água são de extrema utilidade para o estabelecimento do índice de qualidade e degradação atual da bacia discutido ao longo deste trabalho.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

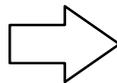
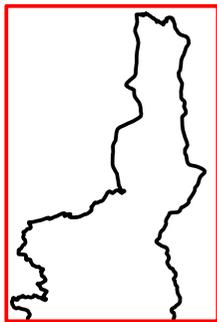
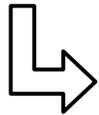
---

#### 3.1. Área de Estudo e Estruturação Metodológica

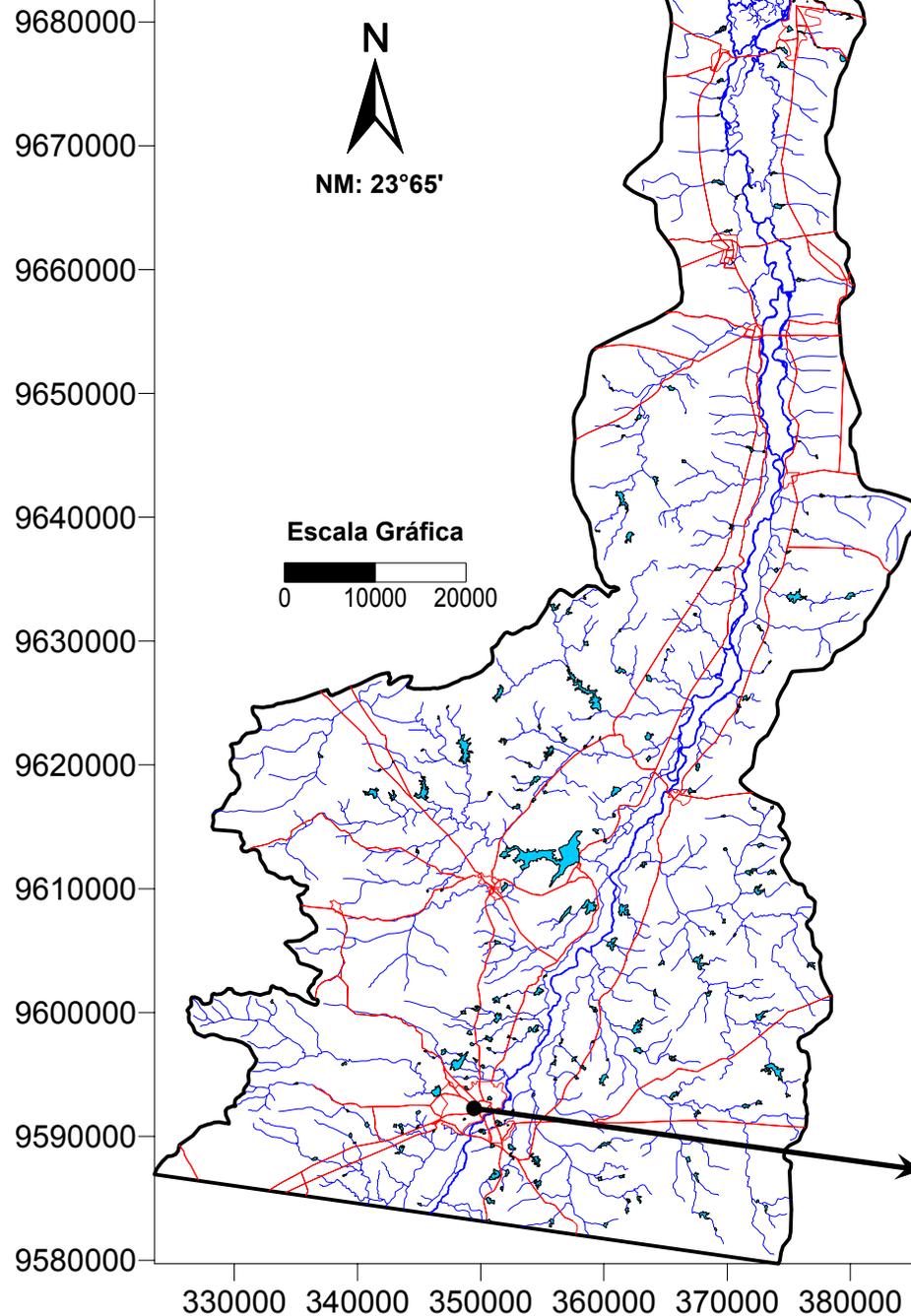
A região de estudo compreende parte da sub-bacia do Médio e todo o Baixo Acaraú, a qual engloba áreas do semi-árido e litorâneas, estando inseridos os municípios de Sobral, Meruoca, Alcântaras, Massapê, Santana do Acaraú, Morrinhos, Marco, Bela Cruz, Cruz e Acaraú, abrangendo em torno de 3.100 km<sup>2</sup> de área drenada, correspondendo a 21,5% do total da bacia, e com cerca de 105,3 km de Sobral até a foz. Encontra-se nas respectivas coordenadas 40°36' e 40°00' de latitude oeste e 2°47' e 3°48' de longitude sul (Figura 02).



CEARÁ



Bacia Hidrográfica  
do Rio Acaraú



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ  
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA

MAPA 01  
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

LEGENDA

- Área Urbana
- Rede Viária
- Rios e Riachos
- Açudes e Lagoas
- Limite da Bacia

Projeção Universal Transversa  
de MERCATOR (UTM)  
Datum Horizontal: SAD-69  
Origem: Equador e Meridiano Central de 39°WGR  
Coordenadas:  
N = 10.000 km e E = 500 km  
Imagem de Referência:  
Landsat 7 ETM+ (2001)

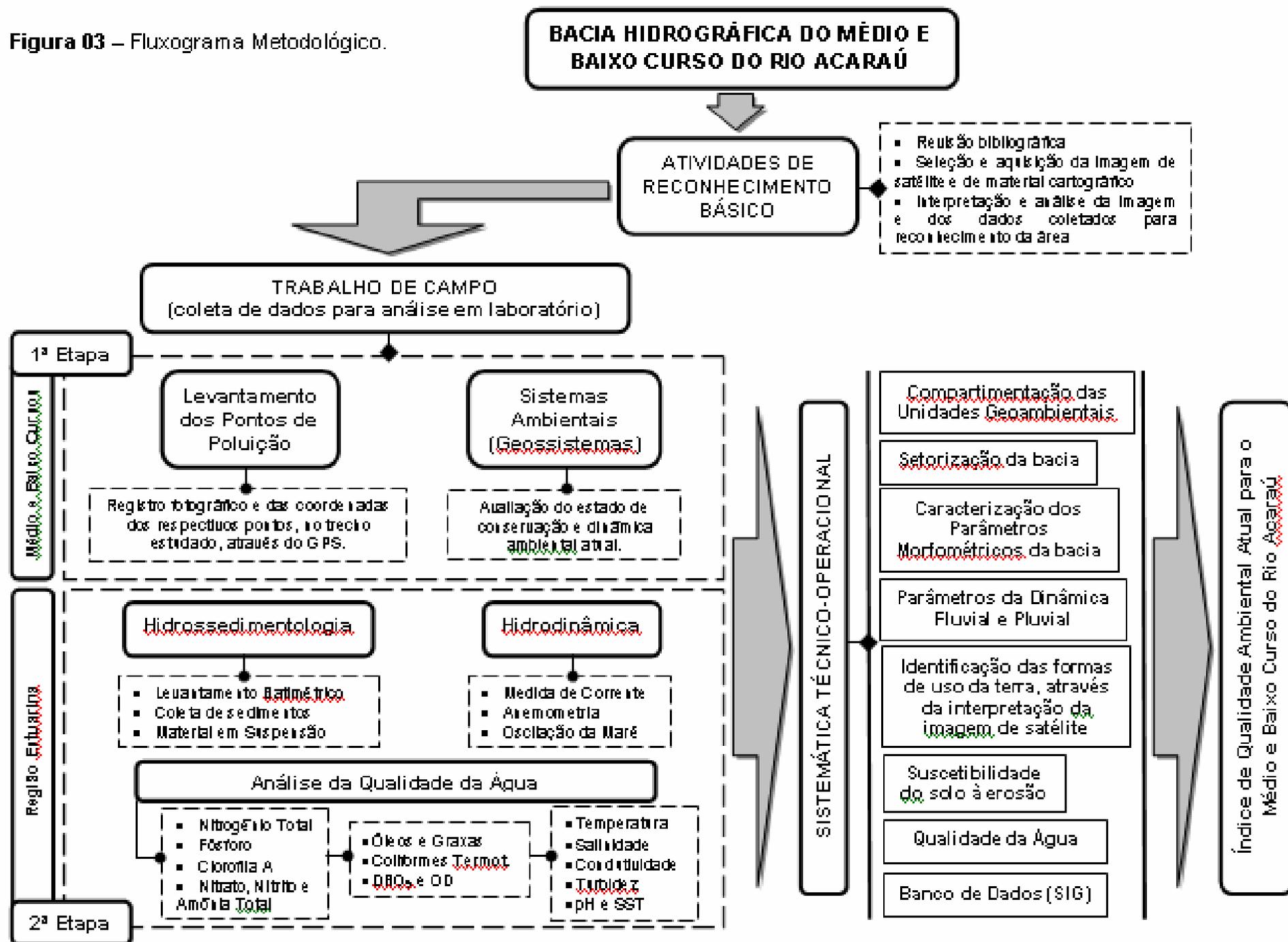
25.08.2004



Os trabalhos realizados nesta pesquisa foram divididos em duas etapas distintas. A primeira etapa constou dos trabalhos iniciais de revisão bibliográfica, tratamento dos dados pré-existentes da área estudada, ensaios de campo e coleta de novos dados obtidos através da aplicação de metodologias específicas, induzindo a caracterização das formas de relevo e seus agentes naturais e antrópicos. A segunda baseou-se na integração dos dados levantados, através de análises das amostras e avaliação dos resultados em laboratório.

O desenvolvimento do método implementado baseou-se no estudo integrado das componentes ambientais para a caracterização ambiental da área, a qual permitiu a definição, identificação e análise das unidades geoambientais predominantes na área que abrange a pesquisa, subsidiando assim, o diagnóstico da atual situação local no que se refere aos indicadores potenciais de degradação dos recursos hídricos superficiais. O roteiro metodológico seguiu os procedimentos apresentados no fluxograma, cujas principais fases serão descritas a seguir (Figura 03).

Figura 03 – Fluxograma Metodológico.



### 3.2. Atividades de Reconhecimento Básico

#### 3.2.1. Revisão Bibliográfica e Cartográfica

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico detalhado de trabalhos relacionados ao tema da pesquisa e cartográfico da área sobre evolução geológica, distribuição da rede de drenagem, distribuição fitogeográfica, uso e ocupação e processos associados, sendo para isso, consultadas as bibliotecas setoriais das instituições, tais como: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) – UFC, Departamento de Produção Mineral (DNPM), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Universidade Estadual do Ceará (UECE), Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) e Prefeituras dos municípios do trecho estudado. Com a realização da avaliação bibliográfica preliminar da área, e de posse da base cartográfica realizou-se viagens técnicas de campo ao longo da área de trabalho.

#### 3.2.2. Geoprocessamento e Geração da Base para Estudo

##### 3.2.2.1. Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital

Nesta etapa foi utilizada a imagem no formato digital em CD, com composição colorida RGB do satélite LANDSAT, cujas características estão descritas na Tabela 01.

**Tabela 01** – Imagem de satélite que recobre a área de interesse.

Satélite/ Sensor	Órbita	Cena	Formato	Bandas	Passagem
Landsat 7/ ETM+	218	62	Digital (GEOTIFF)	(30m) (3) 0.63-0.69 $\mu$ m (4) 0.78-0.90 $\mu$ m (5) 1.55-1.75 $\mu$ m	16/08/2001

Os documentos cartográficos de apoio foram as cartas planialtimétricas da SUDENE/DSG, na escala de 1:100.000, e as principais foram: Cruz, Bela Cruz e Sobral. E também as folhas temáticas do Projeto RADAM/BRASIL (1981) e de mapas temáticos do Estado do Ceará.

Os dados cartográficos oriundos das cartas planialtimétricas serviram de base para a interpretação da imagem orbital, bem como para a atualização e georeferenciamento do banco de dados digital, definindo de modo preciso os pontos de controle no estuário e de apoio em campo obtidos por meio do GPS modelo GARMIM 12XL.

A análise da imagem foi realizada através da interpretação visual, considerando como principais parâmetros as condições morfoestruturais, a tonalidade e a textura da cobertura vegetal, além das características de uso e ocupação da terra. A partir desse trabalho foi confeccionado um esboço das principais unidades de variações e feições atuais, compartimentando as malhas de estudo e analisando os principais elementos da dinâmica local. Os *overlays* foram confeccionados no programa AutoCAD MAP 2000i e importados para os *softwares* de processamento de imagens o ARCVIEW 8.3 e o SPRING 4.1.

Ainda na etapa de cartografia digital a atualização da base decorreu de estudos de sensoriamento remoto e das informações espaciais da área, através da imagem de satélite adquirida, tais como, delineamento e modificações na rede de drenagem, distribuição espacial do mangue, construção de reservatórios e pequenos barramentos, expansão de empreendimentos nas margens fluviais e flúvio-marinhas, identificação das formas de uso e ocupação do solo. Para isto, foram utilizadas as bases cartográficas digitais disponibilizadas pela FUNCEME e COGERH.

Com o reconhecimento da verdade terrestre e de posse da base cartográfica atualizada, tornou-se possível à demarcação de 08 seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú para a realização do levantamento batimétrico e da coleta de amostras de água, sedimentos e dos respectivos

parâmetros estuarinos. Isso possibilitou o entendimento da dinâmica do estuário e dos processos de degradação ocorrentes na região estudada, ver Tabela 02 e Figura 04.

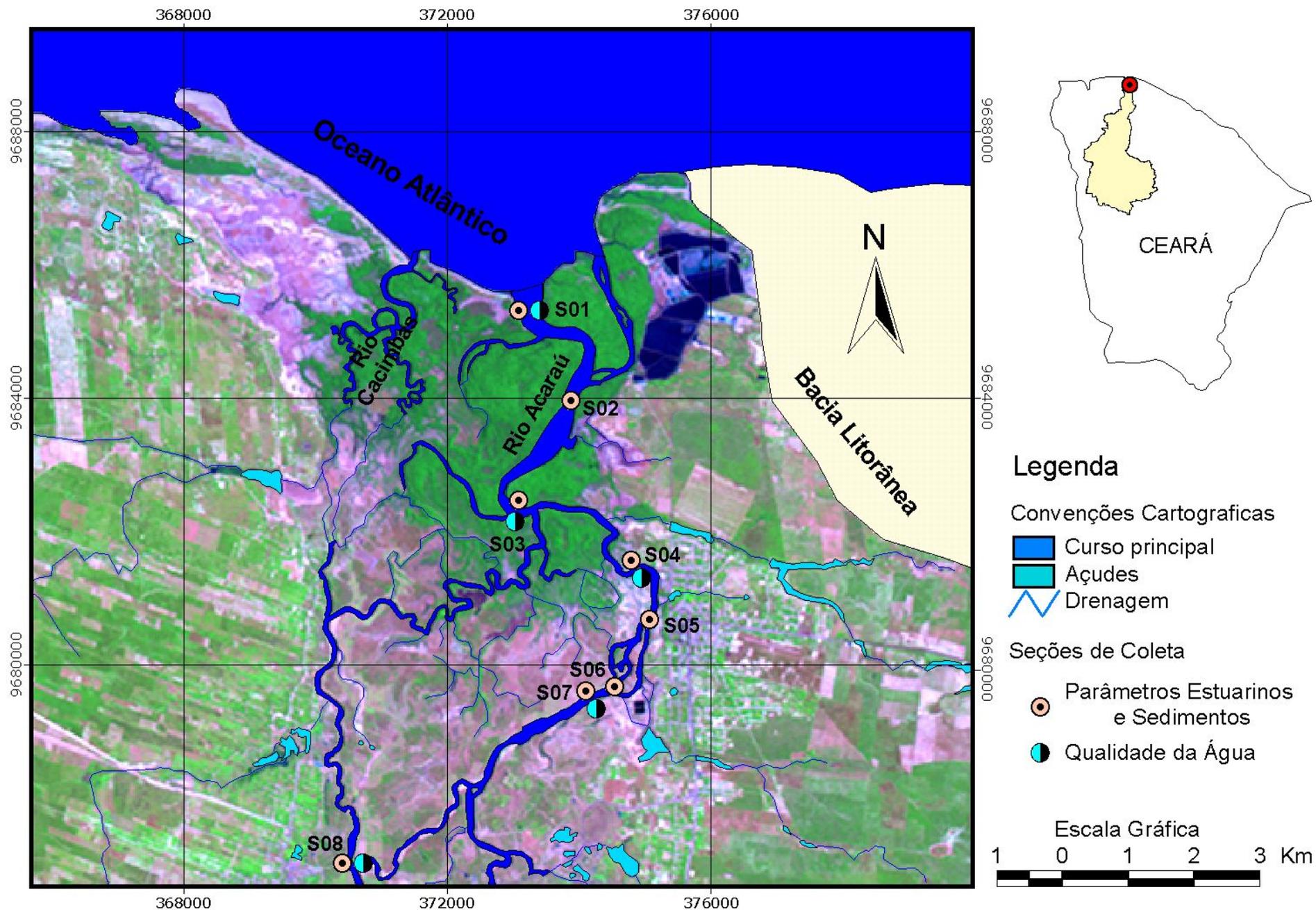
**Tabela 02** – identificação das seções de coleta de parâmetros, amostras de água e sedimento, no ambiente estuarino do Rio Acaraú.

Seções	Identificação dos Pontos	Coordenadas Geográficas (UTM)	
01	Foz do Rio Acaraú	0373155	9685944
02	Fazenda de Camarão	0372988	9682272
03	Igarapé na margem esquerda do rio	0374801	9682019
04	Depois do Porto de Acaraú	0374110	9680119
05	Barraca do Jacaré	0375048	9681282
06	Lagoa de Estabilização	0374836	9680264
07	Início da área urbana do município de Acaraú	0374110	9680119
08	Ponte de acesso ao município de Cruz	0370564	9677455

\* **Obs:**

 Pontos de coleta para análise da qualidade da água

Em todos os pontos foram coletados e analisados dados de temperatura, salinidade, corrente, vazão, oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade elétrica, turbidez e sólidos suspensos totais. Já em determinadas seções, foram coletados os parâmetros de qualidade da água, como o fósforo, óleos e graxas, DBO<sub>5</sub>, nitrogênio total (nitrato, nitrito, amônia livre), clorofila A e coliformes termotolerantes (NMP). Os dados referentes à dinâmica dos ventos e das marés foram registrados na seção 05, a cerca de 8km da foz.



**Figura 04** – Seções de coleta de água, sedimento e dos parâmetros estuarinos do Rio Acaraú.

### **3.2.3. Etapa de Campo**

As etapas de campo para a coleta e averiguação de informações foram organizadas em duas fases distintas. A primeira constou de 03 visitas (agosto/2004, setembro/2004 e março/2005), onde se destinou ao levantamento dos pontos de poluição no trecho compreendido entre os municípios de Sobral e Acaraú. Na segunda etapa, as visitas de campo ao estuário foram realizadas de acordo com a sazonalidade, ou seja, uma viagem no mês de maio/2005 (período de maior pluviosidade) e outra no mês de setembro/2005 (período de estiagem) com a devida coleta de amostras de água e sedimento para análise da qualidade e do material transportado em suspensão. As amostras de sedimento foram analisadas no LGCO, e as de água, no laboratório do LIAMAR no CEFET/CE. Nestes trabalhos de campo foram realizadas, também, observações quanto aos aspectos físicos que compõem o ecossistema, identificando as principais unidades ambientais e a caracterização das principais modificações ocasionadas pelas formas de uso e ocupação do solo, com os devidos registros fotográficos e de coordenadas.

## **3.3. Sistemática Técnico-Operacional**

### **3.3.1. Compartimentação das Unidades Geoambientais**

Na delimitação dessas unidades para a área em estudo foram utilizadas as concepções de Bertrand (1969), Sotchava (1977), Tricart (1977), Christofolletti (1999) e Souza (2000).

### **3.3.2. Setorização da Bacia Hidrográfica**

A metodologia utilizada para a divisão em setores do trecho estudado, foi baseada em estudo feito por Beltrame (1994), o qual foi compartimentado em Médio e Baixo curso, sendo possível através do uso de critérios hidrológicos (linha do divisor de águas), através da hipsometria correspondente ao Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado com base nas curvas de nível

utilizadas e da elaboração do perfil longitudinal do curso principal, o Rio Acaraú, desde as nascentes até a sua foz.

### **3.3.3. Caracterização dos Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú**

Nesta fase apresentam-se as características físicas da bacia hidrográfica que são elementos de grande importância no seu comportamento hidrológico. Pode-se dizer que estes elementos físicos constituem as mais convenientes possibilidades de se conhecer a variação no espaço dos elementos do regime hidrológico.

#### **3.3.3.1. Hierarquização Fluvial**

Quanto à ordem de hierarquização dos segmentos hídricos, foi produzido primeiramente o Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizando as curvas de nível digitalizadas pela COGERH, na escala de 1:500.000 e equidistância de 40 metros, procedeu-se a transferência do mesmo para o *software* ARCVIEW 8.3, em formato *shapefile* (SHP), tornando-se possível gerá-lo.

Utilizando este dado realizou-se a confecção da rede de drenagem, com atualização da mesma pela imagem de satélite LANDSAT 7 ETM+, através do *software* AutoCAD MAP2000i. Posteriormente, foi elaborada a hierarquia fluvial de acordo com a metodologia inicialmente proposta por Strahler (1952, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980). A área, em km<sup>2</sup> da bacia estudada, foi calculada utilizando as ferramentas do *software* ARCVIEW 8.3, assim como o comprimento do rio principal e dos segmentos hídricos de cada ordem.

Os parâmetros morfométricos analisados foram divididos em duas etapas:

### 3.3.3.1.1. Análise Linear

Na análise linear foram englobados os índices e as relações da rede hidrográfica, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. Estes foram inicialmente propostos por Horton (1945 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980), onde se distinguem os seguintes:

**a) relação de bifurcação:** é a relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior.

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (1)$$

onde  $N_u$  é o número de segmentos de determinada ordem e  $N_{u+1}$  é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

**b) Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem:** em uma determinada bacia, os comprimentos médios dos canais, de cada ordem, ordenam-se segundo uma série geométrica direta, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem, e a razão é a relação entre os comprimentos médios:

$$RL_m = \frac{Lm_u}{Lm_{u-1}} \quad (2)$$

na qual  $RL_m$  é a relação entre os comprimentos médios dos canais;  $Lm_u$  é o comprimento médio dos canais de determinada ordem, e  $Lm_{u-1}$  é o comprimento médios dos canais de ordem imediatamente inferior.

**c) Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação:** é um importante fator na relação entre a composição da drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas:

$$R_{lb} = \frac{R_m}{R_b} \quad (3)$$

na qual  $R_{lb}$  é a relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação;  $R_{lm}$  é o índice do comprimento médio entre duas ordens subseqüentes e  $R_b$  é a relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subseqüentes.

### 3.3.3.1.2. Análise Areal

Na análise areal foram englobados vários índices nos quais intervêm medições planimétricas, além de medições lineares. Podem-se incluir os seguintes índices:

**a) área da bacia (A):** é toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal;

**b) comprimento da bacia (L):** várias são as definições a propósito do comprimento da bacia, acarretando diversidade no valor do dado a ser obtido;

**c) forma da bacia:** é a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro Miller (1953 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980):

$$I_c = \frac{A}{A_c} \quad (4)$$

na qual  $I_c$  é o índice de circularidade;  $A$  é a área da bacia considerada e  $A_c$  é a área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada.

**d) densidade de rios:** é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica Horton (1945 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980):

$$D_r = \frac{N}{A} \quad (5)$$

onde  $D_r$  é a densidade de rios;  $N$  é o número total de rios ou cursos de água e  $A$  é a área da bacia considerada.

e) **densidade de drenagem**: correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica Horton (1945 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980):

$$DD = \frac{L_t}{A} \quad (6)$$

na qual **DD** significa a densidade de drenagem; **L<sub>t</sub>** é o comprimento total dos canais e **A** é a área da bacia.

De acordo com Beltrame (1994) ao avaliarmos a DD, se conhece o potencial da bacia em permitir maior ou menor escoamento superficial, o que conseqüentemente conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos de esculturação dos canais, ver Tabela 03.

**Tabela 03** – Classificação dos valores de densidade de drenagem.

Valores da DD (km/km <sup>2</sup> )	Qualificação da DD	SÍMBOLO
< 0,50	Baixa	DD <sub>1</sub>
de 0,50 a 2,00	Mediana	DD <sub>2</sub>
de 2,01 a 3,50	Alta	DD <sub>3</sub>
> 3,50	Muito alta	DD <sub>4</sub>

Fonte: Beltrame (1994).

f) **coeficiente de manutenção**: fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, Schumm (1956 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980):

$$C_m = \frac{1}{DD} \cdot 1000 \quad (7)$$

na qual **C<sub>m</sub>** é o coeficiente de manutenção e **DD** é o valor da densidade de drenagem, expresso em metros.

### 3.3.4. Análise Hipsométrica

A declividade dos terrenos de uma bacia hidrográfica controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial (VILLELA & MATTOS, 1975). O cálculo do parâmetro relacionado à declividade média (DM) foi necessário para a caracterização do relevo nos setores referentes ao Médio e Baixo curso do Rio Acaraú.

Para a obtenção da DM, teve-se como base o Modelo Digital de Elevação (MDE) que forneceu o mapa hipsométrico e o perfil longitudinal do Rio Acaraú. Os demais procedimentos para o cálculo desse índice baseou-se na equação adotada por Beltrame (1994):

$$DM = \frac{L.C.N \times E}{A} \quad (8)$$

Onde:

**DM** = declividade média, em m/m;

**L.C.N.** = longitude das curvas de nível em cada setor;

**E** = equidistância entre as curvas de nível, em m;

**A** = área do respectivo setor, em km<sup>2</sup>.

Para isso foi determinado primeiramente as áreas (km<sup>2</sup>) de cada setor com a respectiva equidistância entre as curvas de 40 metros. Posteriormente para o cálculo da LCN obteve-se o número de ocorrência das curvas de nível para cada intervalo de 40 metros e em seguida multiplicou-se, este dado, pela declividade média dos respectivos intervalos. Daí classificou-se os resultados encontrados conforme a Tabela 02.

**Tabela 04** – Caracterização do relevo conforme as classes de declividade e simbologia utilizadas para a área de estudo.

<b>Classes de Declividade</b>	<b>Tipo de Relevo</b>	<b>SIMBOLO</b>
até 8%	Suave Ondulado	DM <sub>1</sub>
9 a 20%	Ondulado	DM <sub>2</sub>
21 a 45%	Forte Ondulado	DM <sub>3</sub>
acima de 45%	Montanhoso Escarpado	DM <sub>4</sub>

Fonte: Beltrame (1994).

### **3.3.5. Parâmetros da Dinâmica Fluvial**

#### **3.3.5.1. Levantamento Batimétrico**

As medidas das cotas de profundidade e da morfologia do canal foram obtidas através das medições de 08 perfis transversais ao leito. Sendo realizados através de levantamento batimétrico, nas seções situadas em trechos de maior profundidade, utilizando a sonda batimétrica da marca FURUNO. Neste levantamento foram feitas leituras a cada 10 segundos e com o auxílio de um GPS acoplado a sonda, permitiu-se a correta mensuração das profundidades em todos os pontos de amostragem ao longo da região estuarina do Rio Acaraú.

Na seção 08 (0370564/9677455), devido a pouca profundidade, tornou-se necessário à utilização do nível da marca KERN, tripé e mira, onde foram realizadas medições a cada 05 metros no leito fluvial. A medida da velocidade e direção da corrente, em cada seção, foi efetuada com a utilização do correntômetro portátil MOD.SD-30 SENSOR DATA (Figura 05).



**Figura 05** – Na foto A, equipamento topográfico utilizado para a elaboração do perfil transversal no leito do Rio Acaraú, na seção 08 e na B, correntômetro, para medidas de corrente.

Com isso, para a elaboração das medidas dos parâmetros de dinâmica fluvial, os dados foram trabalhados em formato de planilha no EXCEL e posteriormente importados para o *software* SURFER 8.0. Com isso, obtiveram-se os gráficos da variação de toda a morfologia de fundo e da área molhada, entre as seções 08 (0370564/9677455) e 01 (0373155/9685944), possibilitando a elaboração dos perfis transversais ao leito da região estuarina, com as respectivas distâncias e profundidades.

No laboratório foram correlacionados os dados sazonais referentes à área da seção 08 com os de velocidade da corrente no local. A partir disso, obtiveram-se os dados de vazão relacionados ao volume de água corrente que adentra no sistema estuarino do Rio Acaraú. Para o cálculo da vazão, a área da seção foi expressa em  $m^2$  e a velocidade da corrente em  $m/s$ , conseqüentemente a vazão foi expressa em  $m^3/s$ . Isto obedeceu à respectiva fórmula:

$$Q = A \cdot V \quad (9)$$

Onde:

**Q** = Volume de água que passa pela seção em  $m^3/s$ ;

**A** = Área da seção  $m^2$ ;

**V** = Velocidade da corrente m<sup>3</sup>/s.

Foram levantados, também, dados referentes à vazão histórica (1982-2003) da estação fluviométrica de Sobral (Tabela 05), cedidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), os quais auxiliaram na análise do fluxo de água do médio para o baixo curso.

**Tabela 05** – Dados referentes às médias mensais de vazão da seção fluviométrica de Sobral.

**Série:**  
**35275000 (Consistido, Média Diária, 01/1982 - 12/2003)**  
**Médias Mensais**

<b>ANO</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média</b>
1982	4.47	4.31	37.5	42.4	6.28	3.15	3.48	3.43	4.1	4.29	3.41	2.95	9.98
1983	3.76	5.28	4.94	4.23	3.81	4.09	4.05	3.08	3.33	3.16	3.51	2.9	3.85
1984	3.43	3.35	77.8	440				3.69	3.56	3.2	3.96	3.77	
1985	12.9	403	824	1320	547	118	51.7	17.1	11.3	9.15	8.62	17.5	278
1986	36.3	157	759						5.76	4.73	3.49	4.25	
1987	4.32	6.06	173			12.1	7.36	7.9	6.69	6.33	6.52	5.9	
1988	7.6	12.7	47.6	301	283	37.1	22.6	17.8	15.6	14	12.9	12	65.3
1989	11.6	10.2	32.9	428	456	52.9	26.3	9.09	6.48	5.72			
1990						5.08	4.88						
1991						21,7*	22,7*	22.3	19.9	18.5	18.9	19.8	
1992	28.6	25	11.4	16.8									
1993								13.1	12.4	13.2			
1994			31.8	89.6	56	16.4			1.79				
1995				233	110					1.96	1.77	1.37	
1996	2.62	3.45	118		158	7.82	4.13	3.5	2.36	2.67	4.4	4.49	
1997	4.68	3.62	18.8	54.7	18.5			5.24	5.19	5.13	4.97	5.21	
1998	7.93	5.85	10.7	7.56	4.24	3.03	2.83	2.51	2.59	2.5	3.15	3.48	4.7
1999	4.07	7.24	288	42.1	56.7	9.13	5.79	3.24	2.65	2.63	2.85	2.95	35.6
2000	6.03	28.1				0.44	0.216	0.103	0.031				
2001	0.34	1.57	3.46	164	28	3.16	3.05	2.8	1.95	1.83	2.38	1.3	17.8
2002	52.6	7.52	35.5	57.9	41.4	3,51*	0,759*	0.801	1.1	1.03	1.29	1.44	17,1*
2003	1.74	23.2	144	173	34.5	4.5	1.63	0.693	0.369	0.366	0.547	0.42	32
<b>MÉD IA</b>	<b>11.3</b>	<b>41.6</b>	<b>154</b>	<b>225</b>	<b>129</b>	<b>18.9</b>	<b>10.8</b>	<b>6.84</b>	<b>5.64</b>	<b>5.58</b>	<b>5.17</b>	<b>5.61</b>	<b>51.6</b>

\* - estimado; ? - duvidoso; # - régua seca

Fonte: ANA, 2005.

### 3.3.6. Medições dos Parâmetros Estuarinos

As medidas dos parâmetros estuarinos foram efetuadas com o auxílio de equipamentos portáteis de maior precisão. Para as medidas de oxigênio dissolvido (OD), pH e temperatura foi utilizada a sonda de oxigênio (oxímetro) da marca Oakton que integra estas funções. A calibração da sonda foi feita com a prévia medida da salinidade obtida através do refratômetro (Figura 06).



**Figura 06** – Na foto A, o refratômetro para medição da salinidade e na B, a sonda de Oxigênio, para medidas de O<sub>2</sub>, pH e temperatura.

A turbidez da água foi medida com o auxílio do *Disco de Secchi* amarrado a uma corda com nós eqüidistantes 0,5 cm. A medida da condutividade, temperatura e profundidade foram obtidas através do aparelho CTD, calibrado em laboratório, onde a condutividade pode ser convertida em salinidade (quantidade de sal dissolvido), variável que em conjunto com a temperatura, permite a identificação das diferentes massas de água. Permitiu mensurar o perfil vertical na coluna d'água desses parâmetros nas seções do estuário do rio em questão (Figura 07).



**Figura 07** – Na foto A, o *Disco de Secchi* e na B, o CTD.

As amostras de água foram coletadas, tanto na superfície quanto no fundo do canal fluvial, numa profundidade média de 2,43 metros, no período de elevada pluviosidade (chuvoso) e na estiagem (seco) com altos picos de evapotranspiração e com condições adversas do ponto de vista ambiental. Para as coletas de fundo foi utilizada a garrafa de *Van Dorn* (Figura 08).



**Figura 08** - Garrafa *Van Dorn* utilizada nas coletas de água e material em suspensão.

### 3.3.7. Amostragem Sedimentológica

As coletas de sedimentos foram efetuadas em todas as seções distribuídas ao longo do estuário do Rio Acaraú. Tal procedimento foi adotado em virtude da necessidade de se obter as variações das feições

sedimentológicas e do tipo de sedimentos encontrado no canal fluvial. Nos trabalhos de campo foram utilizados equipamentos como a draga *Van Veen* (Figura 09), que pode coletar sedimento em grande profundidade.



**Figura 09** - Draga *Van Veen* utilizada, em campo, na coleta de sedimentos.

*As análises sedimentológicas das amostras coletadas em campo foram desenvolvidas no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO/UECE). As análises englobaram, sobretudo, a caracterização granulométrica, ou seja, tamanho e textura dos grãos que estão relacionados aos agentes de transporte e de deposição.*

### **3.3.8. Anemometria e Oscilação da Maré**

Nas duas etapas de campo, a variação da maré e dos ventos foi mensurada na seção 05 (375048/9681282) em local conhecido por “*Barraca do Jacaré*”. A primeira medida foi registrada com a leitura de uma régua fixa em intervalos regulares de 15 minutos, durante os quatro ciclos completos de maré de sizígia, com base na tábua relativa ao Porto do Pecém em 2005, disponibilizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

Em cada campanha, paralelamente à medição da maré pela régua, se realizaram medidas de velocidade, direção do vento e temperatura *outside*, por meio da estação meteorológica eletrônica Davis Instruments (Figura 10).



**Figura 10** – Na foto A, Estação Meteorológica Eletrônica Davis Instruments e na B, sensores de vento, direção e temperatura.

Foi utilizada como referência a altura de 1 metro na fixação do sensor eletrônico para a medição dos respectivos dados de vento em intervalos regulares de 5 minutos. As rajadas foram tiradas em intervalos de 1 hora, com leituras contínuas da incidência dos ventos no intervalo de 5 minutos.

### **3.3.9. Análise da Qualidade de Água**

Os pontos para as coletas de água foram definidos de acordo com o grau de influência de cada equipamento urbano dentro do estuário do Rio Acaraú. A metodologia analítica seguiu a estabelecida pela APHA (1998) e os valores obtidos nas análises de água foram comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, observando-se os padrões da Classe II para águas doces e os de Classe I para as águas salobras.

As amostras de água das 05 seções escolhidas no estuário foram submetidas a análises, no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias (LIAMAR), e estas foram coletadas nas fases de preamar e baixamar, nos períodos de chuva (24 de maio) e estiagem (19 de setembro) de 2005.

Os parâmetros analisados com a referida quantidade de amostras foram:

- Clorofila A (*superfície*) – 10 amostras;
- Nitrogênio Total (Nitrito, Nitrato, Amônia e Nitrogênio Orgânico) – (*superfície e fundo*) – 20 amostras;
- DBO<sub>5</sub> – (*superfície*) – 10 amostras;
- Óleos e Graxas (porto e foz) – (*superfície*) – 04 amostras.
- Coliformes Termotolerantes (porto) – (*superfície*) – 02 amostras;
- Fósforo – (*superfície e fundo*) – 20 amostras;



**Figura 11** – Frascos para as coletas de amostras de água: A) Clorofila A, Nitrogênio Total e DBO<sub>5</sub>, B) Óleos e graxas, C) Coliformes Termotolerantes e D) Fósforo.

As análises químicas destas amostras do estuário, para a identificação dos respectivos parâmetros, obedeceram à metodologia observada na Tabela 06.

**Tabela 06** – Metodologias utilizadas na identificação dos parâmetros de qualidade da água no estuário do Rio Acaraú.

PARÂMETROS	METODOLOGIA	REFERÊNCIAS
Clorofila A (mg/l)	Espectrofotométrico de Absorção Molecular – Método da Extração com Material a Quente	Jones, 1979
Nitrogênio Total Kjeldarhl (mg/l)	Espectrofotométrico de Absorção Molecular – Método da Digestão/Destilação em Macro Kjeldarhl seguido de Nesslerização Direta	APHA <i>et. al.</i> , 1998
Nitrogênio Amoniacal (mg/l)	Espectrofotométrico de Absorção Molecular – Método da Nesslerização Direta	APHA <i>et. al.</i> , 1989
Nitrogênio Nitroso ou Nitrito (mg/l)	Espectrofotométrico de Absorção Molecular – Método da Sulfanilamida – NED	APHA <i>et. al.</i> , 1998
Nitrogênio Nítrico ou Nitrato (mg/l)	Espectrofotométrico de Absorção Molecular – Método do Silicato de Sódio	Rodier, 1975
Fósforo Total (mg/l)	Espectrofotométrico de Absorção Molecular – Método do Ácido Ascórbico	APHA <i>et. al.</i> , 1998
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Frascos Padrões	APHA <i>et. al.</i> , 1998
Óleos e Graxas (mg/l)	Gravimétrico – Extração em Aparelho de Soxhlet com Hexano	APHA <i>et. al.</i> , 1998
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	Substrato definido/NMP – Tubos Múltiplos	APHA <i>et. al.</i> , 1998

### 3.3.10. Análise do Material Transportado em Suspensão

A avaliação do regime de descarga sólida foi realizada nas 08 seções distribuídas ao longo da área estuarina, tendo as amostras sido coletadas nos períodos de chuva e estiagem. No entanto, limitou-se apenas ao conhecimento do comportamento fluvial, referente às fases de maré, Enchente e Vazante, onde o transporte de sedimentos pelo rio é mais evidente. Para isso, buscaram-se os valores relacionados aos Sólidos Suspensos Totais (SST).

As análises laboratoriais foram realizadas no LGCO, onde foi quantificada a taxa de material em suspensão em cada litro de amostra. O procedimento laboratorial utilizado foi através da filtração, implementado pela APHA (1998) como método mais adequado para a análise desse parâmetro. Portanto, o resultado de Sólidos Suspensos Totais das amostras pôde ser obtido através da subtração dos pesos do filtro ( $P_F - P_i$ ) e dividindo-se pelo volume de água da amostra.

$$\text{SST} = \frac{P_F - P_i}{\text{Vol}} \quad (10)$$

Onde:

**SST** = Sólidos Suspensos Totais, em mg/L;

**P<sub>F</sub>** = Peso final, resultado do peso do filtro mais o peso do material sólido retido no filtro, em mg;

**P<sub>i</sub>** = Peso inicial, que é o peso do filtro antes da filtragem, em mg;

**Vol** = Volume em *ml* da amostra utilizada, nesse caso 1000 ml ou 1L.

Para o cálculo da descarga sólida em suspensão foi utilizada a fórmula:

$$\text{QSS} = 0,0864. Q. C \quad (11)$$

Onde:

**QSS** = descarga sólida em suspensão média, em ton/dia;

**Q** = descarga líquida média, em m<sup>3</sup>/s;

**C** = concentração, em mg/l (ppm).

### 3.3.11. Propriedades Físicas do Solo e suas Implicações no Processo Erosivo

Nesta fase foram realizadas nas amostras de solo coletadas no leito fluvial, nos períodos de chuva e estiagem, análises para a identificação da textura dos mesmos, pois dentre as propriedades físicas que influenciam nos

processos erosivos acentuados em uma bacia, essa é uma característica de grande importância.

#### **3.3.11.1. Granulometria**

A análise granulométrica consistiu em fornecer informações sobre a textura dos sedimentos relacionando o modo de transporte e deposição dos mesmos. Os sedimentos coletados no campo foram tratados de acordo com os métodos de peneiramento úmido e mecânico, conforme a classificação de Wentworth (1922) *in* Suguio (1973). O peneiramento consistiu em separar as frações finas e grossas de modo a classificar as amostras em sua composição a partir do tamanho dos grãos.

Com o peneiramento úmido (método da pipetagem), agente separador das frações finas e grossas, realizou-se, através da análise da sedimentação, seguindo a Lei de Stokes *apud* Suguio (1980) que se baseia na velocidade de queda das partículas em meio aquoso, várias pipetagens em vários intervalos de tempo e profundidade que corresponderam dessa forma, a quantidade de material fino encontrado nas amostras de acordo com a velocidade de decantação das frações de silte grosso, silte médio, silte fino e argila.

A classificação geral das respectivas amostras foi efetuada a partir de parâmetros estatísticos manipulados no *software* GRANULS desenvolvido pelo Departamento de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense (Rj), o qual forneceu os percentuais de cada granulometria em um universo amostral geralmente calculados com os dados na escala de “phi” ( $\pi$ ), servindo para caracterizar a curva em relação a sua tendência central, grau de dispersão, assimetria e agudez dos picos.

Estes dados permitiram a construção de histogramas de frequência simples e acumulada, para uma melhor visualização das propriedades de tamanho como classe modal, dispersão e número de classes texturais (SUGUIO, 1973). Com isso, tornou-se possível descrever os tipos de

sedimentos em termos de suas várias propriedades, incluindo a média e a mediana, em relação ao diâmetro médio e mediana, desvio padrão, assimetria e curtose.

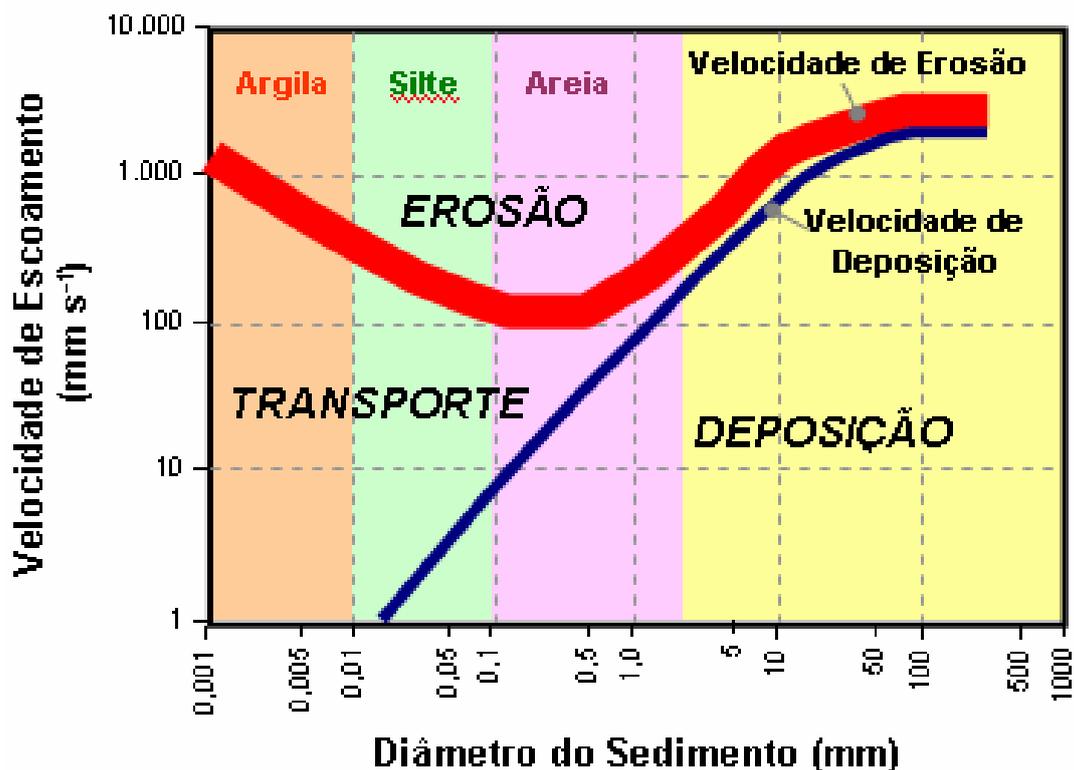
As escalas de variação dos valores obtidos pelos cálculos estatísticos e sua interpretação tiveram como base aos estudos de Folk & Ward (1957, apud SUGUIO, 1973) e Folk (1968, apud MUEHE, 1999).

### **3.3.11.2. Índice de Suscetibilidade de Erosão do Solo (ES)**

A obtenção do parâmetro de erodibilidade do solo (ES) deu-se através da inter-relação da caracterização ambiental da área com os resultados das análises da textura do solo a partir das amostras coletadas nas seções estabelecidas na região estuarina do Rio Acaraú.

Beltrame (1994) relata que para cada grupo de diferentes tipos de rochas, pode-se associar a um índice referente ao grau de suscetibilidade à erosão. Para cada grupo de diferentes tipos de rochas, pode-se associar um índice referente ao grau de desagregabilidade das mesmas à erosão.

Para se interpretar a suscetibilidade dos solos à erosão, no estuário, em função de suas diferenças texturais foram correlacionados o diâmetro das partículas com a mínima velocidade média do fluxo da água necessária para transportá-las, com base no gráfico de Hjülstrom (Figura 12).



**Figura 12** – Gráfico da relação de suscetibilidade do solo à erosão Hjulstrom (1935). Adaptado de Beltrame (1994) e Suguio & Bigarella (1990).

No gráfico as curvas de erosão/transporte e transporte/sedimentação, verifica-se que cada granulometria comporta-se de forma distinta a diferentes velocidades de corrente. No entanto, a curva de transporte/sedimentação põe em evidência que com o aumento da velocidade, podem ser transportadas partículas de diâmetros cada vez maiores, ao passo que para as mesmas granulometrias, o trabalho de sedimentação realizado aumenta sempre que a velocidade da corrente diminui.

Na adaptação do gráfico Beltrame (1994) sugere quatro classes de suscetibilidade à erosão, onde se podem classificar os solos do setor estuarino da bacia do Rio Acaraú pela sua granulometria de acordo com o que está apresentado na Tabela 07.

**Tabela 07** – Classificação da erodibilidade do solo, baseada na relação entre a velocidade mínima do fluxo de água e a granulação do material transportado, para o estuário do Rio Acaraú.

<b>Velocidade Mínima do Fluxo de Água</b>	<b>Diâmetro das Partículas e Tipo de Material transportado</b>	<b>Suscetibilidade da Textura do Solo à Erosão</b>
100cm/s	(< 0,004mm) Argila (> 6,35mm) Seixos	Baixa
de 30cm/s a 100cm/s	(De 0,004 a 0,0062) Siltes (De 2mm a 6,35mm) Grânulos e seixos	Média
de 20cm/s a 30cm/s	(0,0062mm a 0,2mm) Areia muito fina e Areia fina (De 1mm a 2mm) Areia muito grossa	Alta
menos de 20cm/s	Areia média e grossa (0,2mm a 1mm)	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994).

De acordo com a classificação foi efetuado o cálculo do percentual de cada classe do referido índice para cada amostra de sedimento coletada em campo. Os resultados permitiram conhecer a textura do solo presente no leito do Rio Acaraú, efetuando-se a soma dos percentuais de cada amostra com a média destes percentuais na região. Estes resultados subsidiaram o cálculo do índice (ES) total para cada setor da bacia, através dos resultados das respectivas taxas de erosão e denudação de acordo com a área (km<sup>2</sup>) abrangente de cada tipo de solo, pertencente à bacia, pelo valor da respectiva taxa estabelecida (LACERDA & SENA, 2005).

Com isso, pôde-se observar o que é erodido em cada setor de acordo com a respectiva faixa de declive estabelecida pelo índice de Declividade Média (DM). Onde de acordo com a caracterização do potencial erosivo total do solo para cada setor da bacia do Rio do Cedro elaborada por Beltrame (1994), aplicou-se uma adaptação da mesma para os respectivos solos presentes nos setores delimitados da bacia em questão, ver Tabela 08.

**Tabela 08** – Caracterização do ES pelo declive, com as respectivas classes do potencial erosivo dos solos e simbologia.

Localização na Paisagem	Faixa de Declive	Classes do Potencial Erosivo	Índice do Potencial Erosivo do Solo	SIMBOLO
Terraços fluviais	até 8%	Baixo	0,76 - 1	ES <sub>1</sub>
Encostas	9 a 20%	Moderado a Baixo	0,51 - 0,75	ES <sub>2</sub>
Porção superior das encostas	21 a 45%	Alto a Moderado	0,26 - 0,50	ES <sub>3</sub>
Porção superior das encostas e cristas	acima de 45%	Muito Alto a Alto	0,00 - 0,25	ES <sub>4</sub>

Fonte: Adaptado de Beltrame (1994).

A caracterização pedológica, para o cálculo das taxas e do (ES), foi elaborada através de estudos feitos pelo RADAMBRASIL (1981) e do Mapa de Solos do Estado do Ceará, na escala de 1:600.000, em formato digital *shapefile* (SHP), disponibilizado pela FUNCEME. Com isso, relevou-se a abrangência de cada tipo de solo nas porções dos municípios que integram a bacia de drenagem estudada.

A classificação dos solos obedeceu à metodologia da então Divisão de Pesquisa Pedológica do Ministério da Agricultura, atual Centro Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA (Brasil, 1973), tendo sido atualizada seguindo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos em vigor (EMBRAPA, 1999).

### **3.3.12. Estudo das Formas de Uso e Ocupação da Terra, através da Interpretação de Imagem de Satélite**

Na classificação da imagem do satélite LANDSAT 7 ETM+, foram realizadas análises da evolução sócio-econômica, procurando evidenciar o nível de alterações devido aos diversos usos estabelecidos. Foram realizados levantamentos das características sócio-econômicas da área para que estas informações fossem incorporadas ao banco de dados para a devida espacialização.

De acordo com o estudo proposto por Beltrame (1994), baseado em Marnr (1978), Segovia & Palma (1987) e Llano & Criado (1968), refere-se a 07 classes para classificação das formas de uso e ocupação do solo, mata, capoeira, campo sujo, campo limpo, campo limpo, povoado e não classificada.

A categoria ***mata*** corresponde ao tipo de vegetação densa, que abrange toda a vegetação primária existente e também a secundária. A ***capoeira*** refere-se à vegetação mais lenhosa existente nos terrenos desmatados e queimados para as culturas agrícolas.

O ***campo sujo*** abrange os terrenos cobertos por gramíneas e vegetações de pequeno porte. Estas áreas eram anteriormente utilizadas para pastagem e agricultura. A classe ***campo limpo*** condiz às áreas cobertas por gramíneas, utilizadas como pasto para o gado ou cultivo agrícola. A categoria ***agricultura*** apresenta terrenos cobertos por culturas temporárias.

A classe ***povoado*** corresponde as áreas ocupadas pelas edificações. A categoria ***não classificada*** refere-se às formas de uso e ocupação não identificadas na classificação da imagem de satélite. Contudo as referidas classes de uso da terra sofreram algumas adaptações para a área de estudo, conforme o detalhamento obtido pela imagem LANDSAT 7 utilizada e também em relação a sua grande extensão que impossibilitou as confirmações da verdade terrestre nas viagens de campo.

#### **3.3.12.1. Índice de Proteção da Cobertura Vegetal Atual (CVA)**

Com a classificação da imagem orbital foi possível avaliar a proteção fornecida ao solo pelo tipo de cobertura vegetal existente na região, que de acordo com Beltrame (1994) fornece os respectivos índices de proteção na Tabela 09. A categoria Solo Exposto foi incluída devido ao seu padrão de uso ser diferenciado e não foram considerados as classes referentes a Povoados e Estradas, Água e Reservatórios e também as Não Classificadas.

**Tabela 09** – Classificação do tipo de cobertura vegetal quanto à proteção fornecida ao solo.

TIPO DE COBERTURA	ÍNDICE DE PROTEÇÃO ATUAL
Vegetação Lenhosa	
Mata Densa	1
Mata Esparsa	0,7
Vegetação herbácea	
Campo Sujo	0,6
Campo Limpo	0,5
Agricultura	0,4
Solo Exposto	0,1

Fonte: Adaptado de Marnr (1978), Segovia & Palma (1987) e Llano & Criado (1968) *in* Beltrame (1994).

O cálculo dos índices foi realizado com a multiplicação pela área correspondente a sua respectiva forma de uso, o qual forneceu a superfície reduzida. O índice de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual, foi obtido primeiramente através da determinação da área (km<sup>2</sup>) das categorias pelo *software* SPRING 4.1, pela classificação supervisionada MAXVER por região, onde assim foram determinados os valores dos usos da terra para os setores A1 e A2.

De acordo com Beltrame (1994), o valor desse índice está associado a um grau de proteção que a vegetação fornece ao solo da área, descrito na Tabela 10.

**Tabela 10** – Índice e grau de proteção total da área fornecida pela vegetação atual.

Índice de Proteção Total	Grau de Proteção da Vegetação	SIMBOLO
1	Proteção Máxima	CVA <sub>1</sub>
0,8 – 0,99	Proteção Alta	CVA <sub>2</sub>
0,6 – 0,79	De média a alta proteção	CVA <sub>3</sub>
0,4 – 0,59	Proteção Moderada	CVA <sub>4</sub>
0,2 – 0,39	De moderada a baixa proteção	CVA <sub>5</sub>
0,0 – 0,19	Proteção Baixa	CVA <sub>6</sub>
0,0	Nenhuma Proteção	CVA <sub>7</sub>

Fonte: Adaptado de Beltrame (1994) *in* Paula (2004).

### 3.3.13. Índice de Erosividade da Chuva (EC)

A dinâmica pluvial foi analisada tendo como base o cálculo do parâmetro de erosividade da chuva (EC). O potencial da chuva em causar erosão hídrica pode ser avaliado por meio de índices de erosividade, que se baseiam nas características físicas das chuvas de cada região. Wischmeier & Smith (1978) determinaram, que o produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos é a relação que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão, considerando as fases de impacto das gotas da chuva, a desagregação do solo, a turbulência do fluxo, e o transporte das partículas.

Essa perda é calculada através de equação utilizada por Beltrame (1994) com base no trabalho de Bertoni & Lombardi Neto (1985). Sendo que este método é apontado por diversos autores como mais viável e prático na avaliação da erosividade da chuva.

Para este cálculo tornou-se necessário a seleção das estações pluviométricas inseridas ou próximas a área de estudo e/ou que as precipitações pluviométricas influenciem a mesma. Portanto foram selecionadas 08 estações (Tabela 11), que serviram de base para o cálculo do índice de erosividade da chuva para os respectivos setores delimitados.

**Tabela 11** – Estações pluviométricas e períodos utilizados para a obtenção do índice de erosividade da chuva para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú-CE.

<b>Estação</b>	<b>Período</b>
Acaraú	1973 – 2003
Cruz	1993 – 2003
Bela Cruz	1983 – 2003
Marco	1983 – 2003
Morrinhos	1983 – 2003
Santana do Acaraú	1973 – 2003
Meruoca	1983 – 2003
SOBRAL	1973 – 2003

Fonte: FUNCEME, 2005.

Com a definição das estações que exercem influência na área, foi avaliado o potencial erosivo da chuva através da seguinte equação, desenvolvida por Lombardi Neto & Moldenhauer (1980 in Bertoni & Lombardi Neto, 1985):

$$E = 6,886 (r^2/P)^{0,85} \quad (12)$$

Onde:

**E** = Média mensal do índice de erosão (t/ha.mm/h)

**r** = precipitação média mensal em mm.

**P** = precipitação média anual em mm.

A partir da classificação geral do índice de erosividade da chuva (EC) para o Estado do Ceará, elaborado por Paula (2004), têm-se os respectivos valores e simbologias para a análise dos dados das referidas estações, ver Tabela 12.

**Tabela 12** – Classificação dos índices de erosividade da chuva, para o Estado do Ceará.

ÍNDICE (t/ha.mm/h)	CLASSIFICAÇÃO	SIMBOLO
< 639,15	Erosividade débil	EC <sub>1</sub>
639,15 a 901,94	Erosividade média	EC <sub>2</sub>
901,94 a 1164,74	Erosividade forte	EC <sub>3</sub>
1164,74 a 1427,53	Erosividade muito forte	EC <sub>4</sub>
> 1427,53	Erosividade excessiva	EC <sub>5</sub>

Fonte: Adaptado de Paula (2004).

O estudo da distribuição do potencial erosivo da chuva, bem como o de perda e/ou erosão do solo são de grande importância para o manejo e o desenvolvimento das áreas agricultáveis.

### 3.3.14. Balanço Hídrico (BH)

A obtenção do parâmetro BH para cada setor delimitado no trecho estudado da bacia do Rio Acaraú, deu-se utilizando os dados climatológicos das estações meteorológicas, de maior representatividade na área, monitoradas pelo INMET (Tabela 13).

**Tabela 13** – Características das estações climatológicas representativas para os respectivos setores da área estudada.

SETOR	Estação	Código OMM	Lat.	Long.	Extensão da Série (anos)	Fonte
A1	Acaraú	82294	02° 53' S	40° 08' W	1976 - 1988	PERH (1988)
A2	Sobral	82392	03°42' S	40°21' W	1961 - 1990	INMET (1992)

\***Obs:** OMM = Organização Meteorológica Mundial.

No que se refere aos dados climatológicos da estação de Acaraú, a fonte de dados foi o Plano Estadual dos Recursos Hídricos (PERH), dados esses que se referem as estações do INMET, porém com séries mais curtas (12 anos) que trinta anos.

Além do balanço hídrico, foram analisadas as seguintes grandezas meteorológicas: temperatura, umidade relativa, insolação e evaporação. Foram trabalhados somente as grandezas da estação de Sobral, pois a de Acaraú foi escolhida para efeito de cálculo do BH no setor A1.

Para classificar os valores encontrados para o BH, foi elaborada uma classificação qualitativa dos balanços hídricos, baseando-se em valores anuais do excedente e déficit hídrico, para a área estudada. A classificação estabelecida está apresentada na Tabela 14.

**Tabela 14** – Classificação qualitativa dos valores do balanço hídrico e respectivos símbolos.

BALANÇO HÍDRICO	QUALIFICAÇÃO DO BH	SÍMBOLO
Com excedente hídrico superior ou igual a quatro meses/ano	Alto	BH <sub>1</sub>
Com excedente hídrico e déficit até 261,97 mm/ano	Médio	BH <sub>2</sub>
Com excedente hídrico e déficit entre 261,97 mm/ano e 626,78 mm/ano	Baixo	BH <sub>3</sub>
Com excedente hídrico e déficit superior a 626,78 mm/ano	Muito Baixo	BH <sub>4</sub>

### 3.3.15. Índice de Qualidade da Água (QA)

O índice de qualidade da água (QA) proporciona um valor global de qualidade do corpo hídrico, incorporando valores médios individuais de uma série de parâmetros Bascarán (1979) *in* CONEZA (1997). Este foi calculado com base na seguinte fórmula:

$$QA = K \times \Sigma CiPi / \Sigma Pt \quad (13)$$

onde:

**QA** = valor do índice de qualidade da água, em %;

**Ci** = valor percentual correspondente ao parâmetro;

**Pi** = peso correspondente a cada parâmetro;

**Pt** = soma total dos pesos de cada parâmetro;

**K** = constante de ajuste em função do aspecto visual das águas, atribuídas conforme a seguinte escala: (1,00) para águas claras sem aparente contaminação; (0,75) para águas com ligeira cor, espumas, ligeira turbidez aparente não natural; (0,50) para águas com aparência de estar contaminada e com forte odor; (0,25) para águas negras que apresentam fermentações e odores.

Devido ao maior rigor do Índice de Bascarán, a sistemática, para o cálculo do QA permite recomendá-lo para uso mais freqüente, por se trabalhar

com um maior número de parâmetros de qualidade de água e pesos mais representativos.

### **3.3.16. Elaboração do Banco de Dados no SIG**

Esta etapa permitiu a espacialização das informações tornando-se possível armazenar e representar tais dados em ambiente computacional, abrindo espaço para o geoprocessamento através de suas ferramentas computacionais, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's). O seu emprego permite a compilação e a organização dos dados, facilitando a sua integração com outros dados espaciais obtidos da área estudada. De forma que a interação desses parâmetros pode ser melhor compreendida e representada através dos mapas temáticos.

Os trabalhos cartográficos foram digitalizados por meio dos *softwares* ARCVIEW 8.3, SPRING 4.1 e AutoCAD MAP2000i destinados à integração dos diferentes dados temáticos na digitalização e análise através dos SIG's, representando as entidades reais do espaço geográfico (estradas, hidrografia, cobertura vegetal, área urbana), visando aprimorar processos decisórios que exigem informações espaciais, atualizadas e confiáveis.

## 4. O CONTEXTO GEOAMBIENTAL E SOCIO-ECONOMICO

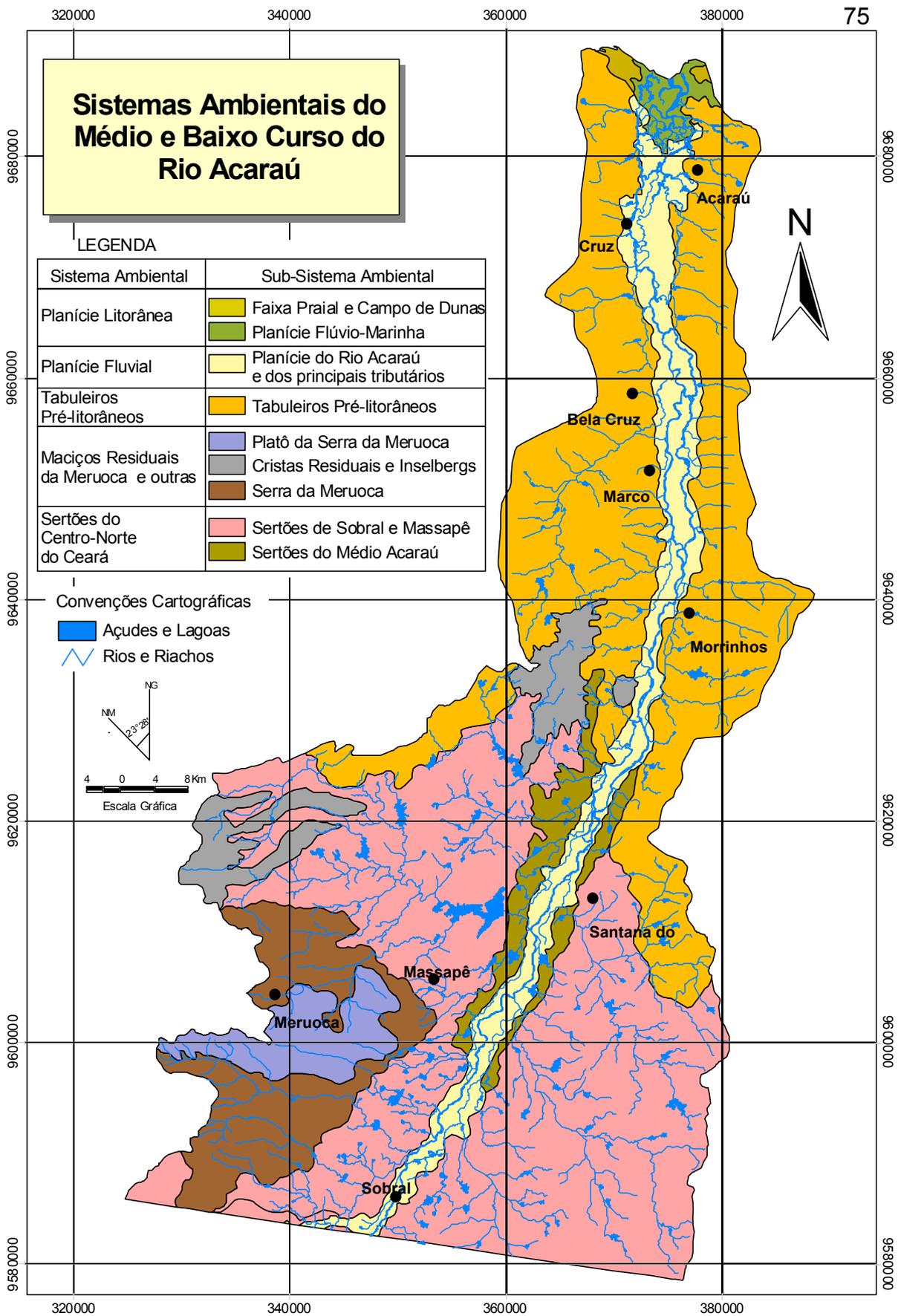
---

### 4.1. Compartimentação das Unidades Geoambientais

Em relação aos aspectos morfoestruturais, o relevo da bacia do Rio Acaraú, apresenta características dependentes do conjunto de interferências de ordem geológica, paleoclimáticas e de processos morfoclimáticos passados e atuais. Na bacia apresentam-se, ao norte, sedimentos Cenozóicos do período Quaternário (recentes) e do período Terciário da Formação Barreiras, que são agricultáveis, porém com a utilização de fertilizantes e a correção da acidez. Ocorre, também, a presença da Aluvião (solos Aluviais) marginal ao Rio Acaraú, no Médio e Baixo curso.

A geologia regional apresenta uma estrutura predominantemente cristalina e possui como principais aquíferos o Aluvionar, Jaibaras e Barreiras, sendo o primeiro responsável por cerca de 50% da reserva explorável em um ano normal (SRH, 1992). Na região do médio curso, a litologia compõe-se de rochas do embasamento cristalino Pré-Cambriano, onde predominam os solos medianamente profundos e moderadamente ácidos, porém pedregosos e susceptíveis à erosão.

Os padrões vegetacionais predominantes são de Caatinga Arbustiva Densa, presente na maior parte das áreas do Médio e em menor proporção no Baixo curso da bacia, tendo como principal atividade econômica primária a pecuária bovina. A Mata Ciliar ou Ribeirinha, com as presenças marcantes da carnaúba e da oiticica, que margeia o leito do Rio Acaraú, onde o extrativismo vegetal é praticado de forma desordenada. As áreas do Médio e Baixo curso estão representadas por cinco unidades geoambientais distintas, sub-compartimentada nos seguintes sistemas: Faixa Praial e Campo de Dunas, Planície Flúvio-marinha, Planície Fluvial, Tabuleiros Pré-litorâneos, Sertões do Médio Acaraú, Sertões de Sobral e Massapê, Cristas Residuais e Inselbergs e a Serra da Meruoca (Figura 13).



**Figura 13** – Compartimentação dos Sistemas e/ou Unidades Geoambientais do Médio e Baixo Cursos do Rio Acaraú-CE. Adaptado de Souza (2005).

#### 4.1.1. Planície Litorânea

As características morfológicas da planície litorânea estão associadas a uma participação proeminente dos processos de acumulação. De acordo com Souza *et al* (2005) trata-se de uma faixa de terras que bordeja paralelamente o litoral com penetração para o interior da ordem de 2,0 a 4,0 km e dispõe-se com orientação Leste-Oeste. Esta unidade geomorfológica é constituída essencialmente por sedimentos holocênicos e é representada pelas formas litorâneas constituídas por praias, dunas móveis, semi-fixas e fixas, falésias fluviais, lagoas, lagunas e a planície fluvio-marinha.

A Planície Litorânea no Vale do Acaraú é marcada pela presença de extensas faixas de praia com extensão média de 800 m, constituídas predominantemente por areias quartzosas de granulometria média. Esta abrange o município de Acaraú em sua totalidade, com área de 9,1 km<sup>2</sup>. O contorno da linha de costa é marcado pela sucessão de pontas arenosas resultantes da interação da corrente longitudinal e o regime de vazão de pequenos canais do sistema estuarino do Rio Acaraú. A região de antepraia é marcada pela sucessão de barras arenosas progradantes, conferindo ao estuário a característica de delta dominado por maré. A especulação imobiliária na região de pós-praia e praia é pouco expressiva, bem como as atividades de turismo na região da foz. O turismo litorâneo é mais efetivo nas praias mais próximas como as de Itarema e Almofala.

O canal estuarino na desembocadura adquire um padrão meandrante percebido até o município de Acaraú (foz). São observadas a formação de escarpas de erosão controladas pelas correntes de marés (Figura 14). As formas de dunas são pouco expressivas em relação às outras regiões do estado cearense, como Jericoacoara e Camocim. As formas são predominantes do tipo duna frontal associado e/ou arrasados ao nível das planícies de deflação eólica e dunas mais antigas. Os ambientes lacustres estão associados ao barramento das pequenas drenagens costeiras pelos processos de morfogênese atual e/ou pela ação antrópica, para o incremento

da oferta de água para as atividades agrícolas de subsistência e consumo animal.



**Figura 14** – Pesca artesanal e escarpa de falésia fluvial que margeia a planície estuarina do Rio Acaraú.

Os terrenos da planície litorânea são arenosos e profundos, o que favorece a formação de excelentes aquíferos. No entanto, é importante salientar que o lançamento de efluentes domiciliares e industriais, no caso os associados às atividades de carcinicultura e de pesca, representam potenciais fontes de poluição tanto pela elevada capacidade de infiltração destes solos e pela interação com os recursos hídricos superficiais.

De acordo com a classificação ecodinâmica é caracterizado como um ambiente fortemente instável, devendo ser permanentemente monitorada em função da do crescente extrativismo vegetal e da expansão de loteamentos que visam atividades de turismo e lazer.

#### **4.1.1.1. Planície Flúvio-Marinha**

A planície flúvio-marinha agrupa os ecossistemas de manguezais e o os vales fluviais subordinados as oscilações das marés. O ambiente estuarino do Acaraú é um sistema complexo com drenagens de padrões anastomóticos. O principal vale de contribuição e mistura de águas continentais e marinhas é o

canal de Cruz. A variação da maré no porto de Acaraú é de aproximadamente 2,5 m, o que favorece a formação de escarpas de erosão nos terrenos arenosos das aluviões. A evolução desses sistemas em larga escala, estão diretamente associadas às flutuações do nível médio do mar ao longo do Quaternário (MEIRELES, 1992). O ponto nodal de influência das marés ao longo do vale, em curta escala temporal, é controlado, sobretudo pelas transformações na dinâmica fluvial em face das atividades antrópicas. Dentre elas destacam-se a construção de barragens, retirada da cobertura vegetal, ocupação das margens e mineração.

A vegetação predominante do ambiente estuarino é a de mangue recobrando os solos do tipo Gleissolos, lodosos, de cores escuras e boa profundidade. Estes solos são muito mal drenados e possuem padrões elevados de salinidade. No entanto, contribuem para a bioestabilização da planície flúvio-marinha e dos processos geomorfológicos, através da deposição dos sedimentos fluviais, regulação dos mecanismos de transporte dos sedimentos eólicos, atenuação dos efeitos das inundações e do avanço das marés e contribui na manutenção da linha de costa além de purificação das águas.

As espécies encontradas no estuário do rio Acaraú são: mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue branco (*Laguncularia racemosa*), mangue preto (*Avicenia schaueriana* e *Avicenia germinans*) e o mangue ratinho (*Conocarpus erectus*), este último se encontra nas partes mais elevadas sobre os Neossolos Quartzarênicos. No entanto, ao longo da última década, vem recebendo várias intervenções antrópicas, principalmente, pela criação de camarão (carcinicultura) que promove a degradação da vegetação de mangue (Figura 15).



**Figura 15** – Nas fotos A e B, a vegetação de mangue predominante na planície flúvio-marinha do rio Acaraú, em destaque a *Rizophora Mangle*.

A redução do manguezal na região está relacionada ao uso de técnicas rudimentares, organizacionais ou produtivas, a exemplo da carcinicultura, que se desenvolve de forma acelerada degradando extensas áreas desta vegetação. Isto altera significativamente a biodiversidade estuarina, promovendo a deterioração dos recursos naturais, sobretudo, os renováveis de vegetação e solos, desencadeando uma série de conseqüências ambientais, sociais e econômicas de grandes proporções. Por ser um ambiente ecologicamente frágil, apresenta, contudo, elevada produtividade biológica que influi na fertilidade marinha. Por tais razões e até por imposições legais, os mangues são considerados como área de preservação compulsória e permanente. De acordo com a classificação ecodinâmica são caracterizados como ambientes de transição com tendência à instabilidade. Esta unidade compreende na sua totalidade o município de Acaraú e tem área de 31,78 km<sup>2</sup>.

#### **4.1.3. Planície Fluvial**

A Planície Fluvial representa importante papel na diferenciação das paisagens do Rio Acaraú, pois é resultante do processo de deposição proporcionado pela ação fluvial que, no seu baixo curso drena a área correspondente à planície litorânea. Está sujeita as inundações periódicas, apresenta as melhores condições de solos e de disponibilidade hídrica. Fica embutida entre os níveis dos tabuleiros pré-litorâneos, onde não há grande

amplitude altimétrica (plana) entre os fundos dos vales e os níveis dos interflúvios tabulares. Desenvolve-se nas porções laterais do curso d'água e apresenta larguras expressivas a montante, no seu médio curso e, à medida que atingem seu baixo curso a jusante entalham em terrenos da Formação Barreiras e ampliam as suas faixas de deposição por diminuição do gradiente fluvial.

Os solos predominantes dessas planícies são do tipo aluvial e se associam com solos do tipo Neossolos Flúvicos, Planossolos e Vertissolos. A vegetação bordeja longitudinalmente os cursos d'água, sendo predominante a carnaúba (*Copernicia prunifera*), mas com associações de caatinga e cerrado.

A planície fluvial, de acordo com a classificação ecodinâmica caracteriza-se como um ambiente com tendência à instabilidade, tendo como principais limitações às inundações periódicas, salinização, deficiência de drenagem, irregularidade do regime pluviométrico e as restrições legais à ocupação. Apresentam um bom potencial para a agricultura irrigada, agroextrativismo e lavouras de vazante com o cultivo do arroz (Figura 16). Está compreendida em todos os municípios da área de estudo e tem área de 309,2 km<sup>2</sup>.



**Figura 16** – Cultura de vazante, no caso, plantio de arroz no município de Morrinhos.

#### 4.1.4. Tabuleiros Pré-Litorâneos

Os “Tabuleiros” representam um típico “glacis” de acumulação que se inclinam suavemente do interior na direção da linha de costa, ficando posicionados à retaguarda dos campos de dunas. Normalmente ocupa trechos do litoral e dificilmente ultrapassa os 100 m de altitude, são constituídos por sedimentos argilo-arenosos da Formação Barreiras assentado diretamente sobre o embasamento cristalino. A composição pedológica é amplamente dominada pelos Argissolos, solos profundos com textura arenosa e argilosa e os Neossolos Quartzarênicos no contato com as dunas fixas, os quais são vinculados à planície litorânea e aos tabuleiros, respectivamente.

A vegetação predominante é a de tabuleiro, onde a mudança significativa das condições do recobrimento vegetal deriva da diversidade das condições agro-extrativas que vêm se expandindo. Os espaços agro-extrativos representam o resultado das combinações produtivas rurais com os componentes naturais e humanos que lhe servem de suporte. A relação desta unidade com o sistema de drenagem superficial associado à bacia hidrográfica do Rio Acaraú e seus afluentes e ao recurso hídrico subterrâneo que armazena, dá sustentação às principais atividades de subsistência (milho e feijão) apresentando potencialidades para o cultivo do caju principalmente nas áreas de areias quartzosas.

Apresenta-se de acordo com a classificação ecodinâmica, como um ambiente estável sendo propício a atividades impactantes que além da agropecuária (extensiva) e do agroestrativismo, no caso da carnaúba (*Coperμία prunífera*), a expansão urbana e a implantação viária, com a retirada de areia para a construção civil e de argila para as olarias, utilizada na fabricação de tijolos. Tem como limitações a irregularidade do regime pluviométrico, a baixa fertilidade dos solos, problemas de erosão e deficiência hídrica. Está compreendida na totalidade dos municípios de Acaraú, Cruz, Bela Cruz, Marco, Morrinhos e na parte nordeste e noroeste de Santana do Acaraú e norte de Massapê, tem área de 963,7 km<sup>2</sup>.

#### 4.1.5. Maciços e Cristas Residuais

Nos maciços residuais, as condições de relevo mais elevadas propiciam melhoria das condições pluviométricas, ensejando a ocorrência de enclaves úmidos, subúmidos e cobertura vegetal de mata plúvio-nebular. São desenvolvidas em rochas do embasamento cristalino com larga tendência para o grupo das rochas metamórficas. A exceção, na região estudada, é denotada pela serra da Meruoca, situada a oeste do Rio Acaraú próxima à cidade de Sobral e Massapê, e por alguns *inselbergs* de composição granítica, com formas bastante dissecadas e quase sempre em topos convexo-aguçados.

A vegetação predominante nesses ambientes encontra-se fortemente descaracterizada em função de desmatamentos executados à margem de qualquer técnica conservacionista. São ambientes de transição com tendência à instabilidade, sendo propícios à agricultura (de ciclo longo), fruticultura (banana), cafeeicultura, tendo como limitações o elevado grau de acidentamento do relevo e restrições legais à ocupação.

As formas de uso e ocupação ocorrem com o predomínio do agroextrativismo e de acordo com a classificação ecodinâmica são caracterizados como ambientes instáveis em função do desmatamento do recobrimento vegetal primário. O Platô e a Serra da Meruoca ocupam uma área de 340,5 km<sup>2</sup> e as cristas residuais e *inselbergs* cerca de 132,1 km<sup>2</sup>, as quais ocupam parte dos municípios de Marco, Morrinhos, Santana do Acaraú, Massapé, Meruoca e Sobral (Figura 17).



**Figura 17** – Na foto A, Serra da Meruoca e na B, vista do Platô da Serra da Meruoca, onde se podem ver os *inselbergs* e mais ao fundo, o Rio Acaraú.

#### 4.1.6. Depressão Sertaneja

De acordo com Souza (2005) os sertões de Sobral, Massapê e do Médio Acaraú apresentam-se como superfícies embutidas entre níveis de planaltos sedimentares ou cristalinos, com altitudes abaixo de 200m. Comporta solos com grande variedade de associações, predominando os do tipo Luvisolos nos topos ligeiramente convexos e vertentes suaves. Os Planossolos ocorrem nas baixas vertentes e interflúvios tabulares. Nos Neossolos Litólicos são solos rasos, pedregosos com afloramentos rochosos. Há a ocorrência de rios com padrões dendríticos com escoamento intermitente sazonal, sendo amplamente submetidas a condições semi-áridas quentes e forte irregularidade pluviométrica (Figura 18).



**Figura 18** – Na foto A, sertão do Médio Acaraú e na B, sertões Sobral e Massapê, ao fundo a Serra da Meruoca.

O uso e ocupação ocorre através da pecuária extensiva e do agroextrativismo. São caracterizados como ambientes estáveis em equilíbrio e de transição com dinâmica progressiva ou regressiva, havendo necessidade de preservar ou restaurar as faixas de proteção dos mananciais e rios. Estão compreendidos na totalidade dos municípios de Santana do Acaraú, Massapê, Meruoca e Sobral, onde os Sertões de Sobral e da Massapê somam uma área de 1204,7 km<sup>2</sup> e o do Médio Acaraú cerca de 103,4 km<sup>2</sup>.

Na Tabela 15, a compartimentação que resultou em 05 sistemas ambientais (geossistemas) e 08 sub-sistemas (geofácies), podem ser observadas de forma apropriada com suas respectivas áreas.

**Tabela 15** – Unidades Geoambientais do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, com as respectivas áreas de abrangência, no trecho estudado.

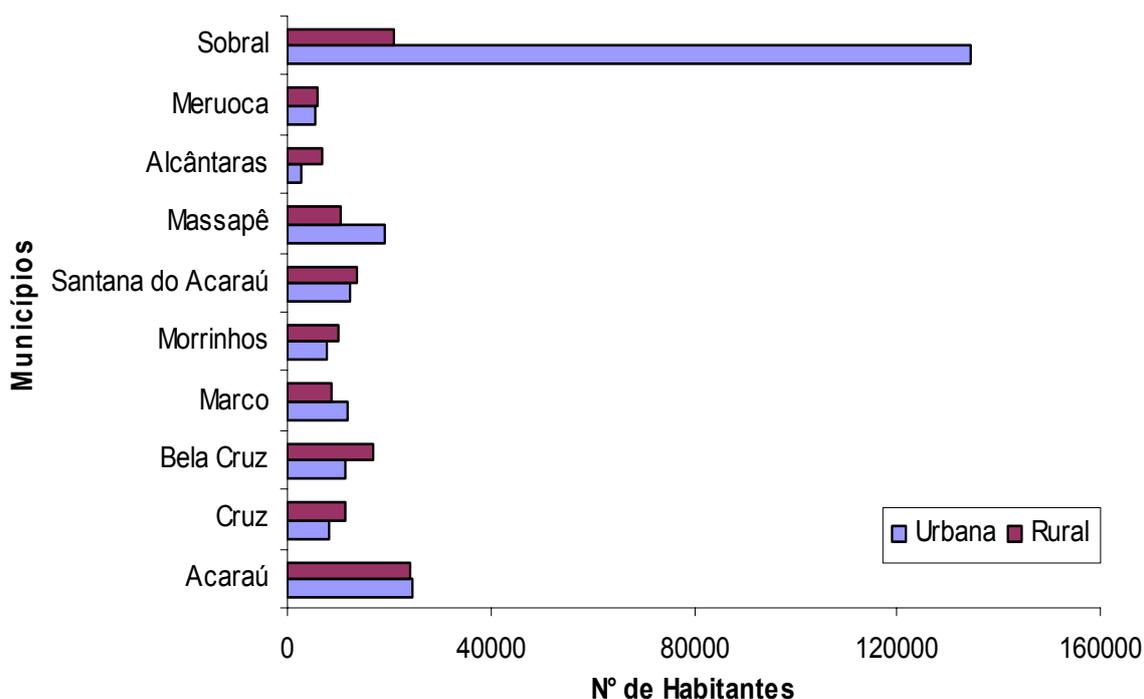
<b>SISTEMA AMBIENTAL (GEOSSISTEMA)</b>	<b>SUB-SISTEMA AMBIENTAL (GEOFÁCIES)</b>	<b>AREA (km<sup>2</sup>)</b>
Planície Litorânea	Faixa praial e campo de dunas	<b>9,1</b>
	Planície flúvio-marinha	<b>31,8</b>
Planície Fluvial	Planície do Rio Acaraú e dos principais tributários	<b>309,2</b>
Tabuleiros Pré-litorâneos	Tabuleiros Pré-litorâneos	<b>963,7</b>
Maciços Residuais da Meruoca e outras	Platô e Serra da Meruoca	<b>340,5</b>
	Cristas Residuais e Inselbergs	<b>132,1</b>
Sertões do Centro-Norte do Ceará	Sertões de Sobral e Massapê	<b>1204,7</b>
	Sertões do Médio Acaraú	<b>103,4</b>

Fonte: Produtos obtidos através de interpretação da imagem do satélite LANDSAT 7 ETM+ de 16/08/2001.

#### **4.2. Indicadores Sócio-Econômicos e Sócio-Ambientais**

A região do Médio e Baixo Acaraú abrange aproximadamente 10 municípios (Sobral, Meruoca, Alcântaras, Massapê, Santana do Acaraú, Morrinhos, Marco, Bela Cruz, Cruz e Acaraú), com uma população total de aproximadamente 367.395 habitantes (IBGE, 2001). Deste total

aproximadamente 35,13% residentes no meio rural, com destaque para o município de Sobral, um importante pólo industrial e urbano da região (Figura 19). Cerca de 87% da população deste município reside na área urbana. A ocupação urbana nos demais municípios concentra-se nas sedes municipais e nos principais distritos.



**Figura 19** – Número de habitantes residentes na zona urbana e rural, para os municípios da área de estudo. Fonte: Censo demográfico do IBGE (2001).

As taxas de crescimento da população de acordo com o Censo do IBGE de 2000, nas áreas urbanas, foi de 3,6%, sendo considerada bastante significativa. Já a população rural apresentou taxas de crescimento negativas. Este fenômeno se deu pela intensa migração rural-urbana, devido, sobretudo, aos longos períodos de secas que tem ocorrido na região nas últimas décadas. O município que apresenta as maiores concentrações populacionais é o de Sobral, com cerca de 2,0% (IBGE, 2001).

A economia concentra-se na agricultura, a qual ocupa espaços geográficos diferenciados de acordo com o clima e solo da região. Na zona litorânea, em virtude das precipitações médias anuais elevadas, se observa a presença de áreas irrigáveis, no caso o Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú,

para o cultivo de arroz, feijão, cana-de-açúcar, milho, mandioca, caju e banana. A pesca artesanal e industrial também é notória, nos municípios costeiros, como Acaraú e Cruz. No entanto, na zona mais ao interior (os sertões), por apresentarem baixos índices pluviométricos predominam as culturas de subsistência e do algodão.

Ainda, na região sertaneja, o extrativismo vegetal é bastante evidente com a carnaúba (cera e pó) e madeira para produção de carvão e lenha. A pecuária também constitui fonte de emprego e renda, assumindo importância à criação de ovinos, caprinos e bovinos. No entanto, o desenvolvimento industrial da área em estudo está praticamente restrito ao município de Sobral, onde existem indústrias de transformação de grande porte.

Neste caso, destacam-se as indústrias de couro GRENENE e de cimento a Votorantin. Estas indústrias atendem o mercado externo, interno e regional. Neste município existem também outros segmentos, tais como, fábricas de beneficiamento de farinha, polvilho da mandioca, cera de carnaúba, serrarias, cerâmicas e de confecção. Outro destaque no setor industrial se deve às atividades de mineração relacionadas à produção de cal, cerâmicas e tijolos.

Atualmente, o turismo é o fator econômico em desenvolvimento nas regiões de serras úmidas da Meruoca e Mucuripe. No Baixo curso, a prática da carcinicultura e a pesca industrial da lagosta, tornam-se umas das principais atividades econômicas e constituem pauta de exportação do Estado do Ceará.

O abastecimento de água nos municípios da área estudada encontra-se ainda bastante deficiente, destacando-se Sobral, com o número de 29.950 ligações que abastecem cerca de 134.508 pessoas. No entanto, as demais comunidades se abastecem, na sua maioria, através de poços artesianos, a exemplo do município de Acaraú com 4.313 poços e de Bela Cruz com 3.714, abastecendo cerca de 40.000 pessoas (IBGE, 2001).

O Açude Acaraú-Mirim, do DNOCS, é utilizado para atendimento das comunidades do município de Massapê, através de carro-pipa (Figura 20). Ao mesmo tempo, é responsável pelo abastecimento do povoado de Ipaguassu Mirim e do distrito de Mumbaba. Suas águas também são utilizadas para a perenização do rio Acaraú, com escoamento através de uma galeria que é utilizada para banhos.



**Figura 20** – Açude Acaraú-Mirim, concluído em 1907, utilizado para abastecimento local, com capacidade de 53 milhões de m<sup>3</sup>.

Conforme o censo do IBGE de 2000 as sedes inseridas na área de estudo, possuem um sistema sanitário precário onde cerca de 31% dos domicílios são ligados à rede geral de esgoto (Tabela 16). No entanto, o percentual de domicílios sem instalação sanitária fica em torno de 55%. Com isso, causa modificações diretas ou efeitos indiretos, produzindo inúmeras alterações no ecossistema hídrico, com conseqüências drásticas para a qualidade da água, a biota aquática e os cursos d'água.

**Tabela 16** – Domicílios particulares permanentes e tipo de esgotamento sanitário da área de influência direta no Médio e Baixo curso do Rio Acaraú em 2000.

Municípios	Instalação Sanitária						
	Rede Geral	Fossa Séptica	Fossa Rudimentar	Vala	Rio, Lago ou Mar	Outro Destino	Sem Instalação Sanitária
Acaraú	658	308	4145	133	1	18	5080
Bela Cruz	63	63	3393	11	0	6	2582
Cruz	96	18	3097	11	2	8	1137
Marco	63	129	1903	8	2	5	2066
Massapê	223	139	2570	45	35	24	3539
Meruoca	179	66	1346	18	1	25	829
Alcântaras	172	50	1200	10	0	12	720
Morrinhos	89	1456	408	102	8	11	1759
S. do Acaraú	1411	10	1448	87	91	13	2374
Sobral	16824	5059	4380	674	199	231	8029

Fonte: Censo demográfico do IBGE (2001).

No que concerne ao lixo coletado nos municípios cerca de 30% não recebe nenhum tipo de tratamento, com a exceção de Sobral onde há um Aterro Sanitário, onde o lixo é tratado. Mas, no Médio e Baixo cursos, em média, cerca de 30% são jogados em terrenos baldios, 22,2% são queimados, 3,8% são enterrados, 1,5% são jogados em rios, lagos e mar e 11,2% têm outros destinos (IBGE, 2001). O cruzamento das informações ambientais e sócio-econômicas possibilitaram a elaboração de uma matriz de correlação com as limitações e potencialidades de cada compartimento ambiental esboçados na Tabela 17.

**Tabela 17** – Matriz de correlação das Componentes Geoambientais do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú/CE, com as respectivas limitações e potencialidades, no trecho estudado.

COMPONENTES AMBIENTAIS		USO E OCUPAÇÃO	IMPACTOS E RISCOS	CAPACIDADE DE SUPORTE	
Geossistema	Geofácies			Potencialidades	Limitações
PLANÍCIE LITORÂNEA	Faixa Praial e Campo de Dunas	-Pesca de subsistência; -Carcinicultura; -Extrativismo vegetal e mineral.	-Poluição dos recursos hídricos (lançamento de efluentes e lixiviação - resíduos sólidos); -Especulação imobiliária; -Perda de atrativos turísticos e de recreação; -Agravamento de cheias periódicas.	-Extrativismo controlado da fauna; -Pesca artesanal; -Exploração do patrimônio paisagístico; -Santuário e refúgio de fauna; -Turismo e lazer.	-Inundações periódicas; - Agroextrativismo; - Loteamentos e implantação de redes viárias; - Desmatamento das margens com restrições legais.
	Planície flúvio-marinha	-Ocupação imobiliária; -Agricultura de subsistência -Extrativismo vegetal; -Carcinicultura; -Pesca de subsistência; -Lazer.	-Assoreamento dos canais estuarinos; -Desmatamento das margens e perda da diversidade florística; -Riscos de inundações. -Despejos de efluentes, resíduos sólidos e detritos; -Poluição dos recursos hídricos;	-Ecoturismo; -Educação ambiental; -Preservação da biodiversidade; -Carcinicultura.	-Área alagável; -Salinização; -Navegação; -Restrições legais.

<p>PLANÍCIE FLUVIAL</p>	<p>Planície do Rio Acaraú e dos principais tributários</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Culturas de subsistência;</li> <li>-Ocupação imobiliária;</li> <li>-Água para consumo e irrigação;</li> <li>-Extrativismo vegetal (caju, carnaúba).</li> <li>-Extração de argila;</li> <li>-Pesca artesanal;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Degradação da mata ciliar;</li> <li>-Assoreamento do leito fluvial;</li> <li>-Poluição hídrica;</li> <li>-Salinização dos solos;</li> <li>-Impactos da mineração de areia sem controle;</li> <li>-Ocupação urbana nos terraços baixos;</li> <li>-Erosão em áreas degradadas;</li> <li>-Despejo de efluentes e resíduos sólidos (lixo);</li> <li>-Poluição dos solos e recursos hídricos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Potencial hídrico de superfície e sub-superfície;</li> <li>-Ecoturismo;</li> <li>-Pesca artesanal;</li> <li>- Agroextrativismo;</li> <li>-Lavouras irrigadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intermitência fluvial e drenagem deficiente;</li> <li>-Drenagem imperfeita dos solos;</li> <li>Áreas alagáveis - inundações periódicas;</li> <li>-Terraços com baixos níveis;</li> <li>-Restrições legais.</li> </ul>
<p>TABULEIROS PRÉ-LITORÂNEOS</p>	<p>Tabuleiros Pré-Litorâneos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Culturas de subsistência;</li> <li>-Extrativismo vegetal (caju, carnaúba, etc);</li> <li>-Poços de água subterrânea;</li> <li>-Áreas Urbanas e de expansão urbana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desmatamento desencadeando erosão e intensificando o trânsito de sedimentos arenosos;</li> <li>-Perda de espécies endêmicas;</li> <li>-Impactos da mineração;</li> <li>-Contaminação do lençol freático por resíduos sólidos urbanos e rurais e por agrotóxicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agroextrativismo;</li> <li>-Expansão urbana;</li> <li>-Material para a construção civil;</li> <li>-Pecuária extensiva;</li> <li>-Instalação de sistemas viários.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Baixa fertilidade dos solos;</li> <li>-Deficiência de recursos hídricos durante o período seco.</li> </ul>

MACIÇOS RESIDUAIS DA MERUOCA E OUTRAS	Platô da Serra da Meruoca	-Agroextrativismo; -Fruticultura; -Cafeicultura.	-Erosão acelerada devido aos intensos desmatamentos e do uso de técnicas agrícolas e/ou produtivas rudimentares; -Solos erodidos;	-Solos com boa fertilidade, para o uso agrícola; -Atividades de mineração;	-Declives elevados das encostas; Suscetibilidade à erosão do solo muito alta; -Vertentes com a presença de matacões.
	Cristas Residuais e Inselbergs	-Agroextrativismo; -Fruticultura.	-Degradação dos solos; -Desmatamento da vegetação primária e rupestre.	-Mineração para a construção civil;	-Poucos solos produtivos; -Áreas impróprias para o cultivo agrícola.

SERTÕES DO CENTRO-NORTE DO CEARÁ	Sertões de Sobral e Massapê	-Extrativismo Vegetal e Mineral; -Pecuária Extensiva.	-Ações erosivas em áreas degradadas; -Salinização dos solos; - Recursos hídricos superficiais poluídos; -Solos pobres e de fácil remoção pela degradação da cobertura vegetal.	-Recuperação ambiental; -Mineração para a construção civil; -Silvicultura.	-Baixos índices pluviométricos; -Potencial limitado de águas superficiais e subterrâneas; - -Desmatamentos indiscriminados da vegetação e degradação dos solos; - -Afloramentos rochosos; -Solos salinizados;
	Sertões do Médio Acaraú	-Extrativismo Vegetal e Mineral; -Pecuária Extensiva.	-Ações erosivas em áreas degradadas; -Solos pobres e de fácil remoção pela degradação da cobertura vegetal.	-Maior disponibilidade de recursos hídricos superficiais; -Mineração para a construção civil;	-Alta suscetibilidade à erosão; -Solos rasos; - -Afloramentos rochosos; -Baixos índices pluviométricos;

Fonte: Produtos obtidos através da interrelação dos dados das viagens de campo e pela interpretação da imagem do satélite LANDSAT 7 ETM+ de 16/08/2001. Adaptado de Souza (2005).

Como pôde ser observado, na região do Médio e Baixo Acaraú, os recursos hídricos apresentam vetores de tensão ambiental bem acentuados. Os projetos de desenvolvimento territorial e o uso das técnicas produtivas no campo e nas cidades não contemplam o uso sustentado dos recursos hídricos superficiais. Os conflitos pelo uso da água são intensos. A capacidade de suporte dos ambientes no Baixo Curso, em detrimento das demandas é muito baixa. Acredita-se que com a implantação do comitê de Bacias do Rio Acaraú, em fevereiro de 2005, as políticas para a gestão desses recursos hídricos possam ser contemplados com a esperada eficiência. A gestão de bacias, principalmente, as do semi-árido é um processo que depende prioritariamente das mudanças culturais e sócio-econômicas das comunidades envolvidas.

## **5. CONTEXTO HIDROCLIMÁTICO E HIDROLÓGICO DO MÉDIO E BAIXO ACARAÚ**

---

De acordo com a configuração geoambiental realizada, procurou-se descrever e analisar os aspectos do clima, da rede de drenagem natural e artificial da respectiva bacia, com o relato da sua respectiva hidrografia e dos sistemas de açudagem e/ou barramentos, existentes.

### **5.1. Características Hidroclimáticas**

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema atmosférico atuante na porção norte da Região Nordeste do Brasil, onde ocorre a convergência dos ventos alísios provenientes dos hemisférios, no final do período do verão e ao longo do outono no hemisfério sul. As frentes frias que migram do sul do continente geram instabilidade, dependendo do seu deslocamento, de uma forma mais restrita na bacia hidrográfica do Rio Acaraú. Estes exercem certa influência no período chuvoso, onde os efeitos das brisas marítimas têm atuação expressiva no litoral.

As inter-relações do sistema atmosférico e dos fatores geográficos característicos dessa bacia, tais como: localização (latitude e longitude), níveis altimétricos e os padrões vegetacionais, evidenciam as condições climáticas a nível regional e também local.

A bacia hidrográfica do Rio Acaraú apresenta uma acentuada irregularidade na distribuição das chuvas. Essa irregularidade é função das características da circulação atmosférica e oceânica, podendo-se acrescentar as condições geográficas locais. Contudo, apresenta a maior pluviosidade no centro-oeste e noroeste da região, por influência das Serras da Ibiapaba e da Meruoca, como também na faixa costeira. A pluviosidade é menor no sul da bacia, onde o Rio Acaraú tem as suas nascentes e perfaz um curso de 315 km até a foz.

Na área de estudo, a bacia hidrográfica drena parcialmente 10 municípios (Sobral, Massapê, Meruoca, Santana do Acaraú, Alcântaras, Morrinhos, Marco, Bela Cruz, Cruz e Acaraú). Os índices pluviométricos são variados com médias anuais em torno de 1547,22 mm no município de Meruoca (região serrana) e Acaraú com 1133,62 mm (litoral). E verificada uma redução significativa nas áreas dos sertões com índices que caracterizam as regiões semi-áridas (Tabela 18).

Na bacia do Rio Acaraú ocorre a maior amplitude hipsométrica do Estado, com altitudes que variam de 0 m, no litoral (nível do mar), a 1.145 m na Serra das Matas, localizada no sudeste da bacia, sendo máxima altitude registrada para o Ceará. No entanto, a maior parte da área da bacia encontra-se abaixo dos 200 m de altitude, observando-se um evidente aplainamento do terreno.

O clima da região, de acordo com a classificação de Strahler, é do tipo semi-árido, que se caracteriza, predominantemente, pela escassez de chuva. Este tipo de clima é predominante no sertão nordestino e marcado pela existência de dois períodos definidos pela quadra chuvosa: um seco e longo, e outro úmido, curto e irregular. A região é caracterizada por forte insolação, com índices elevados de evaporação, baixa umidade relativa do ar e temperaturas médias elevadas, durante pelo menos 10 meses do ano, em torno de 27°C, com extremos, como no município de Sobral, com uma média mensal de 28,9°C. A média pluviométrica anual da área pesquisada é de 940,2 mm.

As maiores altitudes na bacia, a sudeste, aliadas aos baixos índices pluviométricos, pouco favorecem o aparecimento dos cursos d'água. Ali, os recursos hídricos superficiais são escassos, se reduzindo aos pequenos açudes, e os aquíferos disponíveis, devido à presença de falhas e fraturas, são bastante utilizados para o consumo das comunidades locais.

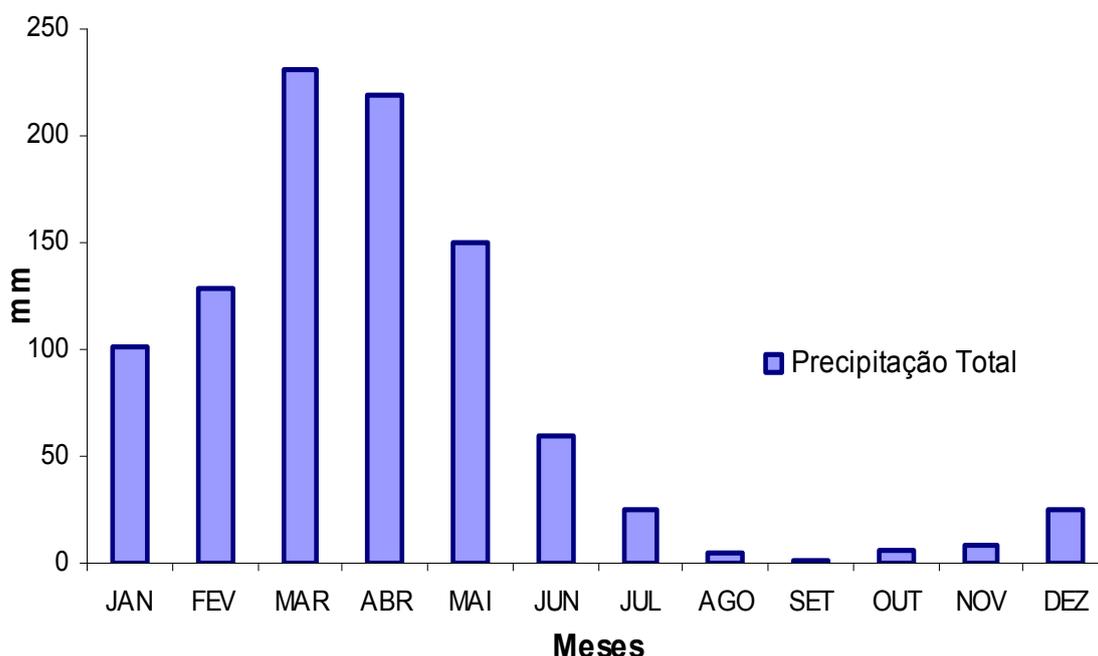
**Tabela 18 – Índices Pluviométricos Históricos dos municípios inseridos no Médio e Baixo curso do Rio Acaraú (1974-2004).**

ANO	ACARAU	CRUZ	BELA CRUZ	MARCO	MORRINHOS	SANTANA DO ACARAU	MASSAPE	ALCANTARAS	MERUOCA	SOBRAL
1974	2362,30	-	-	-	-	1916,80	1561,00	-	-	1443,00
1975	1050,10	-	-	-	-	1001,30	960,80	-	-	951,10
1976	938,10	-	-	-	-	619,40	710,20	-	-	604,50
1977	1112,20	-	-	-	-	824,90	397,80	-	-	844,00
1978	1195,00	-	-	-	-	692,70	774,20	-	-	686,00
1979	440,70	-	-	-	-	356,70	734,30	-	1058,10	617,90
1980	346,90	-	-	604,20	-	526,70	530,90	-	1258,20	573,00
1981	631,00	-	190,40	609,60	-	466,80	793,60	560,00	1242,80	479,00
1982	969,30	-	646,50	673,30	-	682,60	718,00	-	1538,40	736,60
1983	462,90	-	253,80	328,80	-	322,60	247,70	270,00	619,80	364,00
1984	1295,40	-	1272,90	1333,60	849,50	1024,20	1092,90	514,40	2046,00	1291,80
1985	2886,20	-	1683,50	2090,00	1748,60	1784,30	1479,00	-	2899,00	1815,10
1986	1861,20	-	1433,40	1323,00	1206,30	1356,90	1845,20	-	2163,00	1567,40
1987	1040,50	-	668,80	626,00	617,30	726,40	834,90	46,00	1047,00	866,80
1988	1700,30	-	1271,70	1330,90	1025,90	1542,70	1871,00	895,60	2233,00	1141,60
1989	1951,30	1164,10	1023,00	976,30	840,30	1333,50	1629,40	513,40	2247,00	1142,60
1990	528,30	594,10	578,00	634,40	538,90	706,00	728,90	477,40	1013,00	715,20
1991	885,90	871,00	766,00	748,60	572,30	789,70	852,60	631,00	1283,00	721,50
1992	836,10	681,00	560,50	696,10	627,00	717,80	795,00	424,00	849,00	576,80
1993	541,00	166,70	342,00	515,60	321,20	273,40	464,00	336,00	677,90	407,60
1994	1526,40	1467,20	996,00	950,80	1216,40	1049,50	1308,50	989,00	2432,30	1231,90
1995	1405,70	1086,80	970,20	953,20	1152,00	954,40	958,20	937,00	2225,50	923,00
1996	1181,70	965,70	1156,50	1091,20	804,20	1264,60	1124,60	974,50	1824,70	891,20
1997	622,10	520,20	596,00	285,00	366,00	591,00	615,60	60,30	887,40	413,00
1998	786,30	692,60	454,50	392,20	510,40	288,00	476,70	311,80	961,80	436,20
1999	974,70	865,00	928,00	1003,50	1001,70	803,40	1024,60	975,10	1588,80	1240,80
2000	1203,30	1075,00	663,00	1034,50	981,60	818,10	1020,90	1055,90	1936,80	1039,40
2001	766,80	612,00	582,00	571,80	578,00	632,60	583,10	882,80	1455,60	871,60
2002	1100,30	807,00	716,00	756,10	796,20	810,50	773,90	745,40	1531,30	892,80
2003	1406,50	1556,00	1298,10	1233,50	1046,80	1066,40	1001,30	953,90	1661,00	1156,00
2004	1309,70	1070,00	963,00	1031,50	916,20	1120,40	904,50	891,70	1593,20	1270,00
<b>MÉDIA</b>	<b>1133,62</b>	<b>874,96</b>	<b>828,30</b>	<b>865,09</b>	<b>840,03</b>	<b>864,80</b>	<b>930,29</b>	<b>627,68</b>	<b>1547,22</b>	<b>888,05</b>

Fonte: FUNCEME, 2005

A sudoeste, onde a pluviosidade aumenta, devido à presença da Serra da Meruoca, ocorrem grandes e médios açudes que estão presentes ao longo ou nas proximidades do Rio Acaraú, a exemplo do Acaraú-Mirim com cerca de 53.000.000 m<sup>3</sup> e do São Vicente com capacidade de 9.840.000 m<sup>3</sup>. O aproveitamento da água subterrânea é intenso e alguns desses açudes perenizam trechos do Rio Acaraú, onde ocorrem importantes projetos de irrigação (públicos e privados), onde na região centro-norte da bacia, tem-se o perímetro irrigado do Baixo Acaraú.

Ao observar os dados pluviométricos da área nota-se que o problema reside no regime pluviométrico. Conforme a Figura 21, pode-se verificar que o período chuvoso ocorre basicamente nos meses de fevereiro a maio, com concentrações mais expressivas nos meses de março e abril ficando o restante do ano com valores muito a baixo do estimado, correspondendo ao período de estiagem.



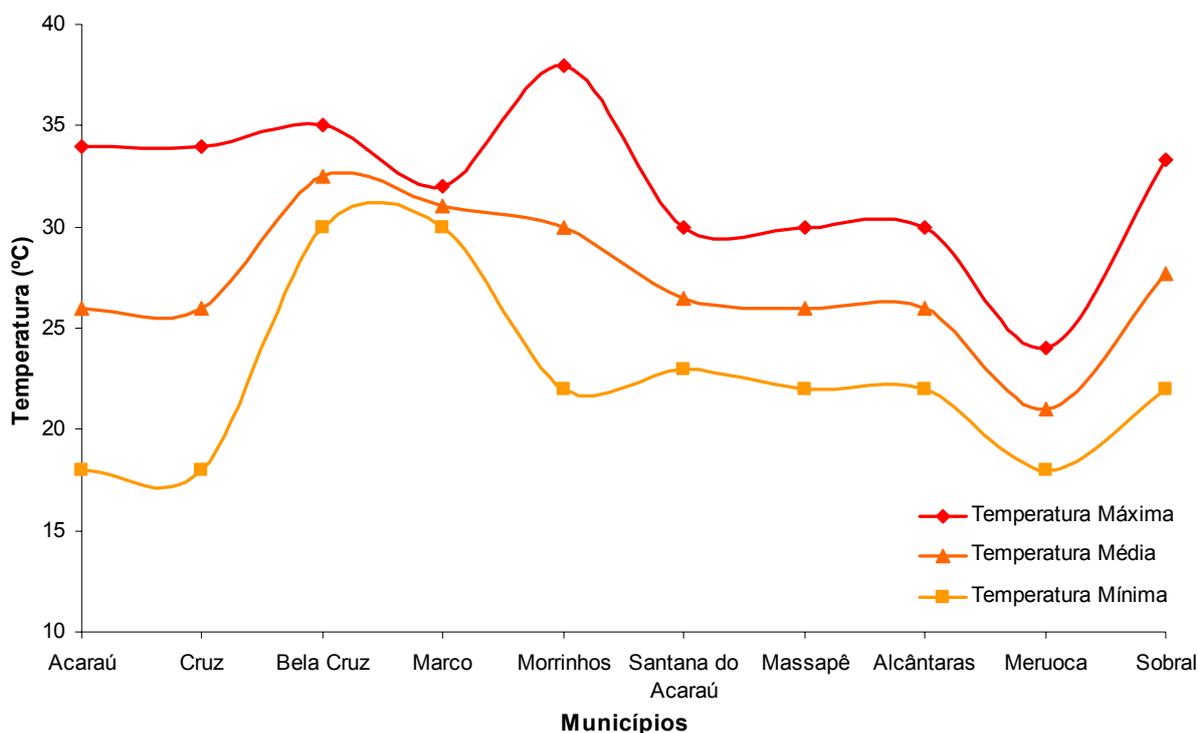
Fonte: FUNCEME, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1961 - 1990).

**Figura 21** – Gráfico de precipitação total na Bacia do Rio Acaraú, baseado nos dados da estação meteorológica de Sobral.

Mesmo em face dos baixos índices pluviométricos registrados, evidencia-se que o principal problema reside não no volume precipitado, mas na

irregularidade das chuvas durante o ano, que afeta fortemente as atividades socioeconômicas e os principalmente os recursos naturais.

A área de estudo se caracteriza por apresentar um regime térmico diversificado nos municípios abrangidos, ao longo do ano. As médias anuais variam de 21°C até 32,5 °C, como pode ser observado na Figura 22.



Fonte: IPECE, 2003.

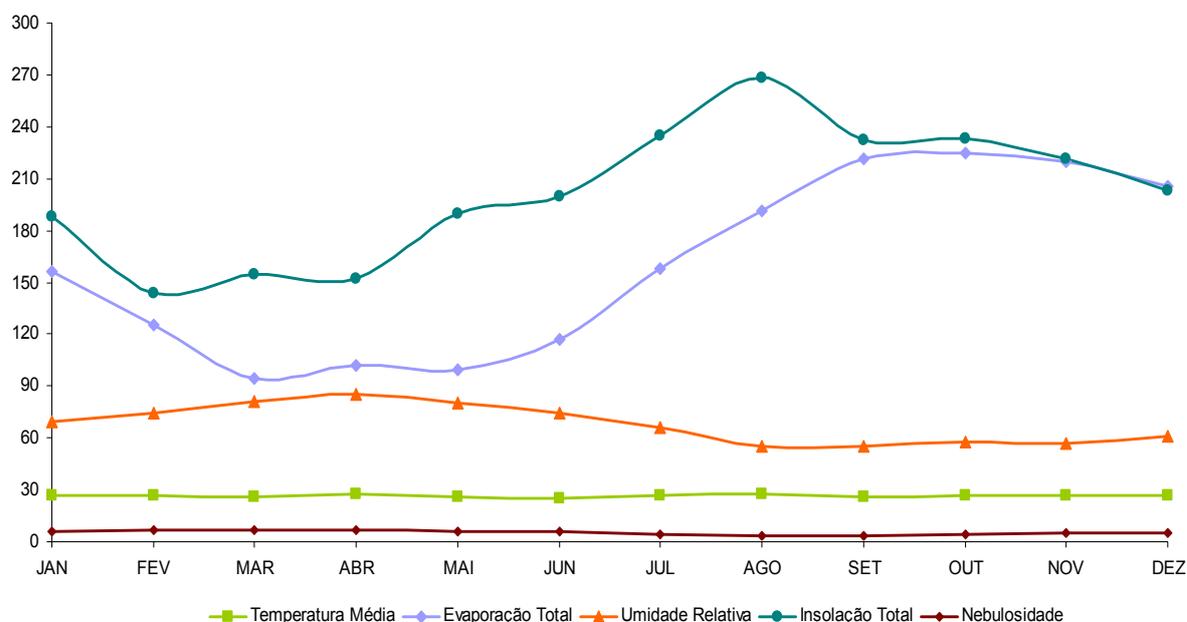
**Figura 22** – Variação das temperaturas mínimas, médias e máximas nos municípios pertencentes à região estudada.

Conforme Nimer (1979), as regiões próximas ao Equador são submetidas a forte radiação solar, uma vez que a intensidade desse fenômeno depende essencialmente do ângulo de incidência dos raios solares. Os índices elevados de temperatura e a distribuição irregular das chuvas são verificados no *déficit* hídrico ao longo do ano, com meses nos quais não há ocorrência de chuvas.

Para a análise dos demais parâmetros climáticos foram utilizados os dados climatológicos correspondentes ao período de 1961 a 1990 para o município de Sobral (INMET, 1992). No que diz respeito à evaporação total, pode-se dizer que ocorre com elevados índices, atingindo o valor de 1914,7 mm no ano. Os valores

mínimos ocorrem no mês de março, com 94,7 mm e máximos em outubro (224,7 mm). Com isso, a insolação total anual chega a atingir 2416,6 horas de sol e com uma média mensal de 201,7 horas.

Nos meses mais chuvosos constataram-se médias menores de insolação na faixa de 143,5 horas. Portanto, a nebulosidade apresentou valores entre 3 e 7. Os valores maiores evidenciaram-se no primeiro semestre do ano, período de maior pluviosidade e os valores menores no segundo semestre, correspondente ao período mais seco. Enfim, os parâmetros relacionados à umidade relativa apresentaram suas máximas no mês de abril, com 85% e mínimas nos meses de agosto e setembro, com aproximadamente 55%. Os referidos dados podem ser observados na Figura 23.



Fonte: FUNCEME, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1961 - 1990).

**Figura 23** – Gráfico relacionado à variação da temperatura média, evaporação total, umidade relativa, insolação total e de nebulosidade da área estudada.

A partir da análise desses dados, pode-se dizer que o armazenamento de água superficial fica comprometido, mesmo nos grandes açudes da região de estudo, no caso o Acaraú-mirim, onde os elevados índices de insolação e evaporação afetam de certa forma as reservas hídricas dos barramentos. Com isso, os parâmetros climáticos relatados acima assumem condições peculiares, configurando-se como características típicas de um ambiente semi-árido, mesmo

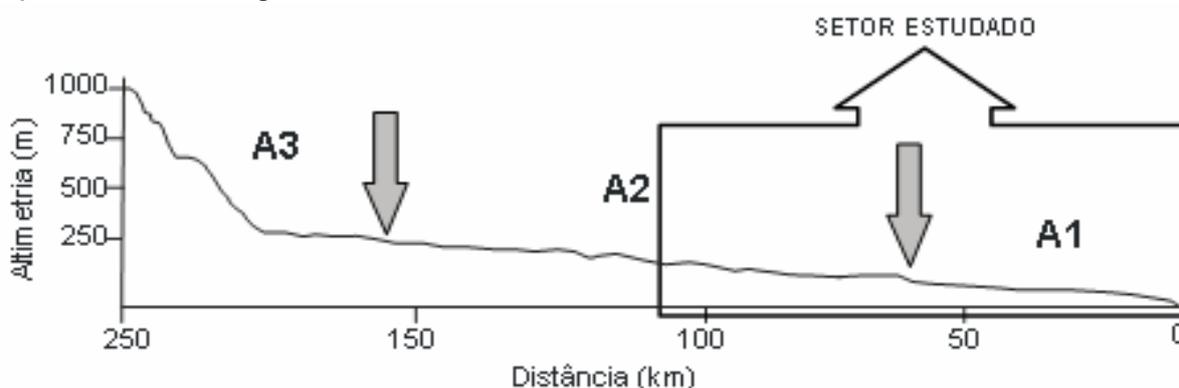
quando acrescentados os anos de secas e os de chuvas excepcionais, como ocorrido no primeiro semestre de 2004.

## 5.2. Características Morfo-Hidrológicas

A bacia hidrográfica por ser considerada um sistema agregado apresenta uma variabilidade de componentes naturais bastante diversificadas com a ocorrência de relações entre eles. Portanto, para um maior detalhamento dos processos ocorridos dentro da área de estudo na bacia hidrográfica do Rio Acaraú, tornou-se necessária a elaboração da subdivisão da mesma.

De acordo com Beltrame (1994), é comum a utilização dos termos sub-bacia, microbacia e setor, na referência às subdivisões de uma bacia hidrográfica. Entretanto, a definição desses termos é bastante subjetiva e leva em consideração critérios não só bibliográficos, como também de área, altitude, divisão político-territorial, onde cada setor está conectado por ligações que representam os cursos d'água. Portanto, para a referida pesquisa, as subdivisões da bacia hidrográfica foram denominadas de setores do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú.

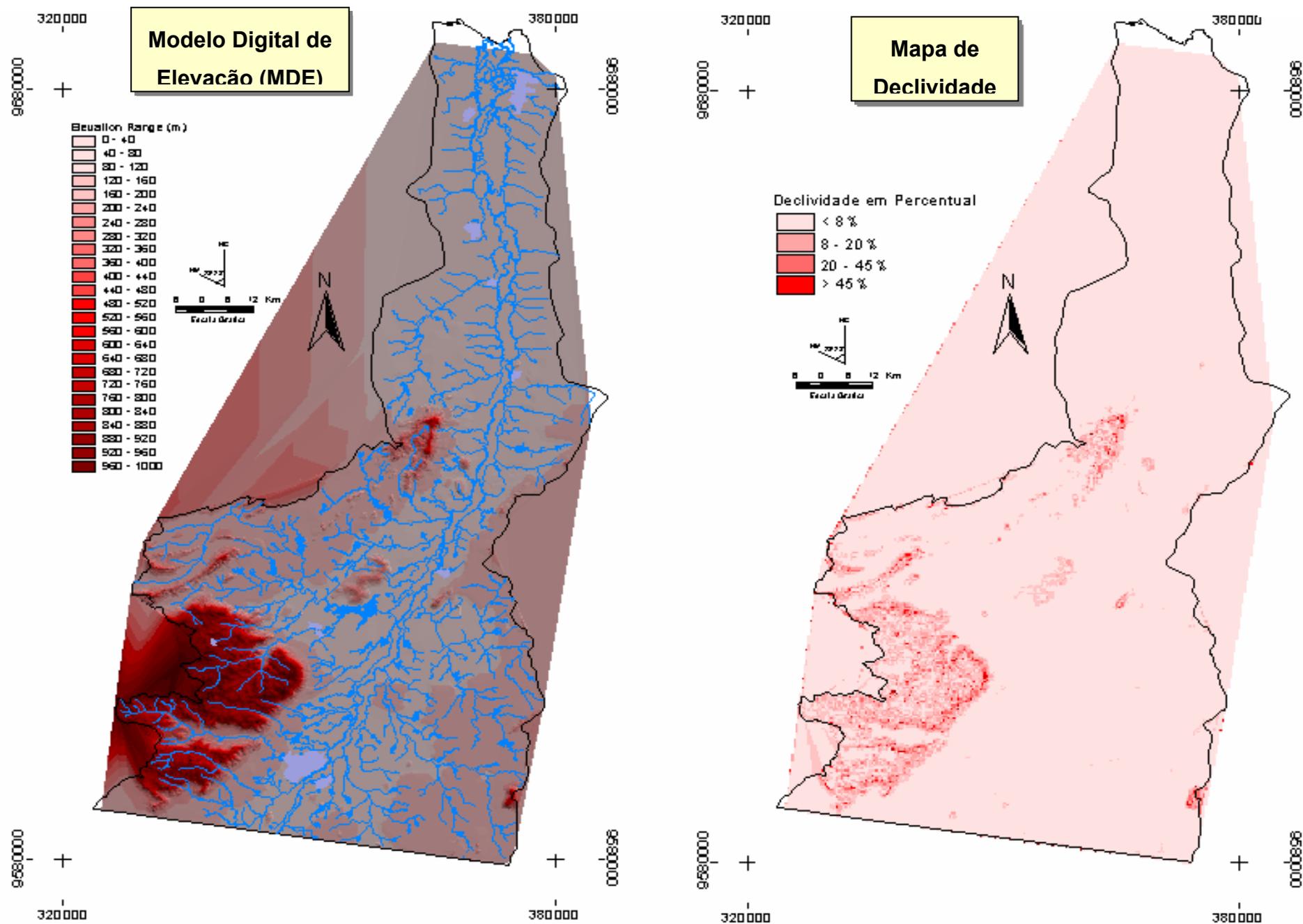
A divisão do trecho estudado em dois setores foi possível de acordo com o perfil longitudinal de toda a bacia (Figura 24), do MDE e da declividade da área (Figura 25), através das curvas de nível na escala de 1:500.000, apresentando-se com equidistância de 40 metros, com curvas mestras de 200 metros. Nesta etapa também foram identificadas e digitalizadas as redes de drenagem e identificado o padrão de drenagem.



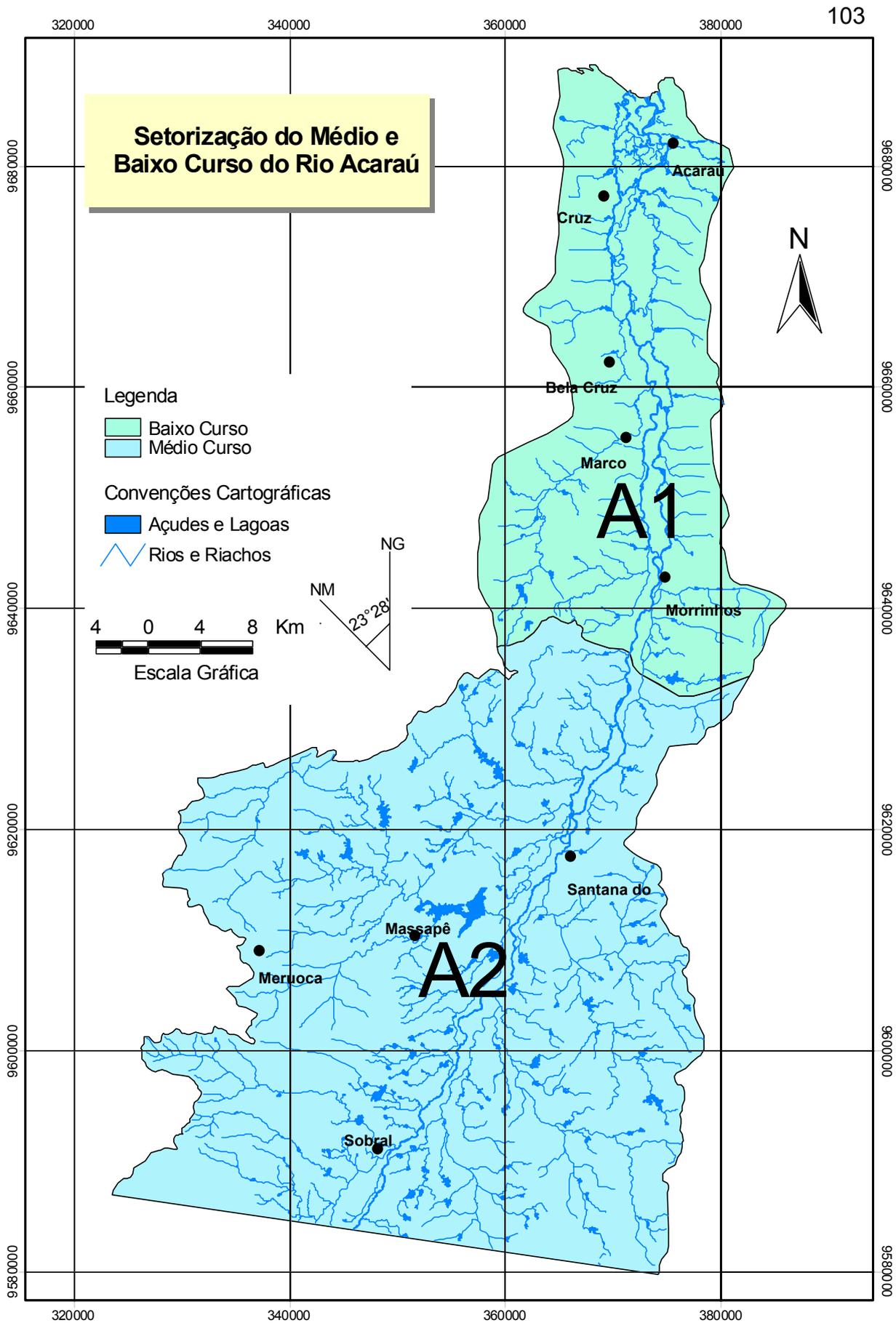
**Figura 24** – Perfil Longitudinal do Rio Acaraú, das nascentes até a foz.

A modelagem do terreno foi possível através do software ARCVIEW 8.3, com a importação das curvas cotadas, no formato *shapefile*, para a elaboração da grade TIN, a qual disponibilizou a escala de elevação do relevo, onde a partir deste resultado possibilitou-se a confecção do mapa de declividade, os quais tornaram-se imprescindíveis para a setorização da bacia.

Devido a grande extensão territorial da área de estudo, no contexto hidrológico foram abordados apenas dois setores, parte do Médio e todo Baixo curso, os quais denominamos de A2 e A1 (Figura 26).



**Figura 25** – Modelo Digital de Elevação e o Mapa de Declividade da área estudada.



**Figura 26** – Setorização do trecho estudado em sub-bacias, a (A2) corresponde à parte do Médio curso e a (A1) o Baixo curso do Rio Acaraú.

O setor A2 corresponde à parte central da bacia, onde predominam os terrenos entre 120 e 420 metros de altitude e declividades acima de 20 a 25% nas regiões serranas. A linha divisória entre o setor A2 e A1 corta o Rio Acaraú na cota de 100 metros. Localizam-se neste setor os municípios de Santana do Acaraú, Massapé, Meruoca, Alcântaras e Sobral. A área de parte do setor A2 é de cerca 2.176,75 km<sup>2</sup> e com 55,67 km de extensão.

O setor A1 corresponde às áreas mais baixas e planas da bacia. Predominam os terrenos de até 200 metros de altitude, onde se concentram as áreas mais planas da bacia, com até 8% de declive. Neste setor localizam-se os municípios de Acaraú, Cruz, Bela Cruz, Marco e Morrinhos. A área do setor A1 é de 923,25 km<sup>2</sup> e com 49,63 km de extensão.

Os setores do Médio e Baixo Acaraú englobam áreas do semi-árido e litorâneas, estando inseridos os municípios estudados e abrangendo em torno de 3.100 km<sup>2</sup> de área drenada, correspondendo a 21,5% do total da bacia.

### **5.2.1. Determinação do Parâmetro de Balanço Hídrico (BH) para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú**

A partir da análise conjugada dos dados de precipitação e de evaporação total foi possível calcular e avaliar o balanço hídrico da área de estudo a partir dos dados das estações de Sobral e Acaraú para os respectivos setores delimitados (Tabela 19). Este se baseou em estudo desenvolvido por Beltrame (1994) para determinar o regime hídrico da Bacia do Rio Cedro, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo, o qual sofreu adaptações para a área pesquisada.

**Tabela 19** – Valores anuais de excedente e déficit hídrico anual das estações climatológicas de Acaraú e Sobral, para os respectivos setores.

SETOR	Estação de Influência	Excedente (mm/ano)	Déficit (mm/ano)
A1	Acaraú	369,26	926,7
A2	Sobral	154,68	850,8

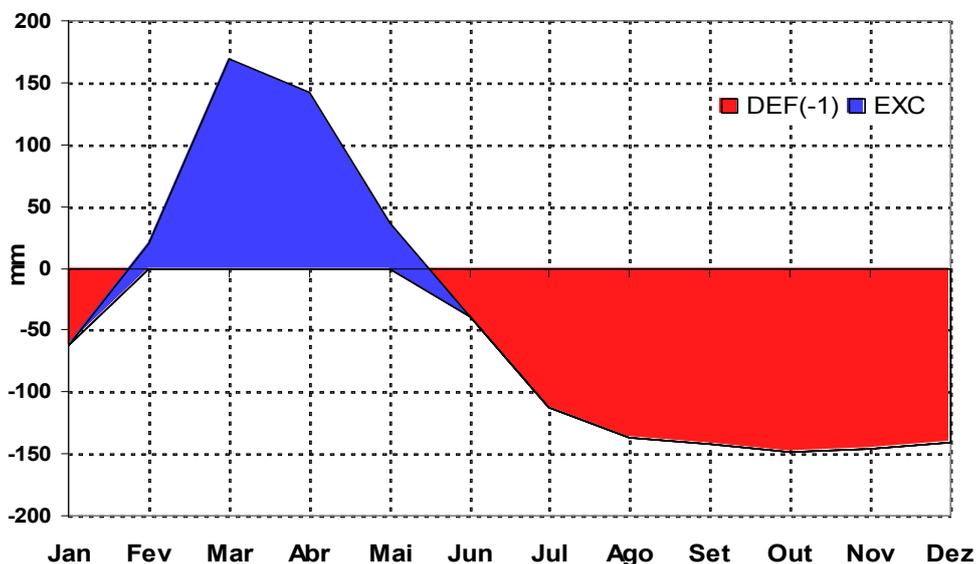
Fonte: Elaborado a partir dos dados das estações climatológicas.

Com base nos dados obtidos na Tabela 19 e na classificação qualitativa proposta para a área (Tabela 14), definiram-se os índices para o parâmetro BH, conforme apresenta a Tabela 20, e os gráficos na Figura 27 e 28, para ambos os setores delimitados.

**Tabela 20** – Classificação do BH para os setores A1 e A2.

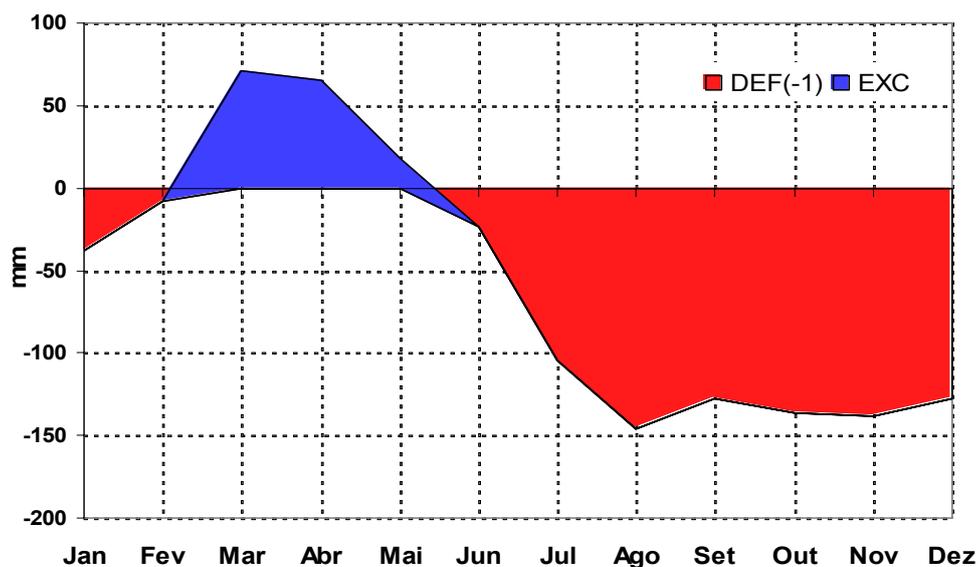
SETOR	Estação de Influência	Qualificação do BH	SÍMBOLO
A1	Acaraú	Muito Baixo	BH <sub>4</sub>
A2	Sobral	Muito Baixo	BH <sub>4</sub>

Fonte: Valores determinados de acordo com a classificação proposta.



Fonte: FUNCEME, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1976 - 1988).

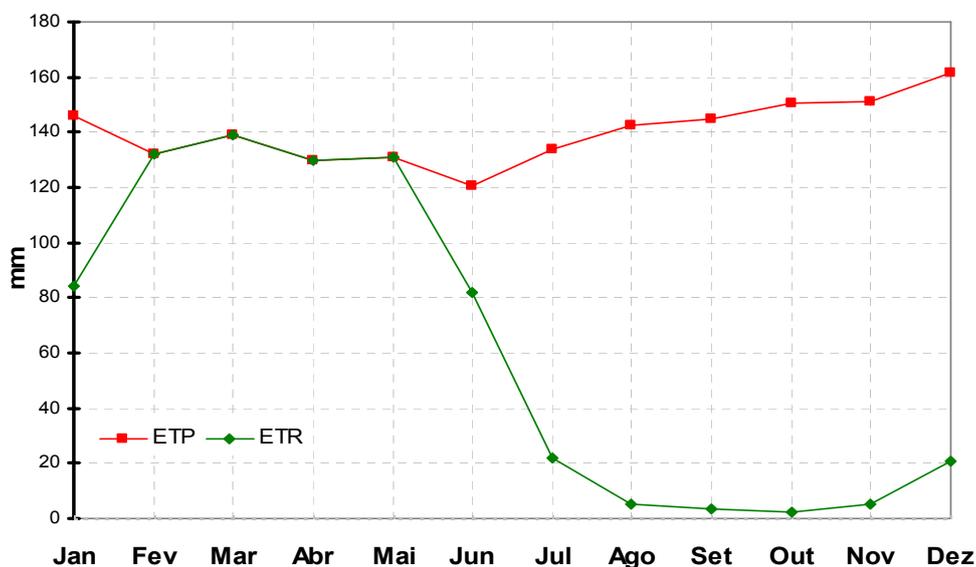
**Figura 27** – Gráfico referente ao Balanço Hídrico Mensal para o município de Acaraú, setor A1 (Baixo curso).



Fonte: FUNCEME, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1961 - 1990).

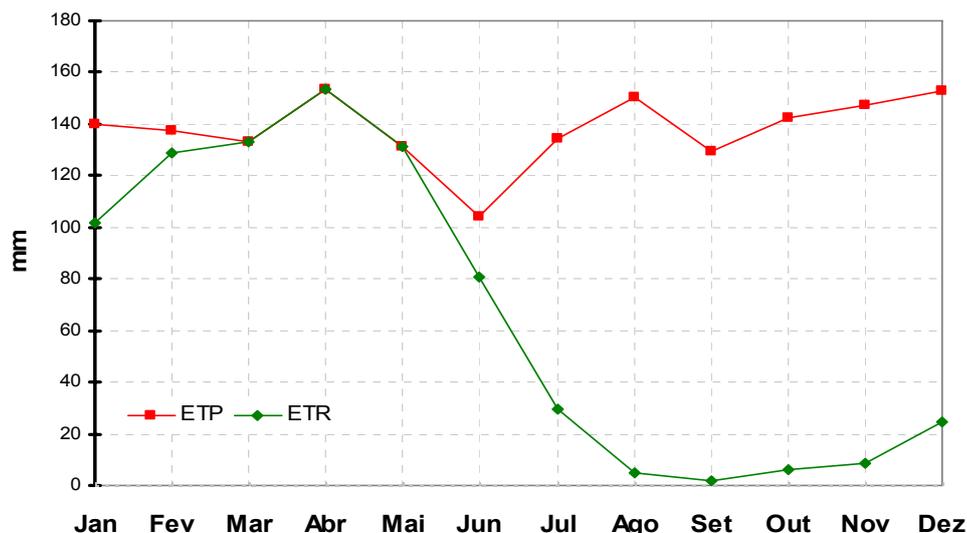
**Figura 28** – Gráfico referente ao Balanço Hídrico Mensal para o município de Acaraú, setor A2 (Médio curso).

Com isso, permitiu-se definir a medida da evapotranspiração real e o total de água retida do solo em cada período e para cada setor, como apresenta a Figura 29 e 30.



Fonte: FUNCEME, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1961 - 1990).

**Figura 29** – Gráfico relacionado a Evapotranspiração Real e Total Mensal para o município de Sobral, setor A1 (Baixo curso).



Fonte: FUNCEME, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1961 - 1990).

**Figura 30** – Gráfico relacionado Evapotranspiração Real e Total Mensal para o município de Sobral, setor A2 (Médio curso).

Percebe-se que a área apresenta durante muitos meses do ano situações de déficit hídrico, em ambos os setores, visto que a causa dos índices de evaporação apresentarem-se elevados é devido à ocorrência de taxas de insolação altíssimas, durante o ano, que na maioria das vezes supera as de precipitação.

### 5.2.2. Geomorfologia Fluvial e Caracterização Morfométrica da Bacia

A respectiva caracterização gerou informações associadas ao relevo destacando-se os parâmetros topográficos que mais influenciam o fluxo de água e de sedimentos no sistema de uma bacia hidrográfica, bem como os que definem a estrutura da rede de drenagem de seus afluentes. Os estudos relacionados à rede de drenagem de uma bacia hidrográfica sempre foram muito importantes para Geomorfologia, pois os cursos d'água constituem um dos processos mais ativos na formação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1980). Portanto, a Geomorfologia tem muito a contribuir na forma de como se comportam os recursos hídricos numa bacia,

beneficiando assim, os conhecimentos hidrológicos e a análise da bacia de drenagem estudada.

A morfometria das bacias de drenagem fornece indicadores para compreensão das cheias e a avaliação dos recursos hídricos. Uma vez que tornam mais fáceis o entendimento da ação dos processos hidrológicos e geomorfológicos, para assim conduzirem, as formas de intervenção humana naquele sistema.

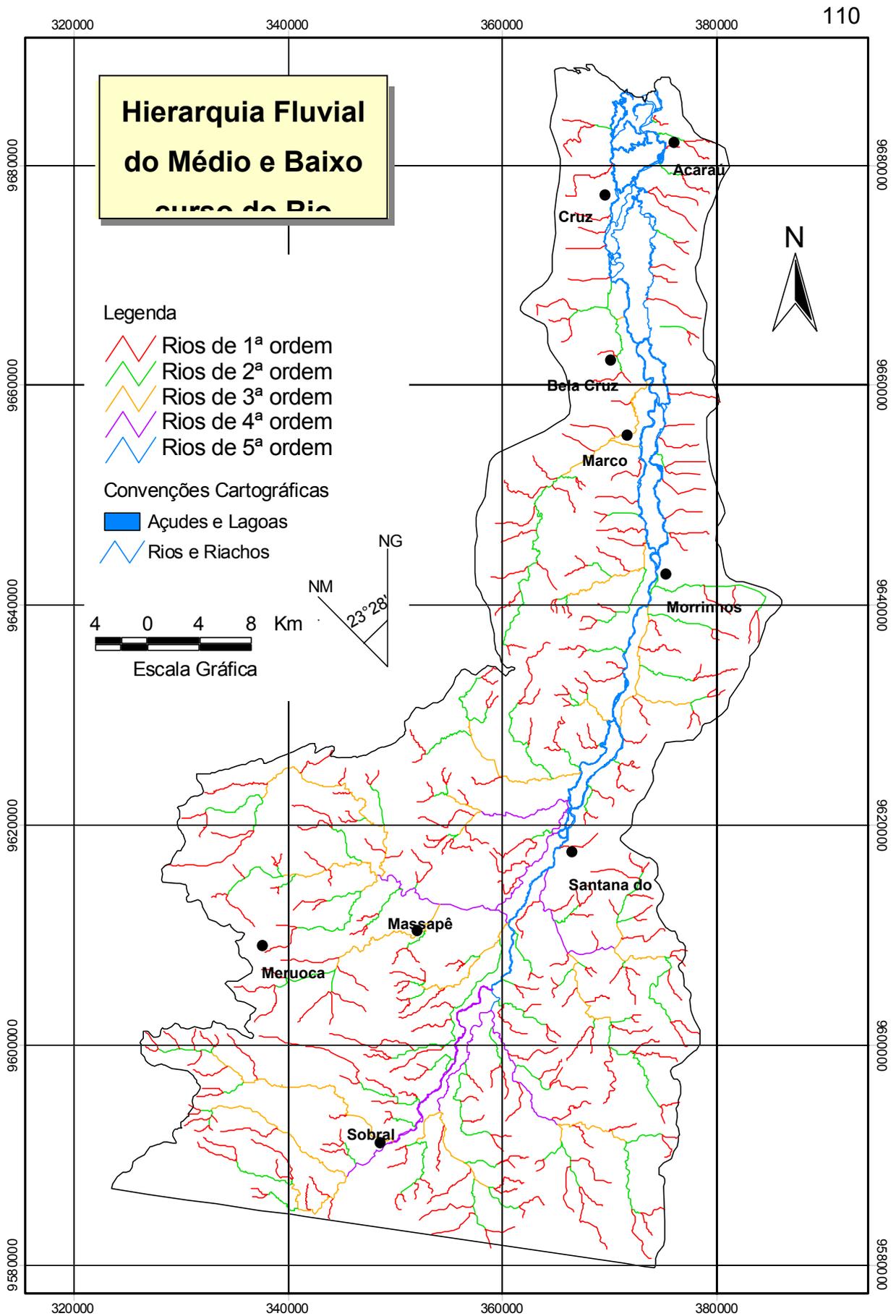
A análise morfométrica acaba por caracterizar quantitativamente uma bacia hidrográfica através de variáveis numéricas que podem ser obtidas diretamente da digitalização de dados topográficos. Atualmente, o processo de extração destas variáveis pode ser efetuado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), ou seja, matrizes de valores altimétricos georeferenciados e obtidos a partir da digitalização e interpolação de dados altimétricos (sob a forma de pontos e isolinhas), usufruindo, assim, das ferramentas disponíveis nos sistemas de informação geográfica (SIG's).

Segundo Christofletti (1980), a análise morfométrica de bacias hidrográficas pode ser dividida em 4 etapas. A primeira trata da ordenação ou hierarquização da rede de drenagem. A segunda forma seria a análise linear da rede de drenagem, compreendendo as medições efetuadas ao longo das linhas de escoamento. A análise areal da bacia hidrográfica é a terceira fase, a qual engloba vários índices que utilizam medições planimétricas, além das lineares. E, por fim, a análise hipsométrica que compreende a análise da distribuição altimétrica da bacia.

Toda a análise morfométrica inicia-se pela hierarquização dos canais fluviais. Cada linha de drenagem pode ser categorizada de acordo com sua ordem dentro da bacia e esta ordenação pode ser utilizada para descrever e dividir a rede de drenagem em partes que podem ser quantificadas e analisadas. Por definição, os segmentos de drenagem que não possuem nenhum tributário são designados como de 1ª ordem. No entanto, a ordem dos

demais segmentos de drenagem depende do método utilizado, onde o mais utilizado é o de Strahler (1952 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980), onde os segmentos de 2ª ordem são formados pela junção de 2 segmentos de 1ª ordem, os de 3ª ordem pela junção de 2 segmentos de 2ª ordem e assim sucessivamente.

Na área de estudo, de acordo com a metodologia proposta, foram calculados índices, relações e valores utilizados na interpretação, ou seja, a análise inicia-se pela ordenação dos canais fluviais, com a finalidade de estabelecer a hierarquização dos mesmos, onde se obteve que os rios de primeira ordem possuem 916,5 km, os de segunda 383,2 km, os de terceira 238,8 km, os de quarta 135,2 km e os de quinta 91,5 km de extensão (Figura 31).



**FIGURA 31** – Hierarquização da rede de drenagem do trecho estudado na bacia hidrográfica do rio Acaraú.

### 5.2.2.1. Análise Linear

O Médio e Baixo curso do Rio Acaraú possuem cerca de 330 segmentos de primeira ordem, 102 de segunda, 30 de terceira, 9 de quarta e 2 de quinta. Sendo que os de primeira ordem tem comprimento médio da ordem de 2,78 km, os de segunda 3,79 km, os de terceira 8,23 km, os de quarta 15,02 km e os de quinta 45,74 km. Como pode ser visto na Tabela 21.

**Tabela 21** - Análise linear da rede hidrográfica da bacia do Rio Acaraú, no trecho estudado.

Ordem	Nº de Segmentos	Comp. Médio (km)	Comp. Médio dos Canais – Lm (compr. total dos canais/Nº de canais) (km)	Relação de Bifurcação (Rb)	RL <sub>m</sub>	R <sub>lb</sub>
1 <sup>a</sup>	330	916,5	2,78	-	-	-
2 <sup>a</sup>	102	383,2	3,79	3,26	1,36	0,42
3 <sup>a</sup>	30	238,8	8,23	3,48	2,17	0,62
4 <sup>a</sup>	9	135,2	15,02	3,22	1,82	0,56
5 <sup>a</sup>	2	91,5	45,74	4,5	3,04	0,67
<b>Total</b>	<b>473</b>	<b>1765,2</b>	-	-	-	-

Fonte: elaborado através da hierarquização dos cursos d'água.

### 5.2.2.2. Análise Areal

Nesta etapa dimensionou-se a bacia espacialmente, tanto em áreas quanto em comprimento. Nos estudos de planejamento a área da bacia é um dado fundamental para definir sua potencialidade hídrica.

O trecho estudado da bacia hidrográfica do Rio Acaraú possui 3100 km<sup>2</sup> de área total (A), o comprimento da bacia (L) é de 105,3 km, com o rio principal medindo 91,5 km no setor, sendo a sua forma aproximadamente retangular com índice de circularidade (Ic) de 0,28, com densidade dos rios (Dr) de 0,15 rios/km<sup>2</sup>, densidade de drenagem total (DDt), para efeito de cálculo, é da ordem de 0,57 km/km<sup>2</sup> e com coeficiente de manutenção (Cm) da ordem de

1754,4 km/km<sup>2</sup>, o resultado obtido diz a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento (Tabela 22).

**Tabela 22** - Análise areal da rede hidrográfica da bacia do Rio Acaraú.

A (km <sup>2</sup> )	L rio (km)	L bacia (km)	Ic	Dr (rios/km <sup>2</sup> )	DDt (km/km <sup>2</sup> )	Cm (km/km <sup>2</sup> )
3.100	91,5	105,3	0,28	0,15	0,57	1754,4

Fonte: elaborado através da hierarquização dos cursos d'água.

Horton (1945 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980) formulou as leis da composição da drenagem formulando séries geométricas em relação ao número de canais de redes hidrográficas, bem como os comprimentos médios desses canais. A lei do número dos canais significa que numa determinada bacia hidrográfica a soma do número de canais de cada ordem forma uma série geométrica inversa, cujo primeiro termo é a unidade da primeira ordem e a razão é a relação de bifurcação (Rb). Strahler (1952 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980) destaca que os valores característicos da relação de bifurcação ocorrem entre 3,0 e 5,0. Os respectivos valores encontrados na bacia ficaram entre 3,26 e 4,5.

A partir da soma do comprimento total dos cursos d'água (Lm) chegamos ao resultado de 1765,2 km de canais de escoamento superficial na bacia do Rio Acaraú. No que se refere ao cálculo da densidade de drenagem total da bacia (DDt), este reflete a propriedade de transmissibilidade do terreno e conseqüentemente a suscetibilidade deste a erosão, Horton (1945 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980). Uma área com um índice elevado de densidade de drenagem é resultante da baixa transmissibilidade do terreno e, portanto mais sujeita a erosão.

Para o valor encontrado de 0,57 km/km<sup>2</sup>, o índice pode ser qualificado como mediano de acordo com a classificação proposta por Beltrame (1994), ver Tabela 03. Com isso, apresenta um nível de escoamento considerável, ou seja, o terreno não apresenta um bom grau de infiltração.

Para maior detalhamento, foram feitas medições e por média aritmética, obtiveram-se os índices de densidade de drenagem (DD) para os setores A1 e A2, dado pela fórmula já apresentada, ver Tabela 23.

**Tabela 23** – Valores da densidade de drenagem dos setores A1 e A2, com a respectiva qualificação de acordo com Beltrame (1994).

Setor	Lt (km)	Área (km <sup>2</sup> )	DD (km/km <sup>2</sup> )	Qualificação	Símbolo
A1	517,87	923,25	0,56	Mediana	DD <sub>2</sub>
A2	1251,43	2176,75	0,58	Mediana	DD <sub>2</sub>

Fonte: elaborado através da hierarquização dos cursos d'água.

De acordo com Christofolletti (1980), à medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem. Ao analisarmos a densidade de drenagem (DD) conheceu-se o potencial da bacia e de seus setores em permitir um maior escoamento superficial da água, o que conseqüentemente conduzirá a uma maior intensidade dos processos erosivos na esculturação de canais.

Em função da densidade hidrográfica, da rugosidade e da grandeza da bacia, surgem as respostas do comportamento hidrológico nos canais, assinalando a magnitude e freqüência dos fluxos (CHRISTOFOLETTI, 1995).

O índice de densidade dos rios (Dr) tende a refletir as mesmas propriedades que o antecedente, porém oferece uma idéia mais clara sobre os processos de controle no desenvolvimento da rede hidrográfica, queiram naturais, ou artificiais. Em redes de canais naturais, sem controle estrutural, este índice é sempre superior ao de densidade de drenagem. Na área estudada este índice foi de 0,15 rios/km<sup>2</sup>. Quando o valor de (DD) é superior ao de (Dr), denota um acentuado controle estrutural, alongando os comprimentos dos canais, o que reflete num menor número de canais, porém com comprimentos mais elevados.

O índice de circularidade ( $I_c$ ) o qual vai determinar a forma da bacia. Para a bacia estudada o valor encontrado foi o de 0,28, sendo caracterizada como uma bacia de forma retangular, sendo assim mais estreita e alongada, possibilitando um maior escoamento superficial, mas não muito sujeita a enchentes. Miller (1953 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980) menciona que o índice de circularidade representa a relação existente entre o perímetro da bacia e a área que possui. Ainda segundo o autor, o valor máximo a ser obtido é igual a 1,0 vai corresponder a uma bacia circular e quanto mais se afastar da unidade mais diferente da forma circular estará a bacia.

O comprimento do rio principal é de 91,5 km, no trecho, e sua amplitude altimétrica entre a altitude da foz e a do ponto mais alto do seu curso é de 250 metros (mínima de 0 e máxima de 250 m), como pôde ser visto no MDE da área, ver (Figura 25).

É uma bacia exorréica, pois o escoamento de suas águas se faz de modo contínuo até o oceano. A análise da rede de drenagem baseou-se fundamentalmente na busca das relações da influência tectônica no padrão dos rios, consistindo na identificação dos padrões de drenagem. Portanto, os predominantes são os do tipo dendrítica, chegando a apresentar padrões paralelos no seu médio curso e anastomosado no baixo. De acordo com a classificação de Cunha (2001), o primeiro tipo de drenagem é assim designado por se assemelhar a uma árvore e este tipo desenvolve-se em rochas de resistência uniforme ou em rochas estratificadas horizontais. Na paralela, os rios são pouco ramificados e são originados pelos controles estruturais. O anastomosado é caracterizado pelas planícies de inundação, constituindo-se de canais que se bifurcam e se confluem de maneira aleatória.

A bacia do Rio Acaraú vem sofrendo com o grande adensamento populacional, com a conseqüente ocupação das áreas mais baixas, onde estão localizadas as áreas de manguezais e as de várzea. A impermeabilização do solo, trazida pela expansão urbana, faz com que as cheias urbanas se agravem. A questão das cheias nada mais é do que a ocupação irregular do

espaço. O rio, no período de chuvoso, dispõe de mais água e necessita para tanto, de espaço para transportá-la, e se a cidade ocupa esse espaço, o rio o utilizará naturalmente e invadirá as áreas urbanizadas causando sérios problemas às populações locais.

### **5.2.3. Disponibilidade Hídrica**

#### **5.2.3.1. Águas Superficiais**

Como foi observado no item anterior, na bacia do Rio Acaraú, a rede de drenagem apresenta-se de acordo com a função exercida pelos fatores do escoamento superficial e das relações existentes entre eles. Os rios pertencentes a esta bacia apresentam a forma de escoamento intermitente sazonal, por tratar-se de uma região em que o regime pluviométrico anual é marcado por períodos secos e úmidos, onde os rios tendem a refleti-lo.

No que diz respeito aos volumes hídricos superficiais acumulados na Bacia do Acaraú, nota-se que estão concentrados em grandes reservatórios, destacando-se o Açude Araras, em Varjota, com 670.600.384 m<sup>3</sup>, o que equivale a 75,3% de sua capacidade. A capacidade total deste reservatório é de 891.000.000 m<sup>3</sup>, tratando-se do maior reservatório da região.

Evidenciam-se, também, o Açude Edson Queiroz, de 254.000.000 m<sup>3</sup>, em Santa Quitéria, com 78,2%; e o Jaibaras, de 104.430.000 m<sup>3</sup>, em Sobral, com 74,3%. Destacam-se, ainda, os açudes Acaraú-Mirim, de 52.000.000 m<sup>3</sup>, em Massapê, com 76,7%; e o Forquilha, de 50.130.000 m<sup>3</sup>, em Forquilha, com 61,8%. Como pode ser observado, o setor da bacia estudado apresenta um bom potencial de armazenagem de água. A vazão regularizada destes barramentos contribui para perenização do vale ao longo do ano (Tabela 24).

**Tabela 24** – Características dos principais açudes da bacia do Rio Acaraú.

<b>Açude</b>	<b>Município</b>	<b>Capacidade (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume (%)</b>	<b>Vazão (L/s)</b>
ACARAÚ MIRIM	Massapê	52.000.000	114,80	50.680.000	97,4%	100
ARARAS	Varjota	891.000.000	150,55	675.680.000	75,8%	3200
ARREBITA	Forquilha	19.600.000	108,43	8.170.000	41,6%	0
AYRES DE SOUZA	Sobral	104.430.000	93,10	83.260.000	79,7%	470
BONITO	Ipú	6.000.000	103,29	4.230.000	70,5%	0
CARMINA	Catunda	13.628.000	278,44	9.590.000	70,3%	0
CARÃO	Tamboril	26.230.000	93,91	16.410.000	62,5%	0
EDSON QUEIROZ	Santa Quitéria	254.000.000	198,57	194.190.000	76,4%	439
FARIAS DE SOUSA	Nova Russas	12.230.000	93,94	5.100.000	41,7%	0
FORQUILHA	Forquilha	50.130.000	109,04	25.800.000	51,4%	150
SOBRAL	Sobral	4.675.000	97,65	3.670.000	78,5%	0
SÃO VICENTE	Santana do Acaraú	9.840.000	100,44	7.530.000	76,5%	0
<b>12 açudes</b>	<b>-</b>	<b>1.443.763.000</b>	<b>-</b>	<b>1.084.310.000</b>	<b>75,1%</b>	<b>4.359</b>

Fonte: COGERH – (Última Atualização: 28/7/2005)\*.

\*Obs: as informações pertinentes às características hidrográficas dos açudes pertencentes à referida bacia foram obtidos no site da COGERH. ([www.cogerh.com.br/monit/boletim/boletim.asp?cod\\_bacia=6](http://www.cogerh.com.br/monit/boletim/boletim.asp?cod_bacia=6))

A demanda de água para consumo humano é crescente na região. A este contexto insere-se a demanda das indústrias que estão se instalando, os crescentes plantios de irrigação e da carcinicultura em expansão, sendo necessária a implantação de instrumentos de gestão da água de forma integrada e com a participação da sociedade. O papel dos comitês de bacias hidrográficas é notório, pois são conhecidos como o “*parlamento das águas*”, através dos planos de bacias.

O resultado da implementação destes reservatórios na região de estudo pode ser verificado no avanço da maré salina sobre terrenos agricultáveis dos aluviões de Cruz e Acaraú.

### 5.2.3.2. Águas Subterrâneas

No que se refere aos recursos hídricos subterrâneos, segundo a (SRH, 1992), os municípios integrantes da área de estudo, apresentam três tipos de aquíferos: Aluvionar, Sedimentar e Fissural (Tabela 25), onde a ocorrência destes está diretamente ligada à estrutura geológica da área estudada.

**Tabela 25** – Quantidade de Poços Perfurados por Aquíferos no Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú.

Municípios	Poços Perfurados por Aquíferos		
	Aluvionar	Fissural	Sedimentar
Acaraú	-	-	171
Alcântaras	-	31	-
Bela Cruz	-	-	34
Cruz	-	-	53
Marco	-	-	39
Massapé	-	96	-
Meruoca	-	23	-
Morrinhos	17	1	36
Santana do Acaraú	16	44	-
Sobral	4	202	-
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>397</b>	<b>333</b>

Fonte: SRH, 1992.

Os aquíferos aluvionares predominam nas planícies fluviais e são constituídos por sedimentos areno-argilosos recentes que margeiam os principais cursos d'água. São de extrema importância para as regiões semi-áridas, principalmente nas áreas onde o cristalino é predominante. Apresentam espessura rasa e são altamente permeáveis. Os poços abertos em aquíferos aluvionares somam 37 e representam 4,8% dos existentes no trecho em estudo. Esse tipo de aquífero tem pouca ocorrência, tendo registros em Morrinhos, Santana do Acaraú e Sobral.

Os aquíferos sedimentares são formados por sedimentos de granulação variada, por onde a água circula através dos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila. Apresentando, assim, uma porosidade granular. Nos municípios drenados pelo Rio Acaraú, na área de estudo, somam cerca de 333

poços que representam 43,4% do total existente. Ocorrem em metade dos municípios, que são: Marco, Morrinhos, Cruz, Bela Cruz e Acaraú. Pode-se observar que há uma maior ocorrência nos municípios litorâneos compreendidos na Formação Barreiras no Baixo curso do respectivo rio.

Os aquíferos fissurais são formados por rochas cristalinas, onde a circulação da água se faz nas fissuras e fraturas abertas devido ao movimento tectônico. Esse aquífero apresenta a maior quantidade de poços cerca de 397, os quais correspondem a 51,8% do total existente na área, isso ocorre devido à presença de solos cristalinos, com porosidade fissural, capaz de armazenar e transmitir quantidades significativas de água.

## **6. CONDIÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO E SUAS IMPLICAÇÕES NO NÍVEL DE DEGRADAÇÃO DA BACIA**

---

A setorização proposta para o trecho pesquisado, serviu de suporte para a obtenção dos dados relativos aos os parâmetros de degradação natural (cobertura vegetal atual, declividade média, erosividade da chuva, potencial erosivo do solo, densidade de drenagem) e suas implicações no processo erosivo, integrados aos fatores de degradação antrópicos implicaram na elaboração do Índice da Qualidade Ambiental Atual (IQAA) para cada setor delimitado da bacia hidrográfica do Rio Acaraú.

### **6.1. Índice de Proteção da Cobertura Vegetal Atual (CVA)**

Para a determinação do grau de proteção que a vegetação proporciona ao solo, estabeleceu-se para a confecção do mapa de uso da terra a interpretação da imagem do satélite LANDSAT 7 ETM+, objetivando a visualização dos tipos distintos de cobertura vegetal existentes e as formas de uso e ocupação mais recentes na bacia.

A imagem foi utilizada na escala de 1:250.000, constituída respectivamente para a área de estudo. Esta foi tratada, pelo *software* SPRING 4.1. (DPI-INPE), através do método de classificação MAXVER (máxima verossimilhança) por região, onde foram extraídas as respectivas formas de uso na bacia. Daí obteve-se a matriz final correspondente à classificação digital que está apresentada na Tabela 26.

**Tabela 26** – Matriz de classificação em relação às amostras extraídas da imagem multiespectral.

CATEGORIAS	AMOSTRAS (%)							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1) Água e reservatórios	<b>100</b>	0	0	0	0	0	0	0
(2) Campo limpo	0	<b>75,61</b>	0,05	0	0,06	0,23	0,08	0,26
(3) Campo sujo	0	0,21	<b>73,33</b>	0,17	0,92	0,05	0,05	0,45
(4) Mata Densa	0	0	0,57	<b>92,01</b>	0,13	0,03	0	0,01
(5) Mata Esparsa	0	2,79	5,40	4,21	<b>83,48</b>	1,12	0,05	0,90
(6) Povoado e estradas	0	0,17	0,02	0,03	0,04	<b>87,12</b>	0,02	0,01
(7) Solo Exposto	0	0,10	0,01	0,10	0	0	<b>82,44</b>	0,18
(8) Agricultura	0	0,16	0,24	0,01	0	0	0,61	<b>82,75</b>

**Fonte:** Interpretação da imagem de satélite de 2001 da região estudada.

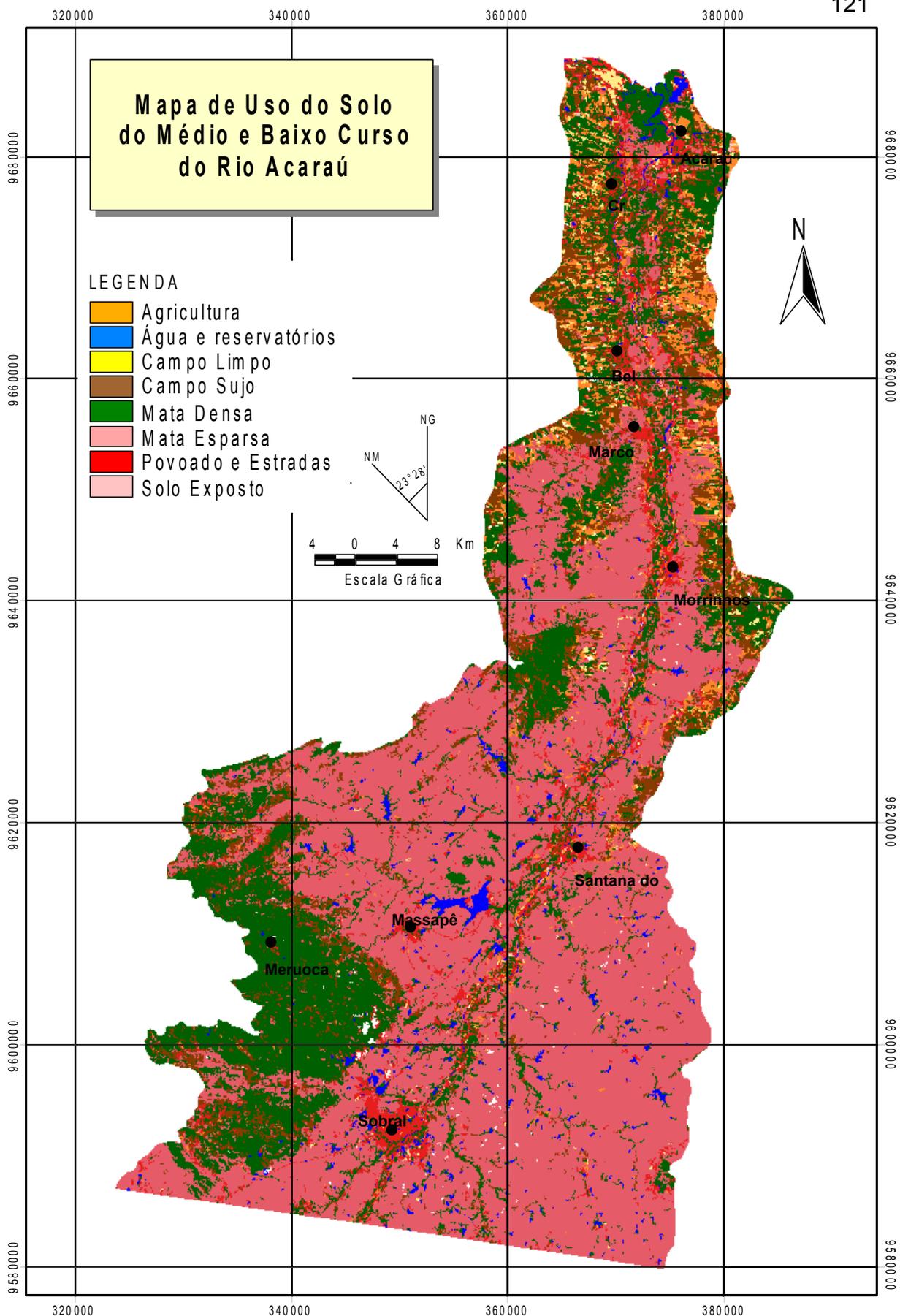
\***Desempenho Médio:** 82,22% (*valores em negrito*)

\***Confusão Média:** 15,32%

\***Abstenção Média** 2,46%

Os resultados obtidos pela classificação foram satisfatórios, mas ressalta-se que o desempenho médio (82,22%) pode ser melhorado com uma maior quantidade de amostras, maior conhecimento da realidade terrestre, aquisição de uma imagem com resolução maior e escala de trabalho menor. A partir do mapa de uso do solo (Figura 32), os valores obtidos para os diversos usos no Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú podem ser visualizados na Tabela 27.

No caso, a classe “mata densa” corresponde à vegetação primária e/ou secundária reconstituída. Ocupa cerca de 22,8% da área total do trecho estudado da bacia e de 27,19% e 20,96% dos setores A1 e A2, respectivamente. Estão incluídas a vegetação plúvio-nebular (encostas e topos de serra), a mata ciliar e a de mangue. A “mata esparsa” corresponde à vegetação menos densa, no entanto é a que abrange uma maior área na bacia, com cerca de 54,23%. Incluem-se a caatinga arbórea e arbustiva secundária, com cerca de 31,15% e 63,92%, em relação aos setores A1 e A2.



**Figura 32** – Uso do solo atual na área estudada da bacia do Rio Acaraú, obtida pelo processamento da imagem de satélite LANDSAT 7 ETM+.

A categoria “*campo sujo*” corresponde a terrenos com gramíneas e outros tipos de vegetação de pequeno porte. Estas áreas apresentam-se abandonadas e possivelmente já foram pastagens ou se utilizava para a agricultura. Ocupa cerca de 9,89% da área total estudada, concentrando-se na região do baixo curso 16,96% e no médio com 6,92%,

A classe “*campo limpo*” é composta por áreas cobertas por gramíneas de pequeno porte, sendo utilizada como pastagem natural ou cultivo, ocupando apenas 1% da área total estudada. Assim como a classe “*solo exposto*” que é caracterizada pela total ausência de vegetação, ocupa uma área muito pequena de 0,09% do total da bacia.

A categoria “*agricultura*” refere-se aos terrenos compostos por culturas temporárias, ocupa uma área de 4,41%. Caracterizam-se pela agricultura de sequeiro (milho e feijão) e principalmente de frutíferas, no caso, o caju que é bastante cultivado na região.

**Tabela 27** – Uso da terra nos setores A1 e A2 e dados totais no trecho estudado da bacia do Rio Acaraú.

TIPO DE COBERTURA	SETORES				BACIA	
	A1 (km <sup>2</sup> )	%	A2 (km <sup>2</sup> )	%	(km <sup>2</sup> )	%
Mata Densa	248,8	27,19	456,5	20,96	705,3	22,80
Mata Esparsa	284,9	31,15	1391,7	63,92	1676,2	54,23
Campo Limpo	25,1	2,75	5,7	0,26	30,8	1,00
Campo Sujo	155,1	16,96	150,7	6,92	305,8	9,89
Agricultura	105,9	11,59	30,7	1,4	136,6	4,41
Solo Exposto	0,2	0,02	2,7	0,12	2,9	0,09
Povoado e Estradas	82,8	9,05	101	4,64	183,8	5,94
Água e Reservatórios	11,8	1,29	38,7	1,78	50,5	1,63
<b>TOTAL</b>	<b>914,6</b>	<b>100</b>	<b>2177,7</b>	<b>100</b>	<b>3092,3</b>	<b>100</b>

Fonte: Interpretação da imagem de satélite de 2001 da região estudada.

A classe “*povoado e estradas*” corresponde aos terrenos ocupados pelas áreas urbanizadas (edificações). Ocupa cerca de 5,94% da área estudada, e distribui-se nos setores A1 e A2, com 9,05% e 4,64%. O baixo curso conta com a presença de 05 municípios, onde se evidencia uma maior demografia no

município de Acaraú, com a presença de um Complexo Portuário que movimentava a economia local. Já no médio, o destaque é para Sobral com a maior urbanização devido a indústria local.

A categoria correspondente a “*água e reservatórios*” refere-se às áreas de lagoas, açudes e dos cursos d’água (principal e tributários). Ocupam cerca de 1,63% da área total. As áreas não classificadas poderiam ser embutidas nas classes predominantes mais próximas, entretanto, tais manchas foram desconsideradas.

Com o resultados da classificação digital e baseado nos índices propostos por Beltrame (1994) e adaptados por Paula (2004), foram estabelecidos os índices de proteção do solo pela vegetação, ficando discriminadas as classes referentes a “*povoado e estradas*” e “*água e reservatórios*” (Tabela 28).

**Tabela 28** – Índice de cobertura vegetal atual (CVA) para os setores A1 e A2, com a respectiva simbologia.

SETOR	TIPO DE COBERTURA VEGETAL	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÍNDICE DE PROTEÇÃO	SUPERFÍCIE REDUZIDA	ÍNDICE DE PROTEÇÃO TOTAL DO SETOR	SIMBOLO
A1	Mata Densa	248	1	248		
	Mata Esparsa	284	0,7	199		
	Campo Sujo	155	0,6	93		
	Campo Limpo	25	0,5	13		
	Agricultura	105	0,4	42		
	Solo Exposto	0,2	0,1	0,02		
<b>TOTAL</b>		<b>817</b>	<b>-</b>	<b>594</b>	<b>0,73</b>	<b>CVA<sub>3</sub></b>
A2	Mata Densa	456	1	456		
	Mata Esparsa	1391	0,7	974		
	Campo Sujo	150	0,6	90		
	Campo Limpo	6	0,5	3		
	Agricultura	30	0,4	12		
	Solo Exposto	3	0,1	0,3		
<b>TOTAL</b>		<b>2036</b>	<b>-</b>	<b>1538</b>	<b>0,75</b>	<b>CVA<sub>3</sub></b>

Fonte: Interpretação da imagem de satélite de 2001 da região estudada.

Os valores obtidos para os respectivos setores A1 (0,73) e A2 (0,75) correspondem aos índices de proteção fornecida ao solo pela cobertura vegetal atual em cada setor. Estes resultados se enquadram na classificação proposta por Beltrame (1994) como uma área dotada de **proteção de média a alta**. Isto se deve às grandes áreas cobertas pelas vegetações densas e esparsas, as quais favorecem a proteção do solo. No entanto, as práticas desordenadas são evidentes no que concerne ao extrativismo vegetal, mineral e principalmente a carcinicultura, que geram impactos que prejudicam a qualidade da biodiversidade local.

Para o índice encontrado, deve haver um maior controle das formas de uso e ocupação da terra, sendo importante, quando possível, associar as informações quanto à evolução sócio-econômica da bacia do Rio Acaraú. Entretanto, os resultados foram considerados consistentes em termos de avaliação do uso do solo na bacia estudada.

## **6.2. Declividade Média (DM)**

O referido parâmetro foi calculado para determinar o tipo de relevo predominante em cada setor da bacia hidrográfica em estudo.

A declividade média dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial afetando, portanto, o tempo que leva a água da chuva atingir o leito fluvial que constitui a rede de drenagem da bacia. Os picos de enchente, a maior ou menor infiltração e a susceptibilidade para erosão dos solos são fatores que dependem da rapidez de como ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia.

Para o cálculo da (DM) procedeu-se, primeiramente, com a determinação da área de cada setor da bacia e posteriormente com a obtenção dos valores representativos das declividades destes terrenos, determinando a distribuição porcentual das mesmas por meio de uma amostragem estatística de declividade normais às curvas de nível em um grande número de pontos na

bacia, em torno de 358. Esses pontos foram locados no mapa altimétrico da bacia por meio de um quadriculado que se traça sobre o mesmo, este procedimento foi efetuado no SPRING 4.1. Com isso, obteve-se então uma série de valores apresentados nas Tabelas 29 e 30 para ambos os setores da bacia.

**Tabela 29** – Série de valores da declividade média (DM) do setor A1 da bacia do Rio Acaraú.

Declividade em m/m	Número de Ocorrência	Porcentagem do Total	Porcentagem Acumulada	Declividade Média do Intervalo	N.O. x D.M.
0,0000 – 0,0039	22	44,90	100	0,00195	0,0429
0,0040 – 0,0079	19	38,78	55,10	0,00595	0,1131
0,0080 – 0,0119	8	16,33	16,33	0,00995	0,0796
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>	<b>100,00</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>0,2356</b>

Para se obter a (DM) do setor, referente ao baixo curso, multiplicou-se o número de ocorrências das curvas, coluna 2, pelas declividades médias de cada intervalo, coluna 5, somando em seguida obteve-se o valor da (LCN) de 0,2356 que foi multiplicado pela (E) eqüidistância das curvas de 40m e dividido pela área (A) do setor 923,5 km<sup>2</sup>, com a utilização da equação 08.

O resultado do valor de (DM) foi de 0,01021 m/m ou 1,02% onde a cada 1,02m desce 1,02 cm. Configurando para o setor A1, de acordo com as classes de declividade abordadas, o **declive de até 8%** com o relevo **suave ondulado** e símbolo **DM<sub>1</sub>**, o que caracteriza uma região bastante aplainada.

**Tabela 30** – Série de valores da declividade do setor A2 da bacia do Rio Acaraú.

Declividade em m/m	Número de Ocorrência	Porcentagem do Total	Porcentagem Acumulada	Declividade Média do Intervalo	N.O. x D.M.
0,0040 – 0,0079	97	14,52	100	0,00595	0,5771
0,0080 – 0,0119	184	27,54	85,48	0,00995	1,8308
0,0120 – 0,0159	106	15,87	57,93	0,01395	1,4787
0,0160 – 0,0199	75	11,23	42,07	0,01795	1,3462
0,0200 – 0,0239	58	8,68	30,84	0,02195	1,2731
0,0240 – 0,0279	47	7,04	22,16	0,02595	1,2196
0,0280 – 0,0319	45	6,74	15,12	0,02995	1,3478
0,0320 – 0,0359	28	4,19	8,38	0,03395	0,9506
0,0360 – 0,0399	28	4,19	4,19	0,03795	1,0626
<b>TOTAL</b>	<b>668</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>11,0866</b>

A obtenção da (DM) do setor, referente ao médio curso, foi similar ao cálculo anterior, onde se obteve o valor da (LCN) de 11,0866 que foi multiplicado pela (E) eqüidistância das curvas de 40 m e dividido pela área (A) do setor 2176.3 km<sup>2</sup>, com a utilização da mesma fórmula.

O resultou do valor de (DM) foi de 0,20377 m/m ou 20,38% onde a cada 1m se desce 20,4 cm. Configurando para o setor A2, de acordo com as classes de declividade abordadas, o **declive de 9% a 20%** com o relevo **ondulado** e símbolo **DM<sub>2</sub>**, o que caracterizou distintas morfometrias para cada setor da bacia.

As informações obtidas com o Mapa de Declividade (Figura 25) e os parâmetros de Declividade Média (DM) foram correlacionados a outros parâmetros, de forma a integrá-los nesse estudo.

### 6.3. Índice de Erodibilidade da Chuva (EC)

O cálculo do parâmetro de erosividade da chuva está relacionado à quantidade de solo que se perde através da erosão provocada pelas chuvas. Para o cálculo deste índice, foram utilizados os dados referentes às estações pluviométricas de Sobral, Meruoca, Santana do Acaraú, Morrinhos, Marco, Bela

Cruz, Cruz e Acaraú, referentes ao período de 1973 a 2003, com exceção das estações de Bela Cruz, Marco, Morrinhos e Meruoca que só dispunham dos dados a partir de 1980, e a de Cruz somente a partir de 1993. Verificou-se que nos meses onde ocorre uma pluviometria elevada é que os índices de erosividade tornam-se maiores. Na área dos respectivos setores, observa-se maior erosão entre o período correspondente aos meses de janeiro a maio.

Com base na equação de Lombardi & Moldenhauer (1980) *in* Beltrame (1994), obteve-se os índices de erosividade da chuva (EC) para os dois setores do trecho estudado da bacia do Rio Acaraú, os valores estão sintetizados na (Tabela 31).

**Tabela 31** – índice de Erodibilidade da Chuva (t/ha.mm/h) em diferentes períodos nos municípios integrantes do Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú.

Estações	Período	Mês												Média Anual	
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<b>Acaraú</b>	1973 a 1983	45.89	130.55	279.7	254.8	172.3	41.2	12.9	0.5	1.9	3.1	1.2	21.8	<b>965.85</b>	<b>Setor (A1)</b>
	1983 a 1993	151.1	181.1	394.1	348.2	152.9	57.5	32.0	2.9	0.6	0.4	1.6	30.3	<b>1352.62</b>	
	1993 a 2003	93.4	147.3	347.1	255.1	159.3	51.3	21.6	4.0	1.7	1.3	5.1	10.2	<b>1097.38</b>	
<b>Cruz</b>	1993 a 2003	104.14	146.2	328.7	242.2	113.3	36.2	10.51	0	0	0.7	0.9	11.9	<b>994.74</b>	
<b>Bela Cruz</b>	1983 a 1993	73.2	165.16	271.7	241.38	147.9	18.6	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	<b>957.81</b>	
	1993 a 2003	99.3	131.0	230.6	223.4	110.1	22.3	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	<b>835.65</b>	
<b>Marco</b>	1983 a 1993	88.85	179.43	312.2	258.53	119.4	41.0	22.22	0.0	0.0	0.0	1.8	24.1	<b>1047.56</b>	
	1993 a 2003	108.2	146.8	230.32	194.6	102.4	30.6	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	<b>823.63</b>	
<b>Morrinhos</b>	1983 a 1993	90.7	117.67	252.5	204.23	110.3	34.7	14.3	0.7	0.0	4.6	3.5	8.8	<b>841.82</b>	
	1993 a 2003	103.7	118.4	244.6	203.3	105.0	33.4	17.2	6.67	0.0	0.0	0.31	12.7	<b>845.31</b>	
<b>Santana do Acaraú</b>	1973 a 1983	83.41	135.49	206.5	165.7	104.7	19.4	11.4	2.2	0.7	0.0	1.5	10.6	<b>741.53</b>	<b>Setor (A2)</b>
	1983 a 1993	118.06	151.1	268.5	288.6	114.4	35.9	18.2	2.3	0.0	0.0	1.2	27.5	<b>1025.76</b>	
	1993 a 2003	105.8	117.1	243.3	210.5	104.3	22.9	12.2	0.8	1.5	0.0	0.3	9.1	<b>827.84</b>	
<b>Meruoca</b>	1983 a 1993	199.7	257.55	401.8	429.2	193.2	60.4	19.8	2.6	4.9	1.8	1.8	73	<b>1645.75</b>	
	1993 a 2003	261.0	263.3	389.0	386.5	176.1	68.4	35.1	7.95	0	0.5	17.5	45.2	<b>1650.50</b>	
<b>Sobral</b>	1973 a 1983	72.75	147.6	211.7	134.2	117.4	19.7	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	<b>729.7</b>	
	1983 a 1993	108.0	133.8	308.1	257.1	128.9	37.3	11.8	2.4	0.0	0.0	0.0	47.9	<b>1035.26</b>	
	1993 a 2003	126.3	146.8	225.5	238.3	90.4	30.0	15.0	4.7	0.8	0.0	6.0	15.4	<b>899.15</b>	

Fonte: Valores obtidos através da equação 10.

\*Obs: Setor (A1) = Baixo Curso - **EC Total = 1220,30 t/ha.mm/h** – símbolo (EC<sub>4</sub>)

Setor (A2) = Médio Curso - **EC Total = 1069,44 t/ha.mm/h** – símbolo (EC<sub>3</sub>)

A análise desses índices de erosividade da chuva nos remete, de acordo com a classificação para o Estado do Ceará elaborada por Paula (2004), a constatar que no Baixo Curso (A1) do Rio Acaraú a **erosividade é muito forte (EC<sub>4</sub>)** estando relacionado à quadra chuvosa que ocorre no primeiro semestre do ano e das formas de uso do solo que se dão de maneira bastante intensa. Já em parte do Médio Curso (A2) a **erosividade é forte (EC<sub>3</sub>)**, evidenciando-se pelo aumento da altitude topográfica, fato esse esperado, pois esses índices são o produto da intensidade da chuva pela energia cinética, sendo essa maior nas grandes altitudes e declividades. Este pode ser agravado pelas atividades agroextrativas e de uso e ocupação indevidos que proporcionam a degradação dos solos.

#### **6.4. Índice de Suscetibilidade de Erosão do Solo (ES)**

A erodibilidade do solo pode ser entendida como sendo a suscetibilidade à erosão devida às propriedades do próprio solo (textura). Trata-se de um parâmetro importante na previsão da erosão e planejamento do uso da terra. Depende principalmente da capacidade de infiltração de água no solo, da resistência ao desprendimento e transporte das partículas sólidas do solo pelo escoamento superficial.

A textura do solo é uma característica importante na definição do seu potencial erosivo. Portanto, as coletas das amostras de solo foram realizadas obedecendo a sazonalidade (estação chuvosa e seca) nas 08 seções da região estuarina do Rio Acaraú, onde as coletas se deram no leito do rio com média de profundidade de 04 metros. A escala granulométrica utilizada para as análises está discriminada na Tabela 32.

**Tabela 32** – Escala granulométrica baseada na classificação de Wentworth ou Americana, segundo Suguio (1973) *in* Beltrame (1994).

<b>Intervalo de Diâmetro (mm)</b>	<b>Escala Granulométrica</b>	<b>Simbologia</b>
> 19,10	Seixos	a
de 12,70 a 19,10	Seixos	b
de 6,35 a 12,69	Seixos	c
de 4,76 a 6,34	Seixos	d
de 2,00 a 4,75	Grânulos	e
de 1,00 a 1,99	Areia muito grossa	f
de 0,50 a 0,99	Areia grossa	g
de 0,25 a 0,49	Areia média	h
de 0,125 a 0,24	Areia fina	i
de 0,062 a 0,124	Areia muito fina	j
de 0,031 a 0,061	Silte grosso	l
de 0,016 a 0,030	Silte médio	m
de 0,008 a 0,015	Silte fino	n
de 0,004 a 0,007	Silte muito fino	o
< 0,004	Argila	p

Considerando a análise dos valores da granulometria realizadas nas respectivas amostras, e ainda, com base na adaptação do gráfico de Hjulstrom (1935) *in* Beltrame (1994), obtiveram-se primeiramente as características texturais das 16 amostras analisadas, as quais estão representadas graficamente em percentuais simples (colunas) e acumulados (curva) nas Figuras 33 e 34.

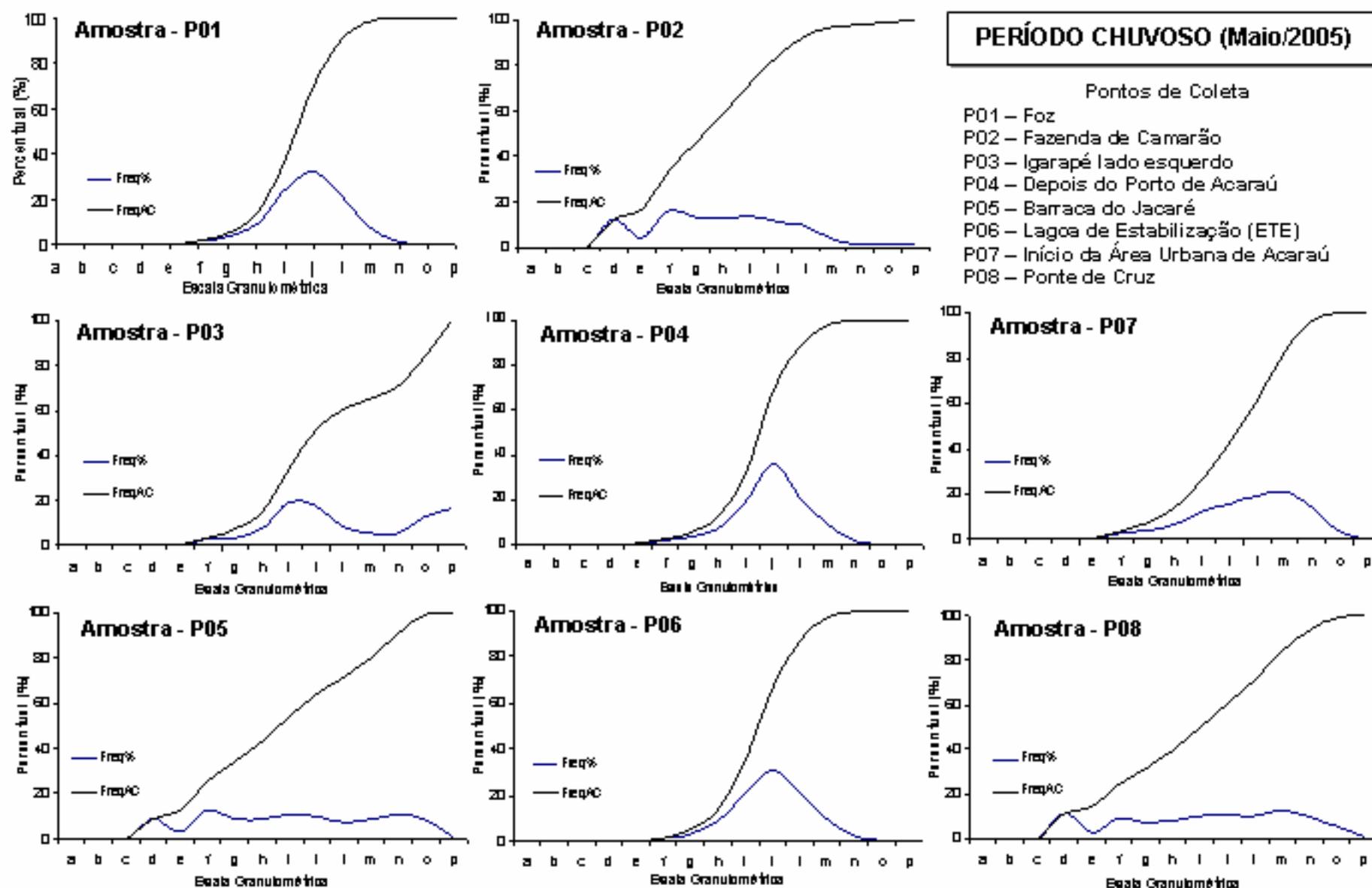


Figura 33 – Gráficos da análise granulométrica realizada em 08 amostras de solo do estuário do Rio Acaraú, estação chuvosa.

A partir dos resultados obtidos para as amostras correspondentes a estação chuvosa, em 24/05/05, verificou-se que nos cálculos da média e da mediana, os sedimentos são compostos por Areia Média (Pontos 01, 03, 04, 06, 07) e Areia Grossa (Pontos 02, 05, 08). A semelhança gráfica entre estas amostras, dá-se por serem materiais oriundos de locais mais a montante da região estuarina, onde a contribuição para a deposição destes tipos de sedimentos é devido principalmente a degradação da vegetação ribeirinha ou ciliar. Daí, no período de maior pluviosidade na região, a erosão pluvial ocorre de maneira intensa através do escoamento superficial, assoreando o leito do Rio Acaraú com o surgimento de grandes bancos de areia.

O grau de selecionamento das amostras teve como base o desvio padrão das mesmas, onde se evidenciaram os sedimentos Pobremente Selecionados (Pontos 02, 03, 05 e 08), o que indica o intenso processo hidrodinâmico do Rio Acaraú, para o transporte de material. E os Moderadamente Selecionados (Pontos 01, 04, 06 e 07), deve-se a influência do campo de dunas na foz e nos demais, dá-se pelo desmatamento das margens.

A assimetria deu-se com base na curva acumulada das respectivas amostras, constatou-se a predominância de material mais grosso na maioria dos pontos (01, 02, 04, 06, 07 e 08) apresentando valor mais negativo no P07, esta assimetria sugere o desenvolvimento de depósitos com origem em fontes pontuais ou difusas distintas e também ao regime hidráulico do rio. Mas, há também a ocorrência de sedimentos mais finos nos pontos (03 e 05), com assimetria positiva.

A distribuição do parâmetro de curtose nas amostras faz-se de forma a não apresentar uma variação significativa. Nas amostras verifica-se o nítido domínio de distribuições Mesocúrticas (Pontos 01, 04, 06, 07) e Platicúrticas (02, 03, 05 e 08), com tendência a uma maior deposição de sedimentos, devido ao aumento do fluxo do rio, no período chuvoso, causado pelos altos índices de precipitação.

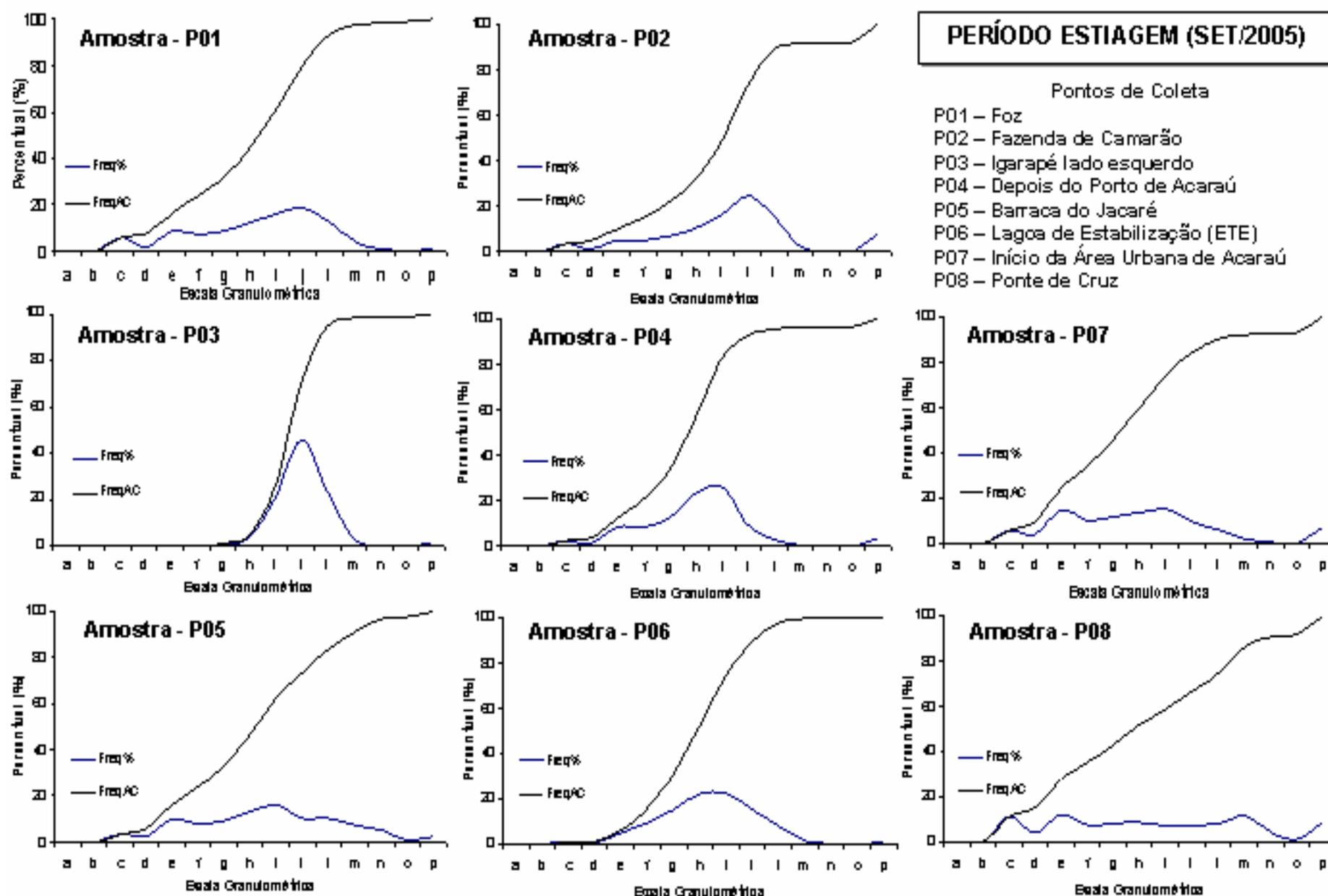


Figura 34 – Gráficos da análise granulométrica realizada em 08 amostras de solo do estuário do Rio Acaraú, estação seca.

De acordo com os resultados obtidos para a estação seca, em 18/09/05, verificou-se que nos cálculos da média e da mediana, as respectivas amostras apresentam sedimentos compostos por Areia Média (Pontos 02, 03 e 05) e Areia Grossa (Pontos 01, 04, 06, 07 e 08). Os gráficos apresentaram-se bastante diversificados, ao contrário da estação chuvosa, pois esta variação nas partículas denota a existência de litologias de textura predominantemente mais grosseira, como fonte do material depositado no estuário do Rio Acaraú. Neste sistema verifica-se ainda um nítido aumento da dimensão das populações granulométricas durante a estiagem, período de menor hidrodinâmica do meio.

O grau de selecionamento das amostras teve como base o desvio padrão das mesmas, evidenciaram-se os sedimentos Pobremente Selecionados (Pontos 01, 02, 05, 07 e 08), o que indica o intenso processo hidrodinâmico do Rio Acaraú, para o transporte de material. Nos Ponto 04 e 06 foi Moderadamente Selecionada, deve-se aos depósitos de sedimentos arenosos pelo desmatamento da vegetação ciliar e de tabuleiro. Já no Ponto 03, foi classificada como Bem Selecionada.

A assimetria deu-se com base na curva acumulada das respectivas amostras, constatou-se a predominância de material mais grosso na maioria dos pontos (01, 02, 03, 04, 05 e 06) apresentando valor mais negativo no P01, esta assimetria sugere o desenvolvimento de depósitos com origem em fontes pontuais ou difusas distintas e também ao regime hidráulico do rio. Mas, há também a ocorrência de sedimentos mais finos nos pontos (07 e 08), com assimetria positiva.

Em relação à curtose faz-se igualmente de forma aleatória, não apresentando uma variação significativa, não havendo, também, relação com a classe textural. Nos sedimentos, das amostras de estiagem, verifica-se a predominância de distribuições Mesocúrticas nos pontos (01, 03, 05 e 06), Platicúrticas nos pontos (02 e 08) e Leptocúrtica nos pontos (04 e 07). Isto se deve a intensa ação fluvial de transporte e deposição na região estuarina.

A erosividade dos solos predominantes na região estuarina do Rio Acaraú pôde ser interpretado de acordo com as texturas analisadas, correlacionando o diâmetro das partículas com a mínima velocidade média do fluxo de água, para transportá-las, conforme o gráfico de Hjülstrom (1935), demonstrado na Figura 09 no capítulo de Materiais e Métodos. Daí, com base na classificação feita por Beltrame (1994) para a suscetibilidade da textura à erosão calculou-se os percentuais de cada amostra coletada em campo, ver Tabela 33.

**Tabela 33** – Percentuais simples da suscetibilidade da textura do solo à erosão, de acordo com as amostras analisadas, no estuário do Rio Acaraú/CE.

ESTAÇÃO / AMOSTRAS		Percentual Simples da Suscetibilidade da textura do solo à erosão (em %)			
		MA	A	M	B
Chuvoso (24/05/05)	P01 (leito)	85,43	13,14	0,22	1,20
	P02 (leito)	44,67	34,37	16,06	4,90
	P03 (leito)	31,96	22,12	1,40	44,55
	P04 (leito)	83,45	34,8	0,29	0,20
	P05 (leito)	36,18	49,64	12,55	1,78
	P06 (leito)	81,24	17,93	0,11	0,70
	P07 (leito)	53,87	44,81	0,10	0,71
	P08 (leito)	39,05	44,78	14,32	1,83
	MÉDIA	56,98 <sup>a</sup>	32,70	5,63	6,98
Estiagem (18/09/05)	P01 (leito)	56,51	34,50	7,94	1,05
	P02 (leito)	58,15	29,16	4,78	7,90
	P03 (leito)	70,40	28,59	0,01	1,00
	P04 (leito)	71,51	20,84	4,06	3,59
	P05 (leito)	49,39	42,14	6,04	2,43
	P06 (leito)	73,90	24,43	1,10	0,58
	P07 (leito)	49,71	33,51	9,61	7,17
	P08 (leito)	31,14	44,91	15,33	8,62
	MÉDIA	57,59 <sup>a</sup>	32,26	6,11	4,04

\*MA = Muito Alta; A = Alta; M = Média e B = Baixa.

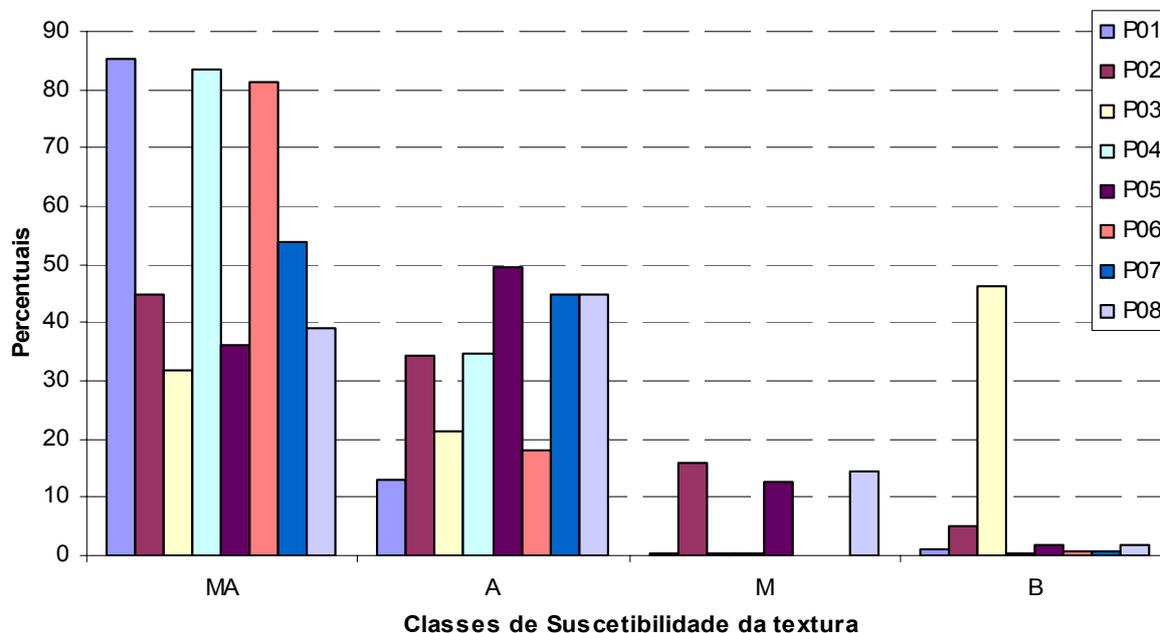
(a) = valores médios predominantes.

■ Percentuai

Fonte: Granulometria realizada no LGCO/UECE.

Graficamente, esses resultados apresentam-se na Figura 35 e 36, onde de acordo com a classificação estabelecida, a textura dos solos do leito do Rio

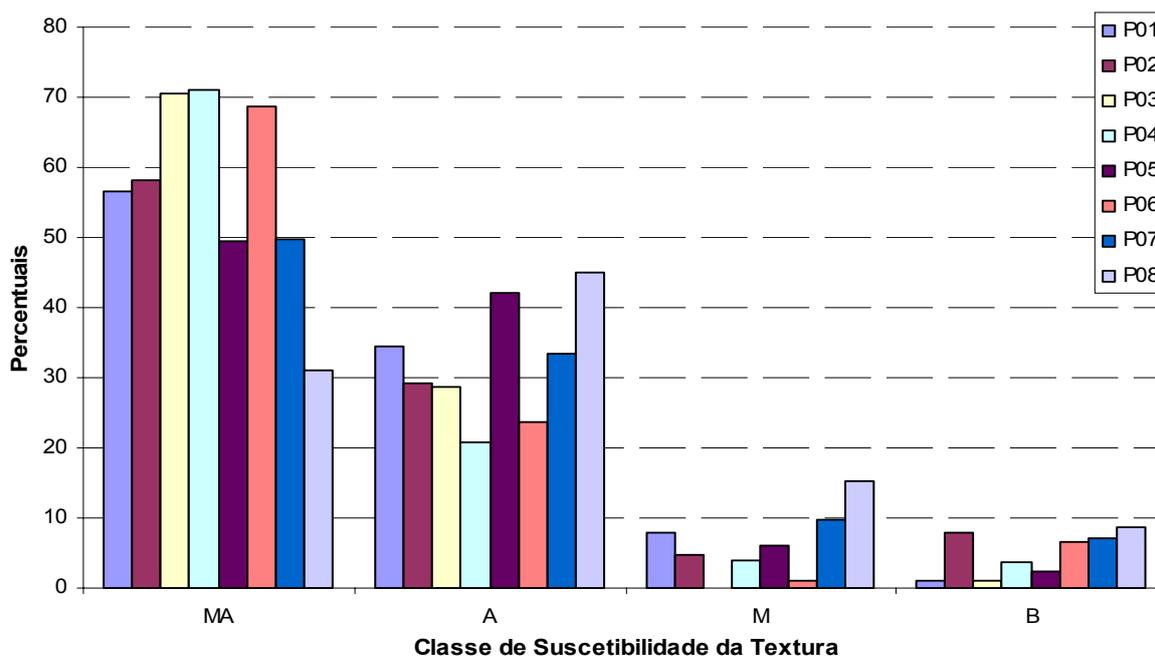
Acaraú, o valor médio concentrou-se na categoria **muito alta** de suscetibilidade à erosão, em relação à estação chuvosa, este índice deve-se a grande quantidade de precipitação ocorrida nessa época e de sedimento transportado pelo fluxo da água com velocidade inferior a 100 cm/s.



**Figura 35** – Gráfico dos percentuais simples da suscetibilidade da textura do solo no período chuvoso, para o estuário do Rio Acaraú.

No período de estiagem, o valor médio apresentou-se o mesmo, somente com uma pequena elevação, isto se deve à redução expressiva nas taxas de precipitação com o aumento do transporte de sedimento pelo rio com velocidade também inferior a 100 cm/s, o qual encontra-se com o fluxo de água reduzido, isto ocorre devido aos grandes índices de insolação e evaporação, gerando um baixo hidrodinamismo característico da época de estio.

Os solos sobre a respectiva unidade geológica, a Formação Barreiras, corresponderam à mesma classe quanto à suscetibilidade da textura do solo à erosão **muito alta**. Está referente a períodos sazonais distintos, mas com comportamentos semelhantes, em relação aos níveis texturais de areia, silte e argila.



**Figura 36** – Gráfico dos percentuais simples da suscetibilidade da textura do solo no período de estiagem, para o estuário do Rio Acaraú.

Assim, a erodibilidade tende a aumentar quando os teores de areia muito fina e silte são elevados, e a diminuir, com a elevação dos teores de argila e matéria orgânica (WISCHMEIER & SMITH, 1958). A areia é transportada com dificuldade devido ao seu peso. Já as argilas comportam-se como elementos agregantes do solo, devido à sua alta atividade eletro-química e por favorecerem a manutenção de altos valores de condutividade hidráulica e da alta resistência à erosão.

Para o entendimento dos resultados da análise granulométrica para o estuário em questão, estimou-se a taxa de denudação e erosão sofrida pelo solo, para o trecho do Médio e Baixo Acaraú correspondente à parte dos municípios de Acaraú (25,4%), Cruz (15,5%), Bela Cruz (25,91%), Marco (48,88%), Morrinhos (68,52%), Santana do Acaraú (69,35%), Massapê (96,76%), Meruoca (56,29%) e Sobral (34,07%), pertencente à bacia. O cálculo deste parâmetro teve como base a metodologia aplicada por (LACERDA & SENA, 2005) que estimaram a relação da área de abrangência de cada tipo de solo à sua taxa de perda de solo correspondente (denudação e erosão), ver Tabela 34 e Figuras 37 e 38.

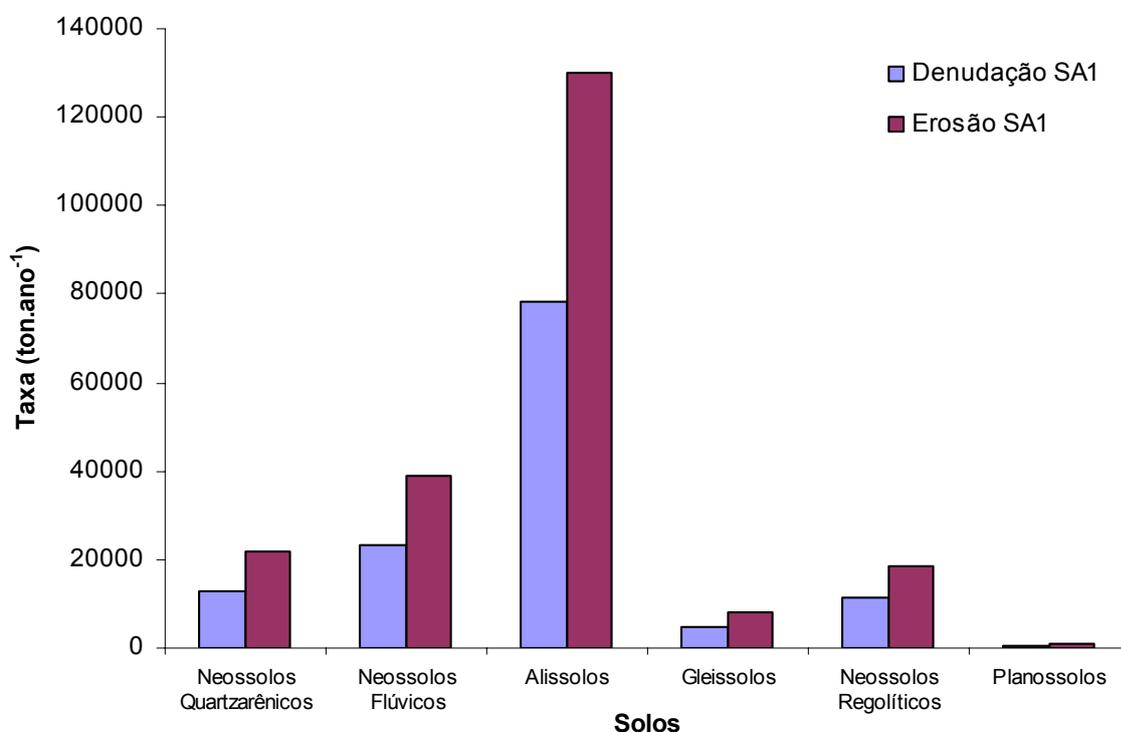
**Tabela 34** – Estimativa das taxas de perda de solo no Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú.

*Classificação dos Tipos de Solos	Área (km <sup>2</sup> ) por Setor		Taxa de Perda de Solo por Setor			
			Denudação (ton.ano <sup>-1</sup> ) (Mínimo Produzido)		Erosão (ton.ano <sup>-1</sup> ) (Máximo Produzido)	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2
Neossolos Quartzarênicos	101,6	**NC	13004,8	0	21640,8	0
Neossolos Flúvicos	182,6	187,3	23375,4	23968	38898,1	39884,3
Alissolos	611,2	56,0	78231	7168	130181,3	11928
Argissolos	**NC	240,5	**NC	30785,3	**NC	51228,6
Gleissolos	38,0	**NC	4867,8	**NC	8100,4	**NC
Luvissolos	**NC	601,0	**NC	76929,3	**NC	128015,1
Neossolos Regolíticos	87,3	882,2	11175,68	112916,5	18597	187900,1
Planossolos	3,5	108,8	449,28	13925,1	747,6	23172,3
<b>Total</b>	<b>1024,3</b>	<b>2075,7</b>	<b>131104,0</b>	<b>265692,2</b>	<b>218125,65</b>	<b>442128,4</b>

\*EMBRAPA (1999).

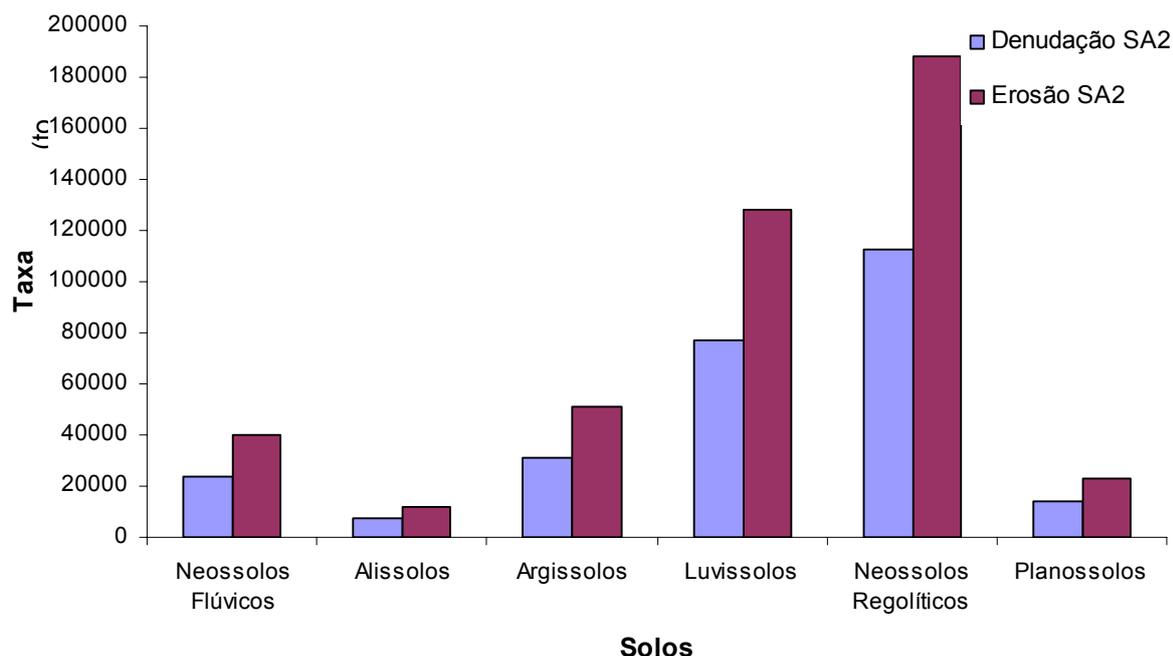
\*\*NC = Não Consta.

Fonte: Cálculo obtido com base em (LACERDA & SENA, 2005) com relação à área dos municípios abrangidos pela bacia.



**Figura 37** – Gráfico das taxas de denudação e erosão do solo para o setor A1, correspondente ao Baixo Curso do Rio Acaraú.

Pode-se observar os elevados valores de erodibilidade na região estuarina do Rio Acaraú, pelas altas taxas de erosão do solo decorrentes ao longo do seu curso fluvial até a foz. Isto se deve ao intenso processo de urbanização, desmatamento das margens e extração mineral, tendo como consequência o assoreamento do leito. A perda máxima (erosão) de solo supera a mínima (denudação), com cerca de 49,34% em ambos os setores.



**Figura 38** – Gráfico das taxas de denudação e erosão do solo para o setor A2, correspondente ao Médio Curso do Rio Acaraú.

Com base nas classes de declividades já obtidas, integraram-se os parâmetros de declividade aos de suscetibilidade à erosão, onde os valores obtidos foram combinados as diferentes classes de cada parâmetro analisado. Com isso, obteve-se o cálculo do potencial erosivo do solo para cada setor com base na classificação proposta por Beltrame (1994), ver Tabela 08.

A descrição das classes do potencial erosivo dos solos foram definidas para o trecho estudado do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú de acordo com as características próprias da área. Para a efetuação do cálculo, multiplicou-se a área (a) pelo índice do potencial erosivo do solo (b). Posteriormente dividiu-

se o valor da superfície reduzida (c) pela área (a) da respectiva classe, ver Tabela 35.

**Tabela 35** – Cálculo do potencial erosivo dos solos por setor da bacia.

Setor	Classe do Potencial Erosivo	Área (km <sup>2</sup> ) (a)	Índice do Potencial Erosivo do Solo (b)	Superfície Reduzida (c)	Índice do Potencial Erosivo do Solo Total por Setor	Símbolo
<b>A1</b>	Baixo	322,3	1	322,3		
	Moderado a Baixo	702	0,75	526,5		
	Alto a Moderado	-	0,50	-		
	Muito Alto a Alto	-	0,25	-		
<b>Total</b>		<b>1024,3</b>	<b>-</b>	<b>848,8</b>	<b>0,83</b>	<b>ES<sub>1</sub></b>
<b>A2</b>	Baixo	187,3	1	187,3		
	Moderado a Baixo	56	0,75	42		
	Alto a Moderado	1592	0,50	796		
	Muito Alto a Alto	240,5	0,25	60,1		
<b>Total</b>		<b>2075,8</b>	<b>-</b>	<b>1085,4</b>	<b>0,52</b>	<b>ES<sub>2</sub></b>

O índice total do potencial de erodibilidade dos solos encontrado para o setor A1 é considerado **baixo**, pois corresponde a uma área de relevo suave e ocupando terraços fluviais, estruturados nas menores altitudes da bacia. Já para o setor A2 o índice é considerado de **moderado a baixo**, onde apresenta áreas de cristas, com declividades superiores a 21%. No entanto, encontrou-se em maior proporção declives abaixo da cota de 100 metros (declives entre 9 e 20%), ocorrendo também até a cota de 1000 metros no platô da Serra da Meruoca.

Por fim, trata-se de um parâmetro importante na previsão da erosão e planejamento do uso da terra. Depende principalmente da capacidade de infiltração de água no solo, da resistência ao desprendimento e transporte das partículas sólidas pelo escoamento superficial.

## 7. ASPECTOS QUALITATIVOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

---

### 7.1. Usos da Água na Bacia

As áreas urbanizadas ao longo da área de estudo caracterizam-se pelo uso intensivo do solo com edificações localizadas estrategicamente conforme as características do meio físico e das vias de acesso. Já os povoados rurais desenvolvem uma relação de produção subsistente. Em ambos, podem ser verificados diversos problemas relacionados à ocupação desordenada e de degradação ambiental.

As águas do Rio Acaraú são utilizadas pela população para diversos fins, tais como, para lavagem de roupa, de veículos, de animais, irrigação de culturas, consumo animal, carcinicultura, piscicultura, abastecimento doméstico e para fins industriais, sendo captada de grandes reservatórios e de poços escavados no leito do rio. Estes usos provocam a poluição dos cursos hídricos, com destaque para o Rio Acaraú. São comuns a todos os Municípios, problemas com esgotamento sanitário, a questão do lixo, que usualmente é espalhado pelas ruas da cidade, mal coletado ou disposto inadequadamente em lixões e aterro sanitário.

Interligados a este quadro, ocorrem os matadouros públicos com instalações inadequadas, velhas, sem conservação, e com problemas sérios de higiene e na disposição final de seus resíduos. Por fim, pôde-se registrar, também, que algumas lagoas naturais não têm suas condições ambientais conservadas, servindo como coletoras de esgoto doméstico, em detrimento da falta de saneamento local. Quando atreladas ao uso e ocupação desordenada do solo, originam áreas de risco.

A disponibilidade hídrica pode ser, em determinadas situações, o principal parâmetro da sustentabilidade de um espaço territorial. Uma determinada população, ao explorar os recursos naturais além da capacidade

regenerativa e de absorção do ecossistema, ocasionará um desequilíbrio a longo prazo com reflexos negativos sobre sua própria qualidade de vida.

### **7.1.1. Identificação das Fontes de Poluição Difusas e Pontuais**

Inúmeras atividades do homem introduzem no meio ambiente substâncias ou características físicas que ali não existiam antes, ou que existiam em quantidades diferentes. Assim como as atividades desenvolvidas pela humanidade são muito variáveis, também o são as formas e níveis de poluição e de como ocorrem.

Estas mudanças de características do meio físico de uma bacia hidrográfica poderão refletir de formas diferentes sobre a biota local, podendo ser prejudicial a algumas espécies e não a outras. De qualquer forma, considerando as interdependências das várias espécies, estas modificações levam sempre a desequilíbrios ecológicos. Resta saber quão intenso é este desequilíbrio e se é possível ser assimilado sem conseqüências catastróficas.

#### **7.1.1.1. Fontes Difusas de Poluição**

##### **7.1.1.1.1. Esgoto Doméstico**

Em relação aos fatores socioeconômicos dos municípios que margeiam o Médio e o Baixo curso do Rio Acaraú, constata-se que há uma relação direta entre a quantidade de esgoto doméstico lançado nos rios e o número de habitantes da região em questão. Isso acontece porque a maior parte dos esgotos domésticos não recebe o tratamento adequado e as características físico-químicas deste efluente variam em função dos usos da água e podem apresentar em sua composição grande quantidade de matéria orgânica e microorganismos patogênicos.

A maior parte da população dos municípios, inseridos no trecho do Médio e Baixo curso, não dispõe de rede sanitária adequada, logo não possui

um sistema comum apropriado para o tratamento desses efluentes, daí serem enquadrados como fonte difusa de poluição de manancial. Com base nisso, de acordo com IBGE (2001) nos setores há um contingente populacional de aproximadamente 78.540 habitantes ou 19.635 domicílios, sem ligação à rede geral, que contribuem diariamente com uma carga poluidora de esgoto doméstico dentro do Rio Acaraú.

Os municípios ribeirinhos, como Sobral, Santana do Acaraú, Marco, Morrinhos, Cruz, Bela Cruz e Acaraú são os principais responsáveis por este tipo de contribuição de poluentes domésticos, ao longo do curso do Rio Acaraú, que na sua maioria não dispõem de uma forma de tratamento adequado para estes resíduos. Logo, a emissão direta de esgoto geralmente ocorre nas áreas de populações mais carentes que não têm condições de fazer o tratamento adequado através da implementação de fossas sépticas, utilizando-se de fossas rudimentares por não estarem ligadas à rede geral de esgoto (Figuras 39 e 40).



**Figura 39** – Na foto A, bairro de Morrinhos sem saneamento básico, localizado às margens do Rio Acaraú e na B, a Lagoa de Cruz, localizada em Cruz, é receptora de esgoto doméstico e está repleta de aguapés (eutrofizada).

No geral, ainda de acordo com o IBGE (2001) são cerca de 63.340 domicílios contabilizados nos municípios citados, onde somente 30,9% são ligados à rede geral de esgoto e cerca de 11,4% dos domicílios têm fossa séptica. No entanto, 23,9% apresentam fossa rudimentar e 31,2% não têm

instalação sanitária, onde o esgoto flui diretamente para as ruas, lagoas e cursos d'água.



**Figura 40** – Evidências da poluição difusa, na foto A o Riacho Contendas, tributário do rio Acaraú, localizado em Massapê que não possui um sistema de saneamento básico adequado, muito lixo e esgoto, e na B o Riacho Itacaranha poluído que recebe esgoto sanitário, localizado em Meruoca.

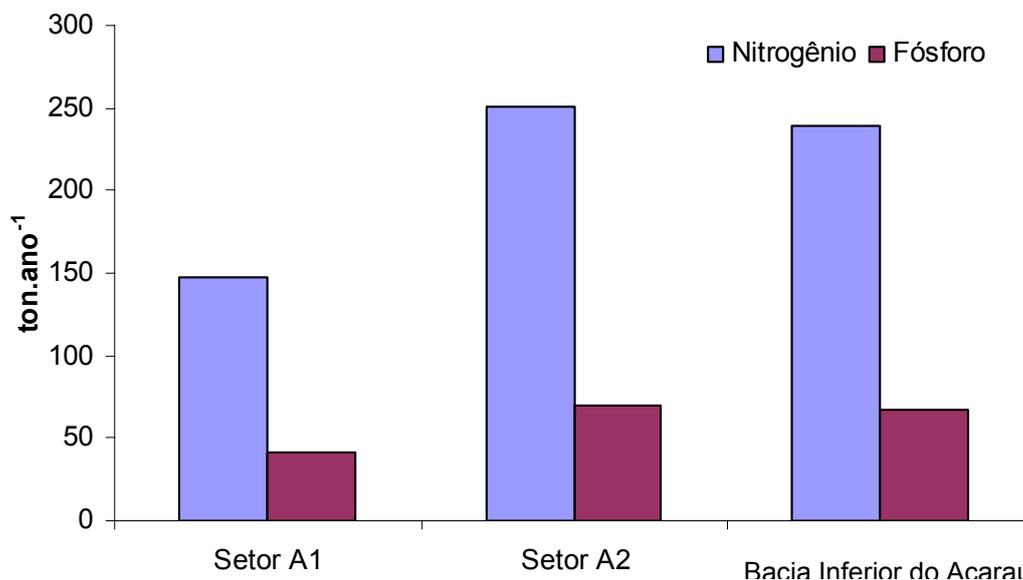
O crescente processo de urbanização no município de Sobral trouxe conseqüências drásticas para o Rio Acaraú, pois como em outras cidades ribeirinhas, as pessoas colocaram os quintais das casas para o rio porque, na ausência de esgotamento sanitário, o curso d'água transforma-se em calha de esgoto (Figura 41).



**Figura 41** – Na foto A ponte sobre o Rio Acaraú em Sobral, lançamento de esgoto diretamente no curso fluvial, e na B processo de urbanização do município, área de lazer e emissão de efluentes sanitários.

Com relação à estimativa de carga de contribuição de esgoto doméstico, levou-se em consideração somente parte dos municípios integrantes de cada setor delimitado, no que condiz a abrangência do limite da bacia. Foram levados em consideração os cálculos de Carioca & Arora (1984) onde estimaram que cada pessoa produz cerca de 100 a 150 L.hab<sup>-1</sup>.dia de esgoto líquido. Onde com base no número de domicílios e habitantes por domicílio pesquisados (IBGE, 2001), estimou-se que para o Médio curso (A2) são produzidos anualmente uma média de  $5,02 \times 10^6$  m<sup>3</sup> ano de esgoto, que por sua vez produz os valores médios de 251,5 ton.ano<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 70,4 ton.ano<sup>-1</sup> de Fósforo.

Para o Baixo curso (A1) foi estimado uma produção média anual de  $2,95 \times 10^6$  m<sup>3</sup> ano de esgoto, que por sua vez produz os valores médios de 147,9 ton.ano<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 41,4 ton.ano<sup>-1</sup> de Fósforo, os quais mostraram-se bastante reduzidos em relação ao setor A2 (Médio curso). Este, no entanto, mostrou valores médios de fósforo e nitrogênio superior ao estimado por Lacerda & Sena (2005) para a Bacia Inferior do Rio Acaraú. O comparativo das estimativas pode ser visto na Figura 42.



**Figura 42** – Gráfico comparativo da estimativa de produção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, com base na população e produção de esgoto doméstico na área, com a carga estimada para a Bacia Inferior do Acaraú por Lacerda & Sena (2005).

Como pode ser observado, nos resultados obtidos, não é toda essa carga poluidora que chega ao Baixo curso, pois parte dela percola nos solos, outra fica retida nos reservatórios e o restante se dirige para o essa região. No setor A1, onde se encontra o ambiente estuarino, a concentração de poluentes vai depender do volume de água doce poluída, que vem da bacia, a montante, e do volume de água salgada que adentra o estuário. Sendo grande o volume de água marinha existe a possibilidade de diluição dos poluentes tendo em vista a sua grande ação depuradora.

#### **7.1.1.1.2. Estações de Tratamento de Água (ETA) e Esgoto (ETE)**

As águas servidas para o consumo humano, derivadas das necessidades diárias, fisiológicas ou não, carregam consigo fortes cargas orgânicas e patogênicas. Dessa forma, sua devolução aos corpos d'água deve ser precedida de tratamento, através das ETEs, para atenuar as suas cargas poluidoras. Nelas as formas de tratamento são variadas e dependem das exigências do órgão de controle ambiental baseadas em diversos fatores que geralmente estão correlacionados à situação dos corpos hídricos receptores do efluente final tratado.

De uma forma em geral, toda a área pesquisada apresenta problemas estruturais no que tange ao tratamento e destino das águas servidas. A exemplo de Sobral que conta com diversas Estações de Tratamento de Água e Esgoto, embora, a maioria esteja saturada ou funcione sem maiores rigores técnicos. O tratamento da água, neste município, é realizado com o gerenciamento do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) e responsável pela reestruturação de 70% do saneamento básico local.

Destaca-se, em Sobral, o problema de localização das estações elevatórias, que transportam água para ser tratada nas ETAs, instaladas próximas a córregos e/ou no próprio leito do Rio Acaraú. Portanto, no caso de haver algum problema estrutural a água contaminada é jogada diretamente no curso fluvial. A quantidade de elevatórias é de 07 estações (Figura 43).



**Figura 43** – Na foto A, elevatória Paulo Aragão e na B, elevatória Ecoa ambas instaladas às margens do Rio Acaraú, município de Sobral.

Nos demais municípios, as ETAs têm uma forma de tratamento simplificado com filtros mais a aplicação do cloro gasoso. Um agravante é o destino final das lavagens feita nos filtros purificadores, que na sua maioria são despejados no próprio Rio Acaraú (Figura 44).



**Figura 44** – Na foto A, resíduos da lavagem dos filtros na ETA de Santana do Acaraú, despejado diretamente no rio e na B, filtros da ETA de Morrinhos (Sede), tratamento simples.

De acordo com o levantamento realizado nos municípios integrantes da área de estudo, foi elaborada a Tabela 36 para se ter a noção da real situação encontrada nos mesmos, em relação ao tratamento da água e dos efluentes domésticos e industriais, com o seu respectivo destino final.

**Tabela 36** – Distribuição das ETAs e ETEs nos municípios integrantes do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, com as respectivas coordenadas e disposição final dos rejeitos.

Municípios	Estações de Tratamento de Água (ETA) e Esgoto (ETE)	Destino dos Efluentes	Coordenadas Geográficas (UTM)	
Sobral	ETA Dom Exedito	Lagoa	350218	9591183
	Elevatória Paulo Aragão	Lagoa	350883	9592334
	Elevatória da Fábrica Coelho	Lagoa	350689	9593315
	Elevatória Cezário Barreto II	Lagoa	351199	9593885
	Elevatória Cezário Barreto I	Lagoa	351436	9593998
	Elevatória Coração de Jesus	Lagoa	350192	9593181
	Elevatória Pólo Esportivo	Lagoa	350508	9592965
	ETE DERBY	Rio Acaraú	351743	9593211
	ETE COHAB I	Rio Acaraú	351880	9589627
	ETE COHAB II	Rio Acaraú	352315	9590996
	ETE Padre Palhano	Rio Acaraú	349000	9591310
	ETE Dom José	Rio Acaraú	348808	9591510
	ETE Vila União	Riacho Mucambinho	347866	9592646
	Elevatória Terrenos Novos	Riacho Mucambinho	347430	9593569
ETA Sumaré	Rio Acaraú	347928	9590437	
Meruoca	ETA Sede	Riacho Bom Jesus	337633	9609223
Massapê	ETA de Ipaguassú Mirim	Açude Acaraú-Mirim	357973	9611951
Morrinhos	ETA Junco Manso - distrito	Rio Acaraú	374184	9642857
	ETE (Lagoa de Estabilização da Prefeitura)	Rio Acaraú	374808	9643455
Marco	ETE (Lagoa de Estabilização)	Lagoa	342869	9643437
	ETA Sede	Rio Acaraú	372129	9654561
Santana do Acaraú	ETA Sede	Rio Acaraú	364779	9617814
	ETA Sapó - distrito	Rio Acaraú	370898	9626373
Bela Cruz	ETA Sede	Rio Acaraú	369299	9662152
	ETE 01	Rio Acaraú	369493	9662837
	ETE 02	Rio Acaraú	370523	9662886
	Estação Elevatória	Rio Acaraú	372625	9661902
	ETE (Lagoas de Decantação Particular)	Rio Acaraú	369031	9666931
Cruz	ETA Sede	Rio Acaraú	368671	9677266
Acaraú	ETA Sede	Rio Acaraú	375547	9680199
	ETE (Lagoas de Decantação)	Rio Acaraú	374967	9679882

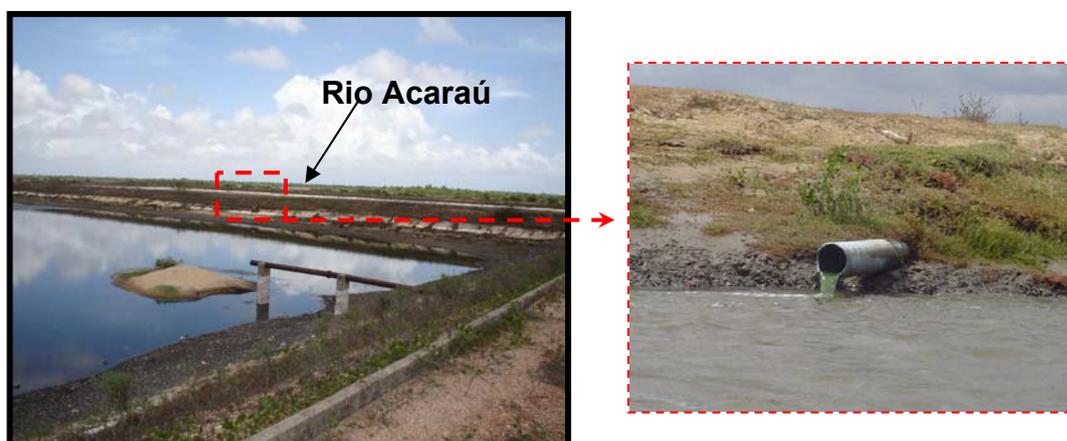
Fonte: Dados coletados em campo.

\*Obs:  Desneio indireto  
 Desneio direto

Normalmente, no entorno das ETEs às áreas são desvalorizadas devido aos sucessivos impactos ambientais negativos gerados pela presença delas, por mais que as concessionárias tentem minimizar os efeitos negativos gerados. Estas são estruturadas geralmente nas proximidades das áreas

urbanas dos municípios, por motivos de redução de custos e para otimizar as atividades desenvolvidas pela mesma.

No entanto, a localização de algumas ETEs são indevidas ou mal planejadas. Isso acontece pelo desconhecimento da legislação da prefeitura local ou pelas próprias concessionárias. Isto pode ser visto no município de Acaraú, onde a Estação de Tratamento de Esgoto está irregularmente instalada na planície de inundação do rio Acaraú, onde esta despeja também os seus efluentes sem tratamento algum (Figura 45).



**Figura 45** – Lagoas de Estabilização da ETE de Acaraú, receptora de parte dos efluentes domésticos do município, lançamento de efluentes *in natura* no canal fluvial.

Nas Estações de Tratamento de Esgoto é necessário, logo após sua implantação, acompanhar a evolução de sua performance até atingir as reais condições de tratamento desejadas. A razão disso é que existe um tempo, que depende do comportamento das bactérias que realizam a mineralização da carga orgânica o que, por sua vez, depende das condições físicas, químicas e biológicas do ambiente.

A falta de um programa de saneamento básico na maioria dos municípios do trecho estudado demonstra o descaso com a população e o meio ambiente. Um exemplo disso é o que acontece no município de Santana do Acaraú, onde a inexistência de uma ETE levou a comunidade a implementar

uma forma alternativa de tratamento dos resíduos domésticos, a Capineira (Figura 46), que seria uma espécie de vegetal colocado no local onde o esgoto é lançado na lagoa para que este torne mais “limpo” o efluente despejado no Rio Acaraú.



**Figura 46** – Capineira do João Galvino, no bairro do Cruzeiro, Lagoa de Estabilização “Natural” em Santana do Acaraú, receptora de parte dos efluentes domésticos do município, mau cheiro e residências nas proximidades.

#### 7.1.1.1.3. Resíduos Sólidos

A disposição inadequada de resíduos sólidos ou lixo produzido no solo é um problema grave em termos ambientais, sanitários e sociais. Segundo o censo do IBGE de 2000, nos municípios da área estudada, cerca de 36% dos resíduos sólidos urbanos são dispostos a céu aberto, isto é, em lixões, 0,3% em aterro controlado e 10,4% em aterro sanitário. O restante, cerca de 1%, é reciclado.

O principal impacto ambiental negativo é a contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas pelo *chorume* proveniente da decomposição bioquímica da matéria orgânica. Este líquido é altamente contaminante e pode alterar a qualidade química e biológica das águas de abastecimento, afetando, assim, a saúde pública dos municípios ribeirinhos e mais a jusante do rio.

A disposição dos resíduos sólidos poderia estar em outra situação se fosse exigido o cumprimento mínimo da legislação ambiental vigente. O município de Sobral é exemplo no que diz respeito ao destino final do lixo, com um aterro sanitário considerado um dos mais bem gerenciados no Estado, sem a presença de catadores e com a separação de pneus para co-processamento na fábrica de cimento da Votorantin.

Destaca-se, também, o aterro controlado em Santana do Acaraú que dispõe a maior parte dos resíduos sólidos, sendo construído fora do perímetro urbano (Figura 47). No entanto, ainda não possuem um projeto de coleta seletiva do lixo que gere renda e prolongue a vida útil do aterro, minimizando os impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública.



**Figura 47** – Na foto A, aterro sanitário de Sobral instalado a poucos quilômetros do sopé da Serra da Meruoca e na B, aterro controlado de Santana do Acaraú, próximo a um açude de captação de água para irrigação de culturas, são os únicos no trecho estudado.

Nos demais municípios, os resíduos sólidos são dispostos em lixões e/ou queimados, os quais também contribuem para a poluição e contaminação dos cursos d'água e do lençol freático (Figura 48).



**Figura 48** – Na foto A, lixão de Massapê, percolação do choro e poluição do lençol freático e na B, lixão de Acaraú, localizado a apenas 1km da sede municipal, região estuarina.

No período chuvoso, a situação se agrava, pois o escoamento superficial acaba por levar esses resíduos para as áreas planas, para os afluentes e finalmente para o leito do Rio Acaraú. Como resultado, parte desse material pode chegar ao estuário sendo comum a presença de lixo preso ao manguezal. No entanto, a falta de coleta na maioria dos municípios, associada à falta de conscientização da população, dificulta o adequado destino final do lixo, o que contribui para a poluição difusa. Os lixões são enquadrados como fontes pontuais, tendo em vista que produzem poluentes de forma constante.

A disposição de resíduos sólidos em lixões é uma prática que deve ser eliminada e substituída por uma política de gestão de resíduos, que deve compreender um conjunto de práticas, como a coleta seletiva, o reuso, a reciclagem, a incineração, a compostagem e a instalação de aterros sanitários. A exemplo, destaca-se o município de Cruz com a implementação de um programa de coleta seletiva, desde 2003, em galpões alugados pela Prefeitura (Figura 49). No momento o programa acontece somente na sede, começando a atingir através das escolas, os distritos mais afastados.



**Figura 49** – Programa de coleta seletiva no município de Cruz, no Baixo curso, o qual destaca-se na área pela iniciativa no tratamento (reciclagem) do lixo e na geração de emprego e renda.

Para que essas práticas funcionem adequadamente, há necessidade de envolvimento da própria população local, através de programas eficientes relacionados à educação ambiental.

#### **7.1.1.1.4. Atividade Agrícola**

A agricultura é a principal atividade econômica dos municípios inseridos na região do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. As principais explorações são a fruticultura (caju) e as culturas de subsistência (mandioca, banana, milho, feijão e arroz). Estas culturas ocorrem principalmente nas áreas de aluvião devido os solos serem mais férteis e pela disponibilidade de água. Nas regiões de tabuleiros dá-se preferência à fruticultura com destaque para o caju e a produção agrícola é praticamente toda consumida na região pela população ou pelas indústrias alimentícias.

No caso, é considerada poluição difusa, pois ocorre quando o manancial absorve insumos agrícolas, oriundos das culturas que são evidentes na região estudada. Esta também contribui para o processo de eutrofização do Rio Acaraú, destacando-se a carga de N e P, que causam desequilíbrio no ecossistema aquático devido aos intensos processos de assoreamento do

canal fluvial. Este ocorre pelo carreamento de sedimentos que a chuva provoca para o rio, onde juntos vão os insumos agrícolas oriundos da poluição difusa.

A presença do sedimento deixa a água com padrões altos de turbidez, os quais vão se acumulando no leito do rio deixando-os mais rasos e com a vazão diminuída. Na região em questão o assoreamento é decorrente da forma inadequada de utilização do solo para o desenvolvimento de atividades agrícolas de subsistência e também pelas culturas de vazante (Figura 50).

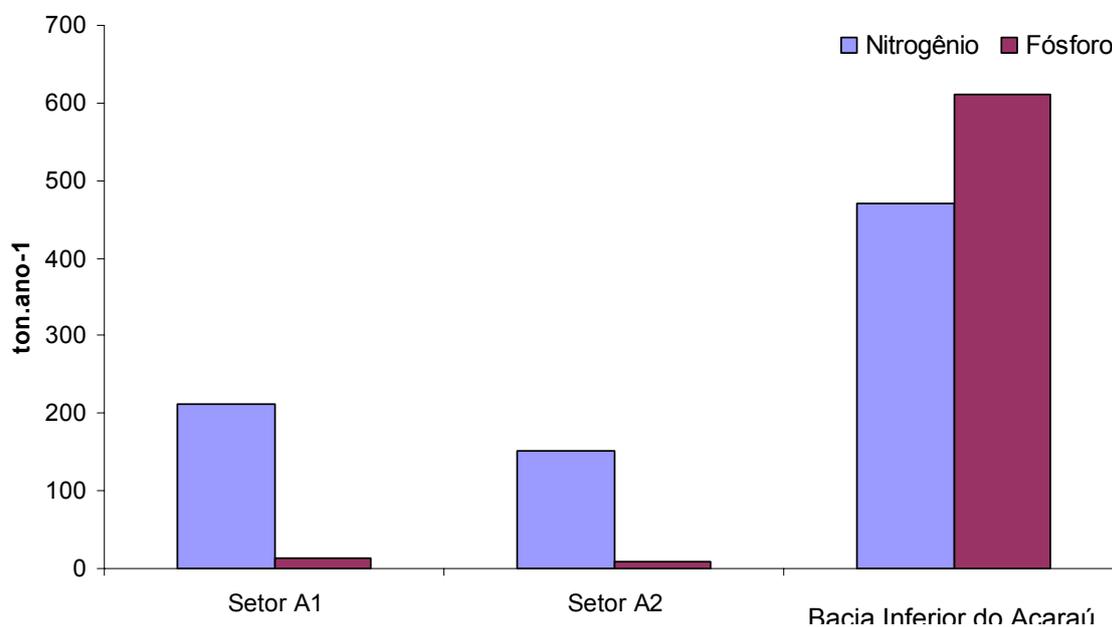


**Figura 50** – Na foto A, cultura de vazante (arroz), poluição pelo uso de agrotóxicos e na B, plantação de milho, captação do açude Oriente, para irrigação, ambas com ocorrência no município de Santana do Acaraú.

A agricultura é uma das principais fontes do excesso de nitrogênio e fósforo nas áreas não urbanizadas. Onde pela ação das águas das chuvas e da irrigação, os nutrientes utilizados são carreados para o solo, conjuntamente, com adubos nitrogenados para as águas superficiais e subterrâneas, gerando a contaminação das mesmas, através da percolação e do escoamento superficial desse material para os cursos d'água. O percentual de nitrogênio e fósforo aplicados como fertilizantes varia com o tipo de solo e prática agrícola. De um modo geral, solos argilosos perdem de 10% a 40% dos nutrientes aplicados como fertilizantes, enquanto que em solos arenosos a perda pode atingir de 25% a 80% Howarth *et al.* (1996, *apud* LACERDA & SENA, 2005).

Com relação à estimativa de carga de contribuição da agricultura, levou-se em consideração somente parte dos municípios integrantes de cada setor delimitado, no que condiz a abrangência do limite da bacia. A principal contribuição de nitrogênio e fósforo, nos setores A1 e A2, é oriunda da cajucultura, principalmente devido a sua grande extensão de área plantada e apesar da utilização relativamente pequena de fertilizantes. Segue-se, também, em importância na área às culturas de algodão, milho, mandioca e feijão. Esses cultivos apresentam uma necessidade diferenciada por determinados nutrientes, a qual é geralmente suprida pela adição de fertilizantes ricos em N e P (ANDRADE, 1991).

A partir disso, estimou-se que a agricultura, no setor A2, tem uma contribuição média aproximada de 151,6 ton.ano<sup>-1</sup> de Nitrogênio. A produção média de Fósforo foi estimada em 9,4 ton.ano<sup>-1</sup>. No entanto, no setor A1, os valores médios de Nitrogênio foram de 212,2 ton.ano<sup>-1</sup> de e 14,2 ton.ano<sup>-1</sup> de Fósforo (Figura 51).



**Figura 51** - Gráfico comparativo da estimativa de produção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, com base nas áreas de cultivo e principais culturas encontradas na área, com a carga estimada para a Bacia Inferior do Acaraú por Lacerda & Sena (2005).

Esses valores tiveram um aumento significativo dos valores médios de nitrogênio, do Médio para o Baixo curso, pelo grande número de áreas plantadas à medida que se aproxima da zona costeira. Quando comparados as estimativas de Lacerda & Sena (2005) para a Bacia Inferior do Acaraú, observa-se uma redução significativa nos valores médios de Nitrogênio em 61,4% e na de Fósforo em 98%, nos respectivos setores. Na região dos Tabuleiros, os solos são mais propícios ao cultivo da mandioca e do caju, onde de acordo com os dados do IBGE (2001) as áreas ocupadas por ambas é de cerca de 33.663,6 hectares.

### **7.1.1.2. Fontes Pontuais de Poluição**

#### **7.1.1.2.1. Matadouros e Currais**

Associada à atividade pecuarista identificou-se a presença de matadouros públicos municipais. No geral, os matadouros públicos e privados, nas áreas rurais e urbanas da área de estudo, não apresentam condições adequadas de higiene e de tratamento de seus efluentes.

Quando ocorre o abate do animal, o local é geralmente lavado, mas os seus resíduos são lançados a céu aberto, poluindo os solos e os aquíferos locais e/ou transformam-se em córregos intermitentes que escoam até atingir algum riacho ou rio mais próximo (Figura 52).



**Figura 52** – Na foto A, matadouro localizado no município de Acaraú, região estuarina, efluentes a céu aberto e conjunto habitacional ao fundo e na B Matadouro de Massapé, Médio curso, vísceras de animais e efluentes jogados no riacho Contendas.

Os currais encontrados, na área estudada, dão suporte à pecuária extensiva em desenvolvimento na região e podem ser considerados como fontes pontuais de contaminação. Os tipos de criação característicos da região estudada são, principalmente, a bovina, suína, caprina, ovina e de aves (Figura 53).

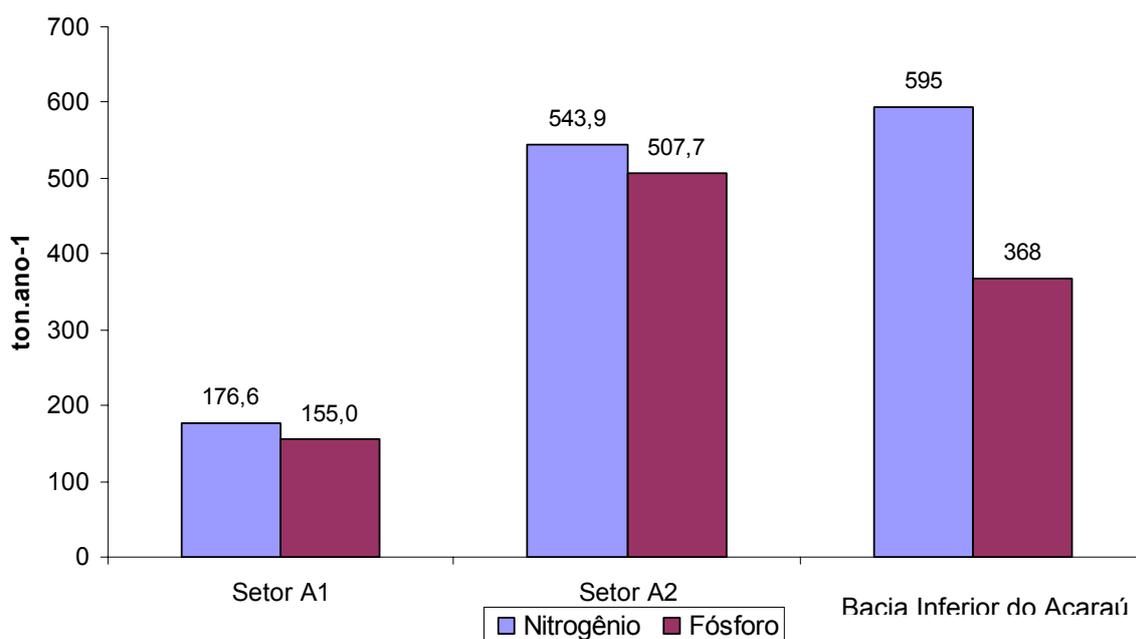


**Figura 53** – Na foto A, curral localizado junto às margens do curso fluvial, na região estuarina do Rio Acaraú e na B, pecuária extensiva, dessedentação do gado dentro do curso d'água, ao fundo casas às margens do rio, área de risco em Santana do Acaraú.

A pecuária se constitui de uma importante fonte de nutrientes, associado aos rejeitos da criação de animais, em áreas rurais, para os solos e daí para águas subterrâneas e superficiais. Entretanto, a transferência de nutrientes não ocorre de forma direta, onde cerca de 10% do N e P consumido pelo animal é incorporado ao crescimento de sua biomassa e o restante liberado sob forma de dejetos tende a ser incorporado ao solo Bouwman & Booij, (1998, *apud* LACERDA & SENA, 2005). De acordo com o National Research Council (1993, *apud* LACERDA & SENA, 2005) cerca de 40% a 65% da carga incorporada ao solo é absorvida pelas plantas nativas ou cultivadas.

A carga estimada de contribuição da atividade pecuarista levou em consideração somente parte dos municípios integrantes de cada setor delimitado, no que condiz a abrangência do limite da bacia. E o cálculo teve como base os dados do IBGE (2001) relativos à produção de dejetos pela quantidade de animais, existentes nos municípios da região do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. Nessas áreas, com exceção da criação de aves e suínos, os outros tipos de gado são criados em forma extensiva, tendo uma alimentação de pastos naturais que provavelmente são mais pobres em nutrientes. De acordo com o (LACERDA & SENA, 2005), para a avicultura, foi aplicado um fator de redução de 80%, que reflete o uso intensivo dos dejetos desta atividade pecuária, os quais são comercializados para produtores locais como adubo orgânico. Já a criação suína, apresenta-se com cerca de 30% do total de cabeças utilizadas para o cálculo das cargas de nutrientes.

Com isso, estimou-se para o setor A2, a produção média de 543,9 ton.ano<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 507,7 ton.ano<sup>-1</sup> de Fósforo. No setor A1, os valores médios encontrados foram de 176,6 ton.ano<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 155,0 ton.ano<sup>-1</sup> de Fósforo. Os resultados encontrados foram comparados aos estimados por (LACERDA & SENA, 2005) para a Bacia Inferior do Rio Acaraú, ver Figura 54.



**Figura 54** - Gráfico comparativo da estimativa de produção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, pela quantidade de animais encontrada na área, com a carga estimada para a Bacia Inferior do Acaraú por Lacerda & Sena (2005).

Nota-se que a emissão de nitrogênio e fósforo pela pecuária, em ambos os setores A1 e A2, é dominada por rebanhos de bovinos, caprinos e ovinos pela quantidade de cabeças (122.862 animais) e maior volume total de dejetos (248.991 ton.ano<sup>-1</sup>). Embora o conteúdo de fósforo nos dejetos seja menor que o de nitrogênio, a perda para a atmosfera da amônia excretada pelos animais resulta em contribuição relativamente similar entre os dois nutrientes (LACERDA & SENA, 2005). Faz-se relevância também a localização inapropriada de currais e matadouros próximos aos cursos d'água, onde os dejetos de lavagens e as vísceras dos animais abatidos são lançados *in natura* na bacia de drenagem, isso se torna mais evidente no setor do Médio curso.

As estimativas encontradas podem ser explicadas pela abrangência da área estudada, observando-se que não podem ser desconsideradas as contribuições ocorrentes ao longo de toda a bacia de drenagem, incluindo o seu alto curso, mesmo que parte desses poluentes fique retido em

reservatórios instalados ao longo do curso fluvial em questão, como o Ayres de Souza, em Sobral, e o Acaraú-Mirim, em Massapê.

#### **7.1.1.2.2. Carcinicultura**

O desenvolvimento da carcinicultura vem se intensificando no Brasil, principalmente no Nordeste, em função da alta rentabilidade econômica, elevada produtividade e fácil adaptação.

A criação de camarão, por ser hoje um grande produto de exportação para o Estado do Ceará, tem se desenvolvido e com isso aumentado a sua produção, no entanto, gerando uma maior preocupação em relação aos impactos ambientais provocados nos ecossistemas naturais, principalmente no que diz respeito à poluição hídrica. Esta também foi identificada no estuário do Rio Acaraú, a exploração dessa atividade é tratada como fonte de poluição pontual com grande contribuição para o sistema estuarino, que é agravada devido à falta de uma fiscalização adequada.

O estuário do Rio Acaraú sofre com as agressões nas suas áreas marginais devido tanto à extração de sal quanto a carcinicultura, que nos últimos anos vem crescendo de forma desordenada no município de Acaraú, com cerca de 50 fazendas registradas, segundo dados levantados pela SEMACE, onde se podem destacar as maiores fazendas locais, a ARTEMISA com 220 hectares, com captação marinha e efluentes despejados em gamboas e a LAGOA AZUL com 120 hectares, com captação e despejo de efluentes (água residuária) acontece na mesma gamboa (Figura 55). Esta última destaca-se na área por apresentar o selo ISO 14001, obtido em 2005, pela implementação de um trabalho social com a comunidade local.



**Figura 55** – Na foto A, viveiros e ponto de captação marinho da fazenda de camarão ARTEMISA e na B, captação e despejo na mesma gamboa, fazenda LAGOAZUL, ambas localizadas em Acaraú, estuário do Rio Acaraú.

Essa atividade gera grandes impactos no ambiente estuarino, a exemplo, para a construção de ambas as fazendas destacadas acima, foram desmatadas grandes áreas de vegetação, tais como Apicum, Salgado e o próprio Manguezal. No entanto, são evidentes outras agressões, como a erosão do solo, canalização fluvial, alteração da biodiversidade local e aumento na produção de nutrientes alterando de forma significativa a qualidade da água no estuário.



**Figura 56** – Na foto A, captação por fazenda de camarão no canal fluvial do Rio Acaraú, para abastecimento dos viveiros e na B, salina abandonada, desmatamento do mangue e contaminação do solo.

A drenagem das águas dos viveiros diretamente nos corpos receptores representa um fator potencial de assoreamento e de ameaça aos usos prioritários de abastecimento humano. Como acontece também com as salinas que apresentam risco imediato com o seu rejeito, na poluição dos aquíferos principalmente aluvionares.

#### **7.1.1.2.3. Indústrias**

A contribuição das indústrias pode ocorrer em função do lançamento em rios e córregos dos rejeitos industriais, que na sua maioria são altamente tóxicos. As cargas poluidoras de resíduos são enormes (milhares de toneladas diárias) e seu destino é duvidoso, pois seu controle nem sempre é eficaz, além do que os custos envolvidos no descarte e controle, tornam-se extremamente elevados.

Os poluentes resultantes das indústrias comprometem a qualidade das águas dos rios, de lagoas próximas, açudes, reservatórios e afluentes. Em alguns casos é possível perceber a ocorrência de eutrofização do corpo hídrico quando existem canais e lagoas, pertencentes à bacia, próximos aos locais de despejos de contaminantes industriais.

A construção civil é a atividade que gera o maior volume de resíduos urbanos e pode ser considerada a maior em consumo de recursos naturais. Destacando-se a área de pavimentação, tanto urbana, quanto rodoviária. Onde esta proporciona a impermeabilização os solos, o desmatamento desordenado das vegetações locais e ribeirinhas e destruição das margens dos cursos fluviais para retirada de areia e argila (Figura 57). Assim, estes impactos negativos acabam por aumentar, o escoamento superficial, o risco de enchentes regulares e o assoreamento do canal fluvial.



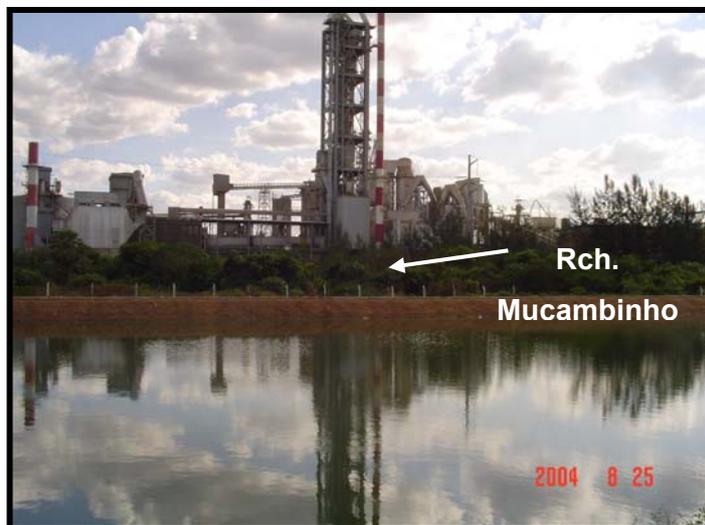
**Figura 57** – Retirada de areia e argila, das margens do Rio Acaraú, município de Cruz, para abastecimento da construção civil e de olarias.

No Médio curso da bacia do Rio Acaraú encontra-se o maior pólo industrial emergente da região centro-norte do Estado do Ceará, o município de Sobral, que por ser constituído de indústrias de grande porte como a caçaldista GRENDENE, a alimentícia Coelho, a de cortumes Bermas e a cimenteira Votorantin, dependendo do tipo de tratamento dado aos efluentes, podem contribuir para o processo de contaminação, de forma direta ou não, do Rio Acaraú, o que representa mais um fator de degradação ambiental. Como é evidente na Figura 58, onde existe a percolação e a contaminação do lençol freático pela deficiência do sistema de esgoto.



**Figura 58** – Esgoto a céu aberto da GRENDENE, município de Sobral.

Já no bairro da Vila União, em Sobral, pode-se observar na Figura 59, que na margem direita encontra-se a Fábrica de cimento da Votorantin e na esquerda, lagoas de estabilização.



**Figura 59** – Fábrica da Votorantin com detalhe para o riacho Mucambinho próximo ao sistema de tratamento.

Ademais, o crescente processo de urbanização provoca adensamentos populacionais com problemas de saneamento básico, inexistente ou deficitário, podendo se constituir como um grande problema de saúde pública, com o grande volume de esgotos a céu aberto, lagoas formadas por águas servidas, dentre outros. Como forma de proteger os ativos ambientais, Unidades de Conservação foram instaladas, como a Área de Preservação Ambiental (APA) do Córrego e a APA do Uruguai, ambas na sede de Sobral.

#### **7.1.1.2.4. Pedreiras**

As pedreiras estão localizadas na área de estudo no topo da Serra da Meruoca e no seu sopé, são elas, a Verde Ceará e a da Racha, estas funcionam sem o aval do órgão ambiental e que também tem promovido, em grande escala, intensa degradação local, com o aumento das zonas de erosão, desmatamentos, provocando assoreamento e poluição dos cursos d'água, como o riacho da Barra e o Contendas, onde ambos vertem para o Rio Acaraú (Figura 60).



**Figura 60** – Na foto A, a pedreira Verde Ceará, localização irregular a 854 metros, área de APP na Serra da Meruoca, blocos de rocha cortados com o uso de dinamite, a cerca de 03 km da mineração e na B, a pedreira da Racha, em Massapê, rejeitos no riacho Contendas.

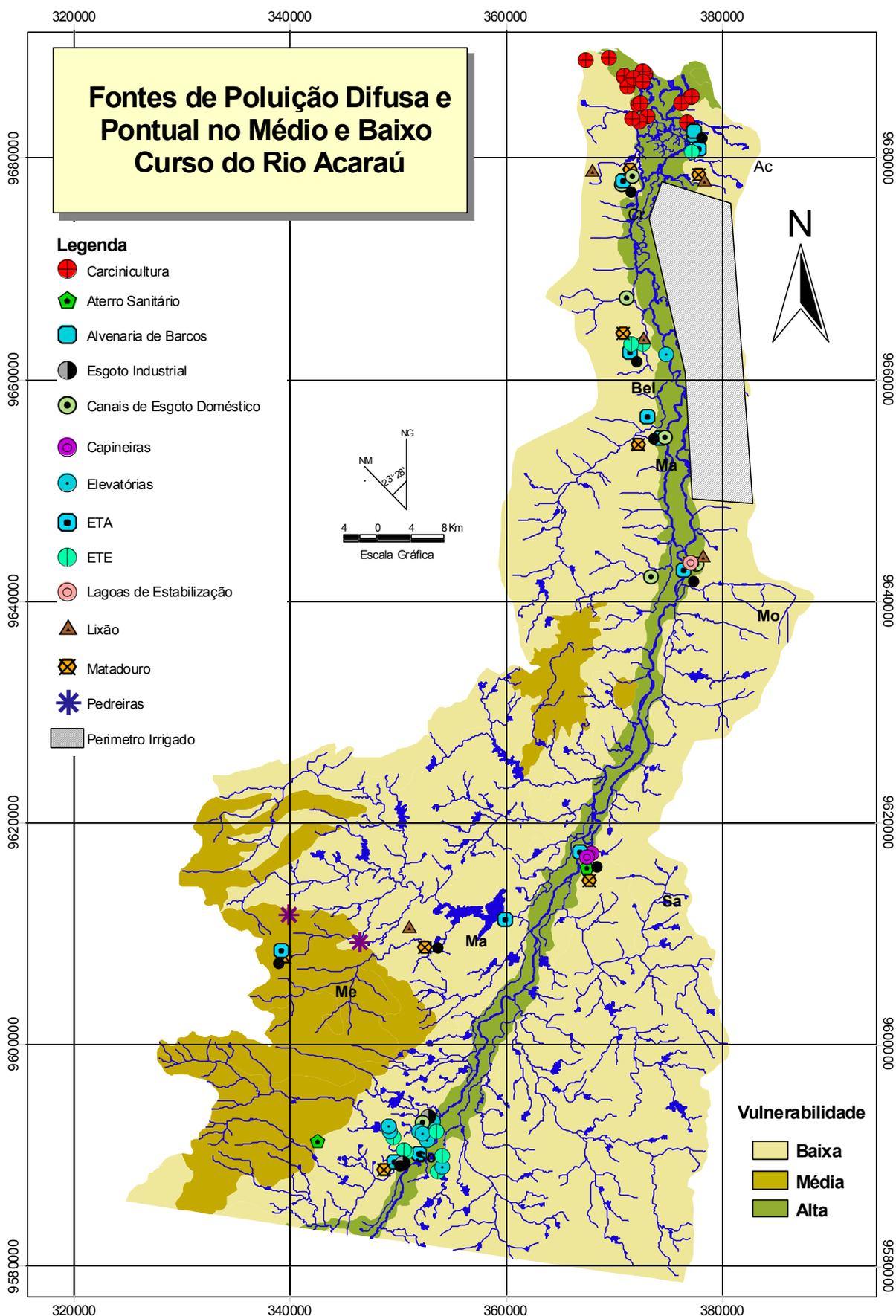
Além é claro, das Áreas de Preservação Permanente, como os cumes com declividade acentuada (a partir de 45°), bem com os de cota acima de 800 metros de altitude. Contudo, a legislação ambiental não é respeitada e a fiscalização das mesmas é inexistente ou deficitária, sendo que o ambiente sofre degradações diversas.

A região da Serra da Meruoca é privilegiada pela paisagem exibida nas formas do relevo, pelas fontes de água mineral, pela vegetação e por um clima serrano relativamente ameno. Além disso, a área apresenta inúmeros aspectos que contribuem para que atividades ecoturísticas sejam facilmente incrementadas na economia regional. No entanto, com a atuação desta atividade de mineração, acaba por comprometer a atividade turística, tornando-a restrita e perigosa.

Por fim, em relação às atividades impactantes identificadas ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, torna-se necessário à realização do monitoramento em determinadas áreas, para tentar diminuir a quantidade de poluentes produzidos por estas atividades. Com relação às indústrias e o destino final de seus efluentes, devem ter fiscalização e monitoramento rígidos. As formas de uso e ocupação inadequadas nas regiões urbanas devem ser

extintas, por causa do aumento da produção de esgoto doméstico sem tratamento e o uso de fertilizantes e agrotóxicos, os quais permitem o aumento da poluição do Rio Acaraú.

A partir da identificação das principais fontes de poluidoras difusas e pontuais do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, foi elaborado o Mapa dos Pontos de Poluição, onde estes foram organizados e georeferenciados no banco de dados espacial (Figura 61). Este obedeceu ao levantamento efetuado na bacia, onde constam informações sobre as fontes poluidoras mais significativas, como as áreas urbanas que contribuem com seus resíduos sem tratamento, lavagem de filtros nas ETA's, efluentes da carnicultura e de ETEs, resíduos sólidos de lixões, aterros sanitários, matadouros e das pedreiras.



**Figura 61** – Fontes de pontuais e difusas de poluição no trecho estudado da bacia hidrográfica do Rio Acaraú.

## **7.2. A Qualidade dos Recursos Hídricos no Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú**

A proposta de gestão municipal para garantir a qualidade dos recursos hídricos reforça a necessidade de incorporar as preocupações ambientais nas políticas públicas como ingrediente essencial na conquista do desenvolvimento sustentável.

Com base nas características geográficas da região estudada, evidenciou-se a falta de uma estruturação apropriada de saneamento básico na maioria dos municípios integrantes da bacia, onde se destacaram, como principais problemas sanitários, a destinação final do resíduo sólido (lixo) e o tratamento de esgoto. Os lixões e aterros sanitários, por exemplo, além de serem soluções apenas temporárias, são focos potenciais de poluição das águas superficiais e subterrâneas, o que compromete o abastecimento das comunidades locais.

No caso, dos efluentes domésticos e industriais, estes devem receber tratamento adequado antes de serem lançados nos cursos d'água. Além disso, deve-se controlar a capacidade de absorção da carga de efluentes lançados, procurando minimizar os impactos ambientais negativos.

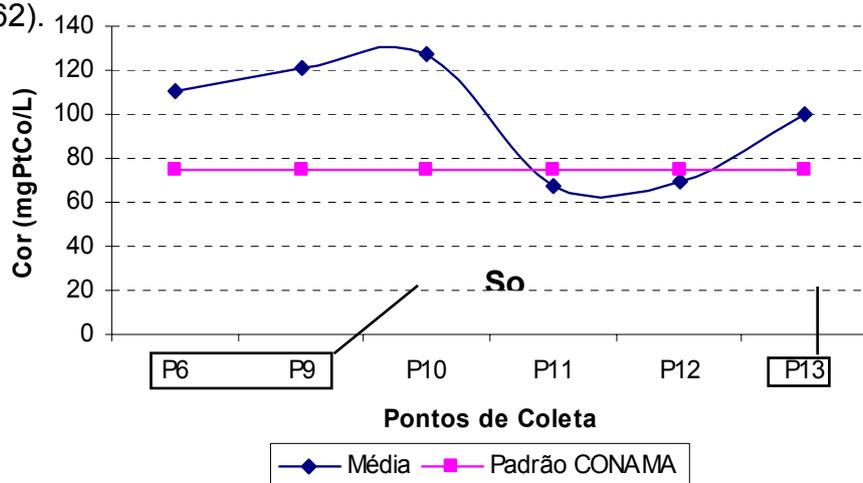
Com a finalidade de se avaliar a qualidade da água, tornou-se relevante as análises dos resultados das amostras coletadas por (FIGUEIREDO *et al.*,2005) em 13 estações, das quais 06 dispõem-se ao longo do trecho pesquisado. Estes pontos estão distribuídos do Médio curso, a partir do município de Sobral, e de parte do Baixo curso, até o município de Cruz, enquadrando-se nos padrões de Classe II (água doce), conforme estabelece a Resolução CONAMA 357/2005. A Tabela 37 apresenta os pontos de coleta das amostras para as análises efetuadas no corpo hídrico em questão.

Tabela 37 - Identificação dos Pontos de Coleta em seções no trecho do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú.

Estações de Coleta	Identificação dos Pontos	Coordenadas Geográficas (UTM)
06	Rio Acaraú. Ponte à montante de Sobral. Bifurcação do fluxo. Plantio de pimenta.	0349172; 9590218
09	A jusante de Sobral	0351022; 9601320
10	Rio Acaraú. Próximo à captação da CAGECE, Município de Santana do Acaraú.	0364839; 9617638
11	Rio Acaraú. Passagem Molhada, Município de Morrinhos.	0374470; 9643161
12	Rio Acaraú. A jusante da Barragem, Município de Marco.	0375051; 9656177
13	Rio Acaraú. – Na ponte do município de Cruz	0370660; 9677445

Fonte: Figueirêdo *et al.* (2005).

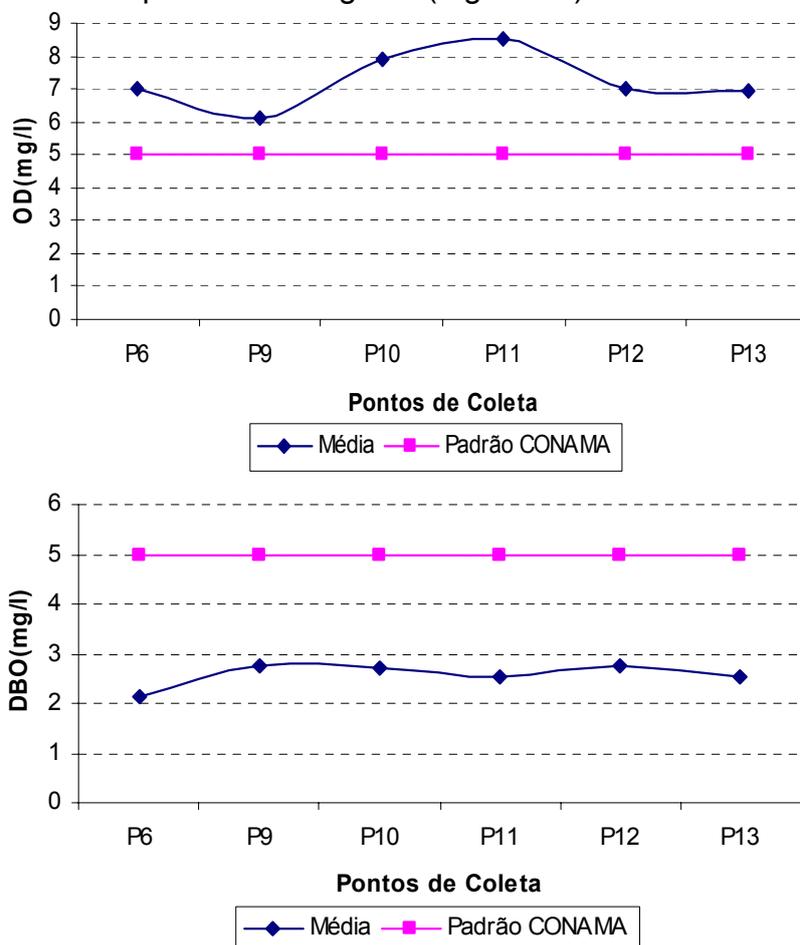
Os parâmetros de qualidade da água nos respectivos pontos foram analisados durante o ano de 2004 através de coletas trimestrais de amostras de água, respectivamente. Foram analisados os parâmetros de Cor, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Fósforo, Amônia Total e Coliformes Termotolerantes (NMP). Os resultados obtidos foram comparados com os padrões estabelecidos pelo CONAMA 20/86, onde mostram que a Cor encontra-se fora do padrão na maioria dos pontos de coleta (Figura 62).



**Figura 62** - Valores de Cor da água nas amostras das seções ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. (Padrão CONAMA 20/86 de 75mgPtCo/L).

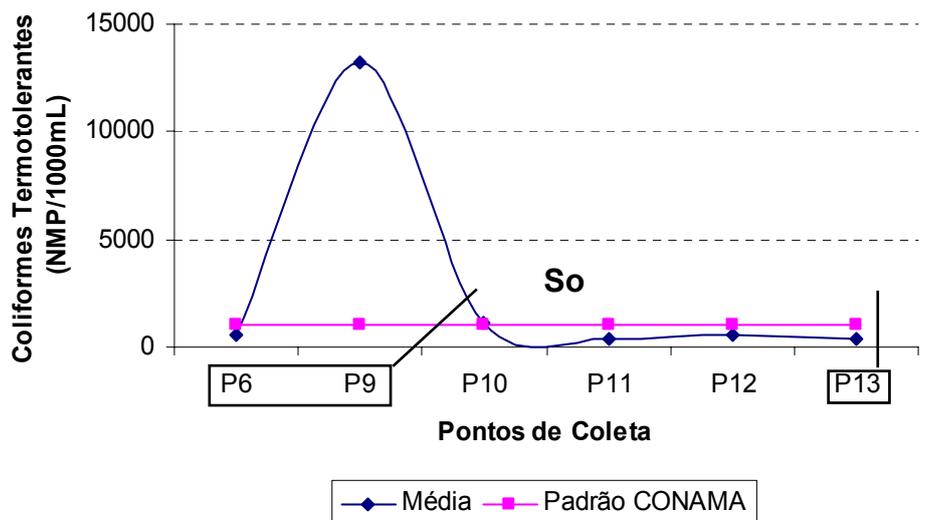
Fonte: Figueirêdo *et al.*(2005).

Mas, já o oxigênio dissolvido apresentou-se dentro dos padrões em todos os pontos, mas com índices relativamente baixos no ponto 09, assim como a demanda bioquímica de oxigênio (Figura 63).



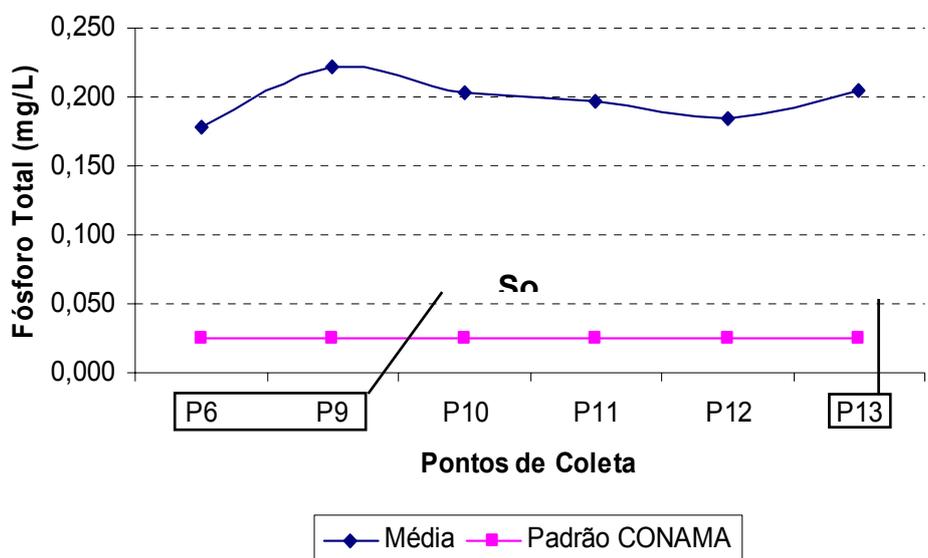
**Figura 63** - Variação de OD e DBO nas amostras de água das seções ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. (Padrão CONAMA 20/86 p/ OD > 5mg/L e DBO < 5mg/l). Fonte: Figueirêdo *et al.* (2005).

Com relação aos Coliformes Termotolerantes, indicador de contaminação fecal, a Figura 64 mostra que os valores mais altos, acima do padrão CONAMA de 1000 NMP/100mL, foram observados nos pontos 09 e 10, sendo o primeiro, à jusante do município de Sobral, o que apresentou maior valor. Isto se deve ao despejo excessivo de efluentes sanitários, domésticos e industriais, sem o tratamento adequado, no retorno para o curso fluvial.

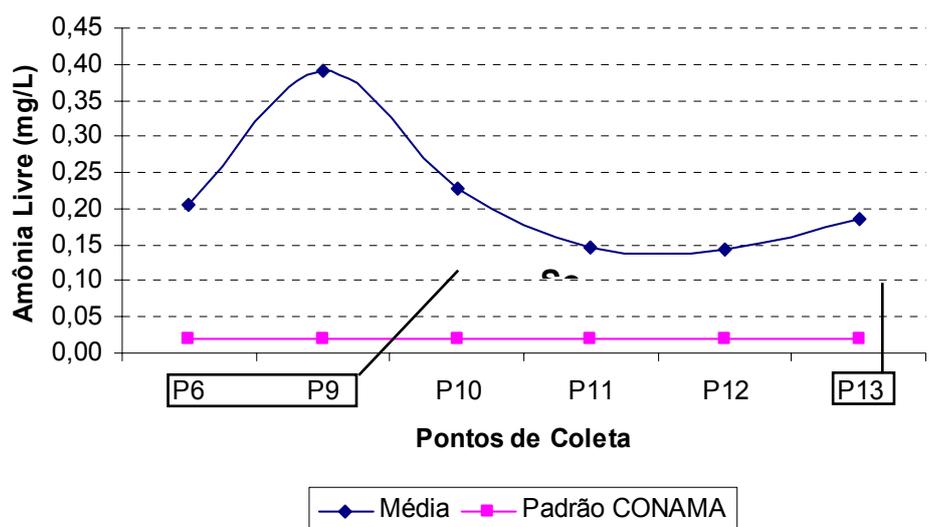


**Figura 64** – Resultados de Coliformes Termotolerantes nas amostras de água das seções ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. (Padrão CONAMA 20/86 de 1000 NMP/100L). Fonte: Figueirêdo *et al.* (2005).

De acordo com os resultados obtidos houve variação significativa dentro dos padrões estabelecidos pela legislação para as Classes propostas, nos parâmetros fósforo total e amônia livre, sendo as maiores concentrações de fósforo, observadas novamente no ponto 09 (Figura 65 e 66).



**Figura 65** - Resultados de Fósforo Total nas amostras de água das seções ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. (Padrão CONAMA 20/86 de 0,025 mg/L). Fonte: Figueirêdo *et al.* (2005).



**Figura 66** – Resultados para Amônia Livre nas amostras de água das seções ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú. (Padrão CONAMA 20/86 de 0,025 mg/L). Fonte: Figueirêdo *et al.* (2005).

As altas concentrações de fósforo e nitrogênio amoniacal associam-se à poluição por esgotos domésticos e/ou fertilizantes agrícolas utilizados nas culturas de sequeiro e através dos tipos de drenagem utilizados nos perímetros irrigados (Baixo Acaraú), bem como por outras fontes difusas e pontuais, como efluentes de ETEs e dejetos de currais e matadouros.

## **8. OS IMPACTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA E SUAS REPERCUSSÕES NA ZONA COSTEIRA**

---

A Zona Costeira é testemunha do intercâmbio existente entre o continente e o mar, nos aspectos físicos, químicos, biológicos e geológicos, como também nos aspectos políticos, econômicos e sociais.

A importância e o interesse direto na Zona Costeira é demonstrado pela presença de assentamentos humanos, com atividades de comércio e indústria. A proximidade dessas regiões, densamente povoadas, dos ecossistemas costeiros e a importância deles, para a produção de recursos vivos marinhos, condicionam conflitos de interesses, entre diversos setores de atividade: urbanização, indústria, comércio, subsistência, serviços portuários, carcinicultura, pesca, e turismo, estes expondo os ecossistemas costeiros diferentes níveis de modificações e transformações.

As modificações provocadas pelo impacto da atividade antrópica no ecossistema costeiro, adquirem importância devido à velocidade e gravidade que podem assumir, em termos absolutos e imediatos, ou pelo acúmulo de efeitos resultantes de um processo persistente. Portanto, estas modificações, quando má administradas e sem controle, ocasionam danos irreparáveis aos ecossistemas estuarinos e a biodiversidade nas regiões costeiras.

A vulnerabilidade dos ecossistemas existentes na Zona Costeira, tais como, dos estuários, manguezais, lagoas costeiras, dentre outros, às fontes terrestres de poluição é igualmente notória, sendo nas áreas costeiras que se faz o despejo da maior quantidade de detritos e resíduos humanos, onde também ocorrem problemas mais críticos em relação ao ambiente marinho.

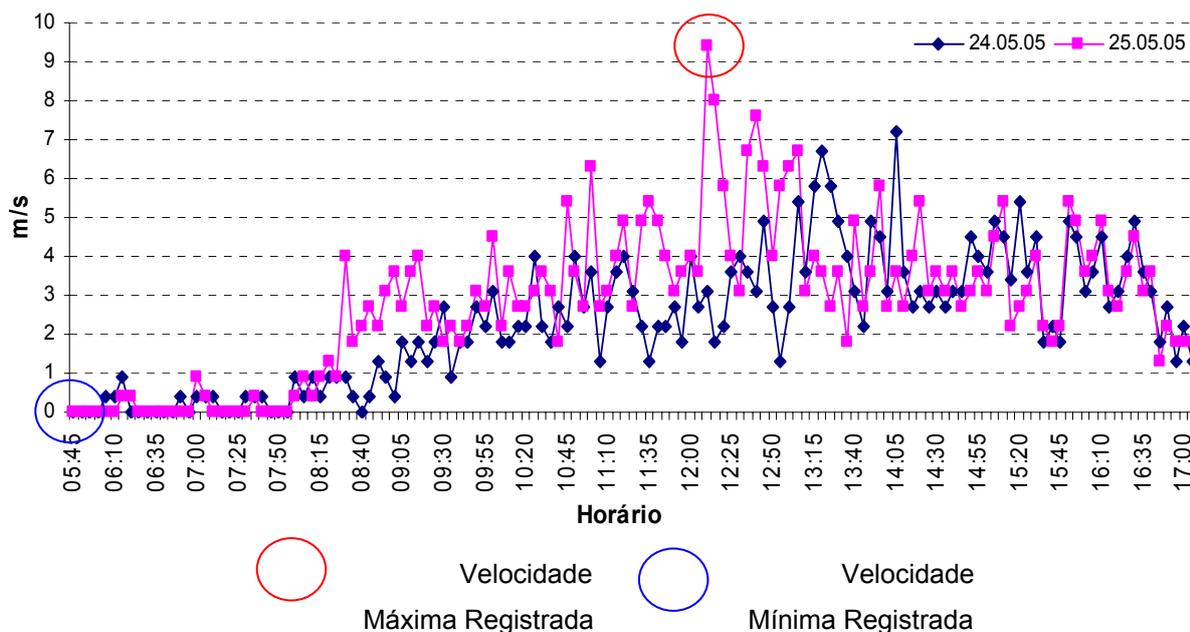
## 8.1. A Dinâmica do Estuário do Rio Acaraú e o Nível de Degradação Ambiental

### 8.1.1. Aspectos Oceanográficos

#### 8.1.1.1. Ventos

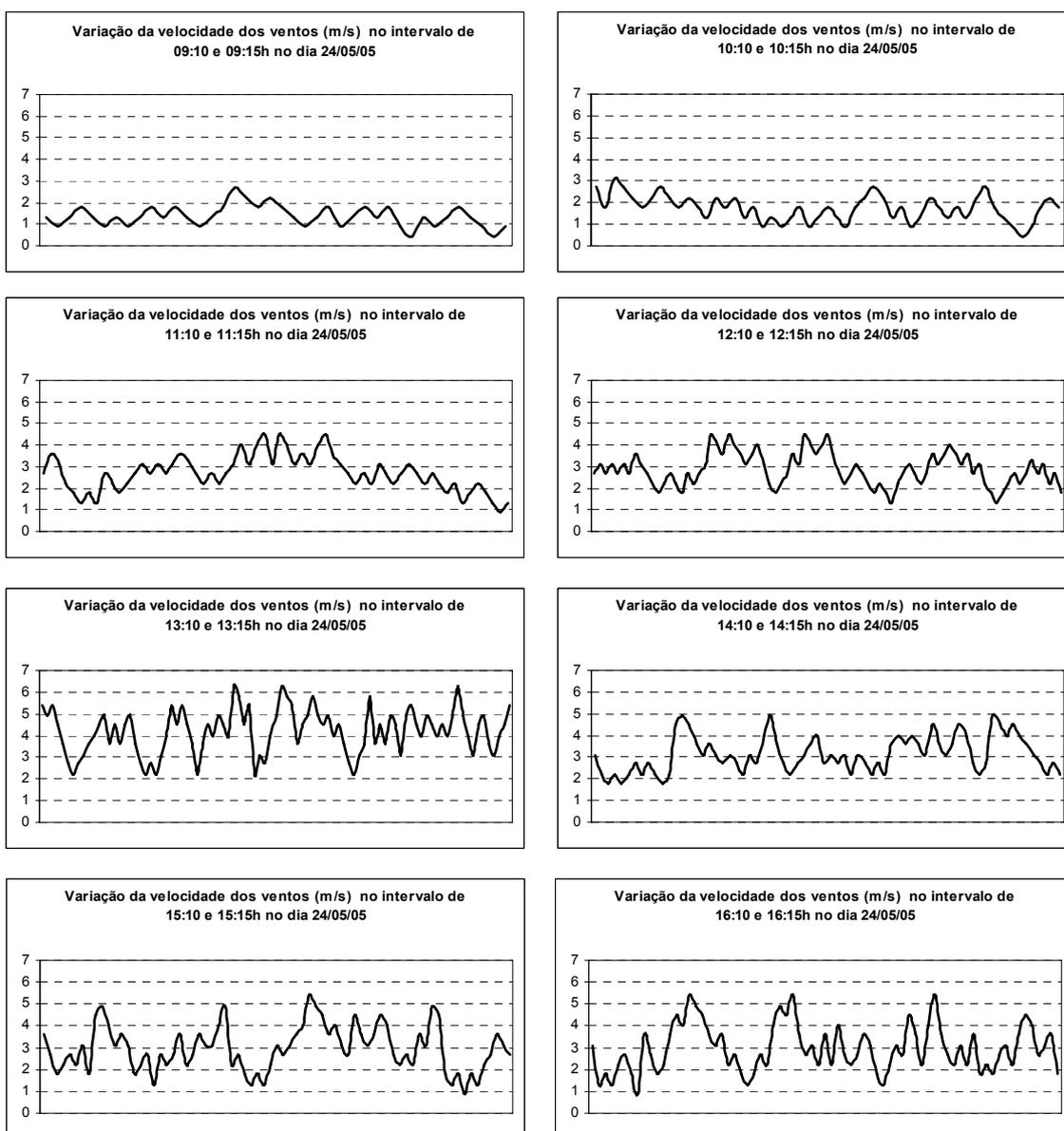
A paisagem é bastante diversificada, na região costeira cearense, em função da influência do conjunto de fatores climáticos fazendo com que a região apresente condições atmosféricas diferenciadas entre a faixa úmida e sub-úmida. Os ventos são de grande relevância para a zona costeira, contribuindo significativamente para a modificação constante da costa, através do transporte de sedimentos e na geração de ondas.

Os registros de direção e velocidade dos ventos na área do estuário, no período chuvoso, apresentam velocidade média de 2,56 m/s, com valor máximo de 9,4 m/s e mínimo de 0 m/s. As rajadas mais intensas ocorreram no começo da manhã (8:15h) com diminuição ao final da tarde (17:05h) (Figura 67).

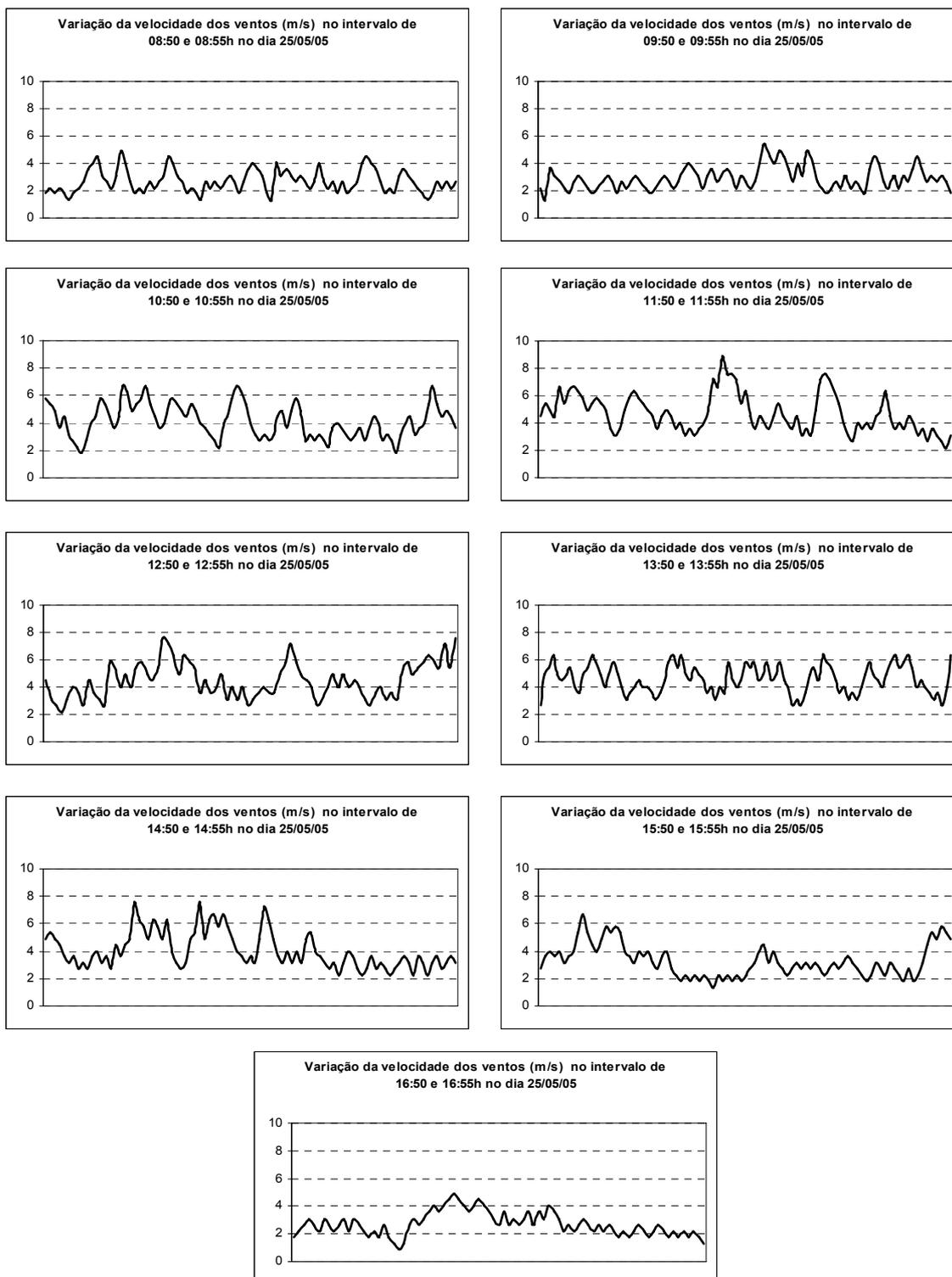


**Figura 67** – Gráfico de velocidade de vento em m/s no mês de maio de 2005, período chuvoso.

Nos dias 24 e 25/05/05 foram realizadas medidas referentes às rajadas de vento com intervalo de 01 hora, durante 05 minutos. A hora inicial foi (09:10h) e a final (16:10h) no primeiro dia. No seguinte, os registros tiveram início as (08:50h) com término as (16:50h), onde se obtiveram com esses dados para ambos os dias, a velocidade máxima de 7,6 m/s, mínima de 0,9 m/s e com média de 4,02 m/s para ambos os dias de leitura (Figura 68 e 69). A direção predominante das rajadas concentrou-se no sentido E.

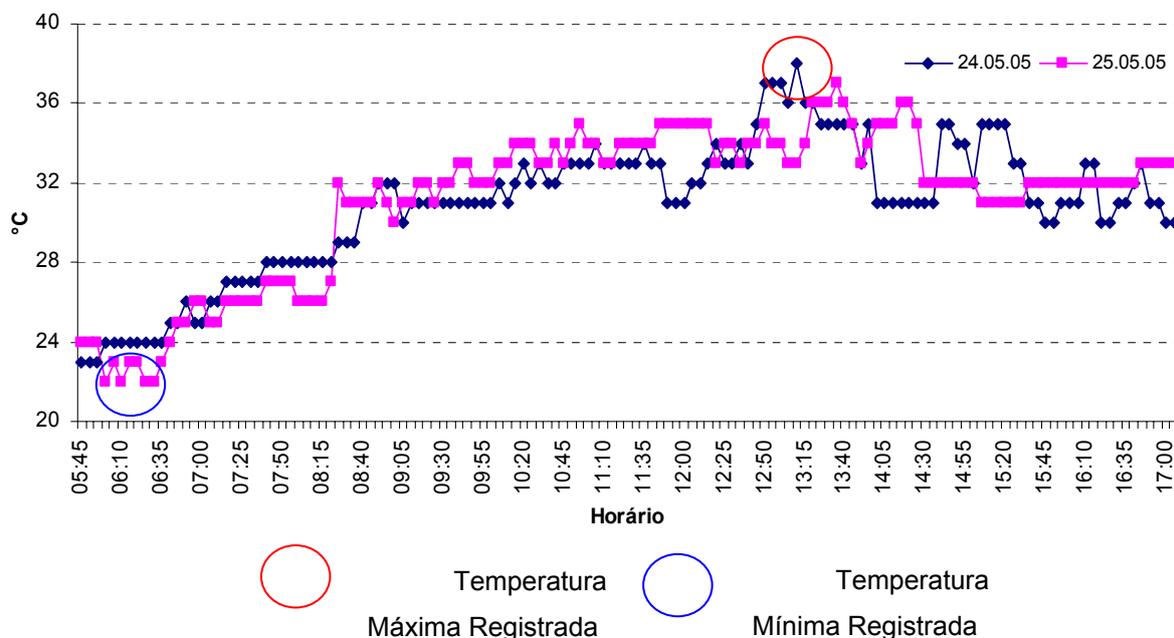


**Figura 68** – Gráficos referentes às rajadas de vento em m/s na região estuarina do Rio Acaraú no dia 24/05/05, período chuvoso.



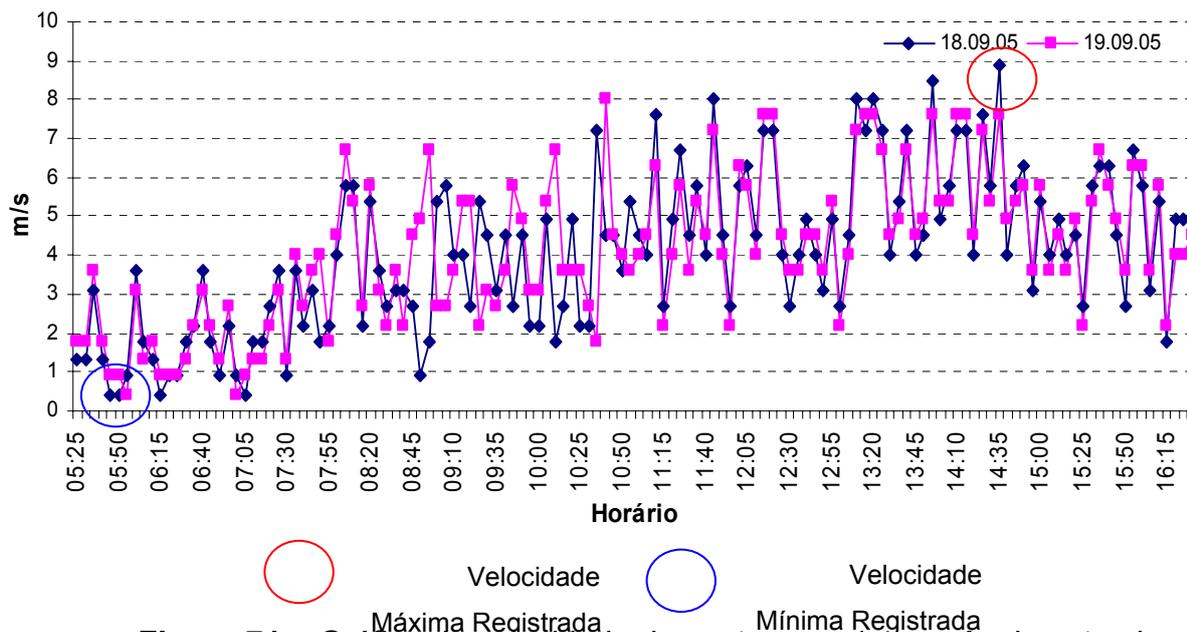
**Figura 69** – Gráficos referentes às rajadas de vento, em m/s, na região estuarina do Rio Acaraú no dia 25/05/05, período chuvoso.

Para a estação chuvosa, também foram feitas medidas de variação da temperatura, apresentando máxima no horário de (13:15h) de 37°C, isso se deve a maior incidência de raios solares e a evapotranspiração elevada, e com mínimas de 22° no início da manhã entre (06:00h) e (06:30h), ver (Figura 70).



**Figura 70** – Gráfico referente à variação da temperatura no estuário do Rio Acaraú, em °C, para o período chuvoso.

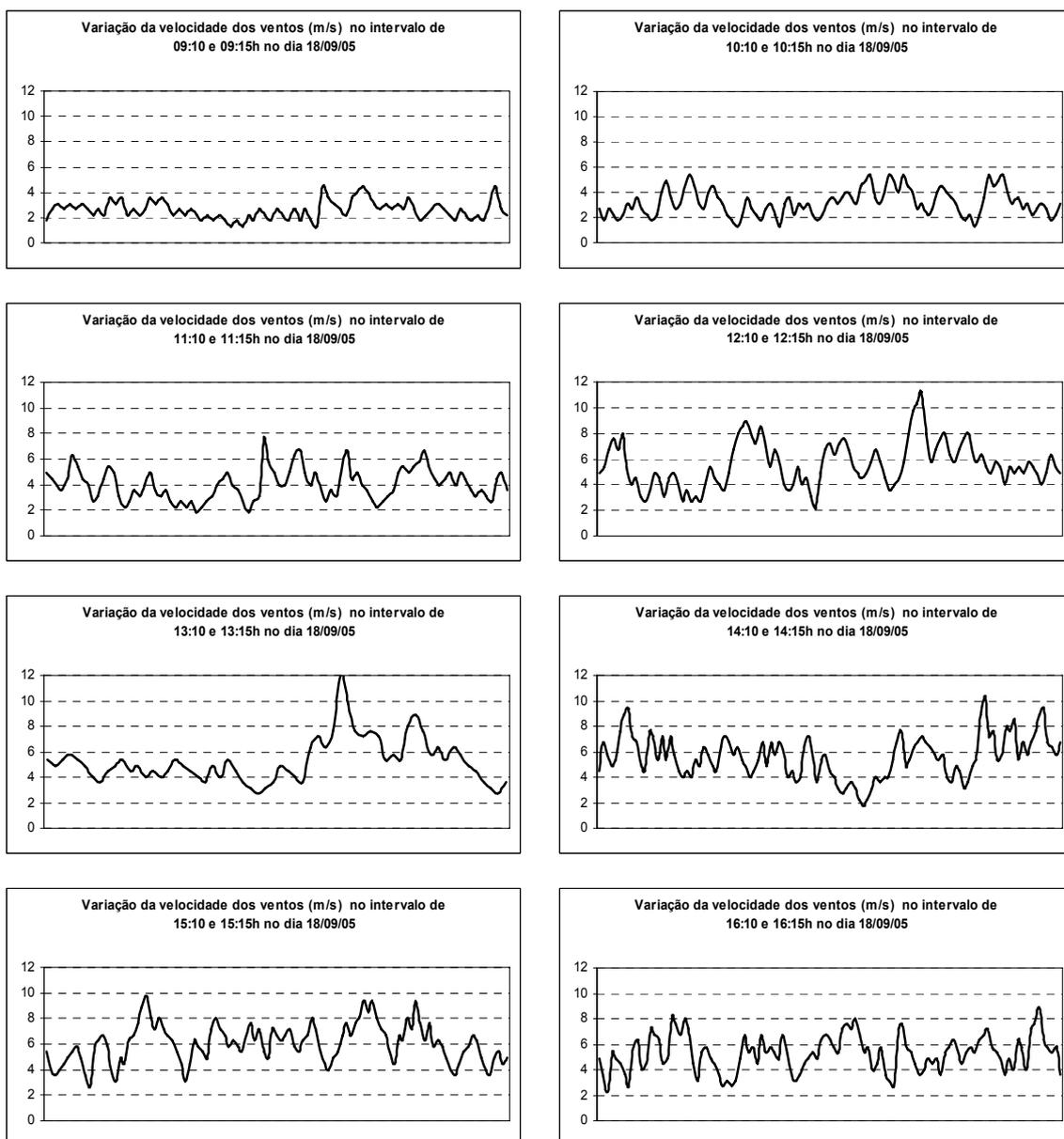
O período de estiagem apresentou uma velocidade média dos ventos de 4,06 m/s, com valor máximo de 8,9 m/s e mínimo de 0,4 m/s. Este período caracterizou-se por apresentar médias de velocidade superiores as do período chuvoso, mostrando alternâncias bastante significativas nas leituras. As rajadas foram intensas durante todo o dia, desde o começo da manhã (5:25h) até o final da tarde (16:30h) (Figura 71).



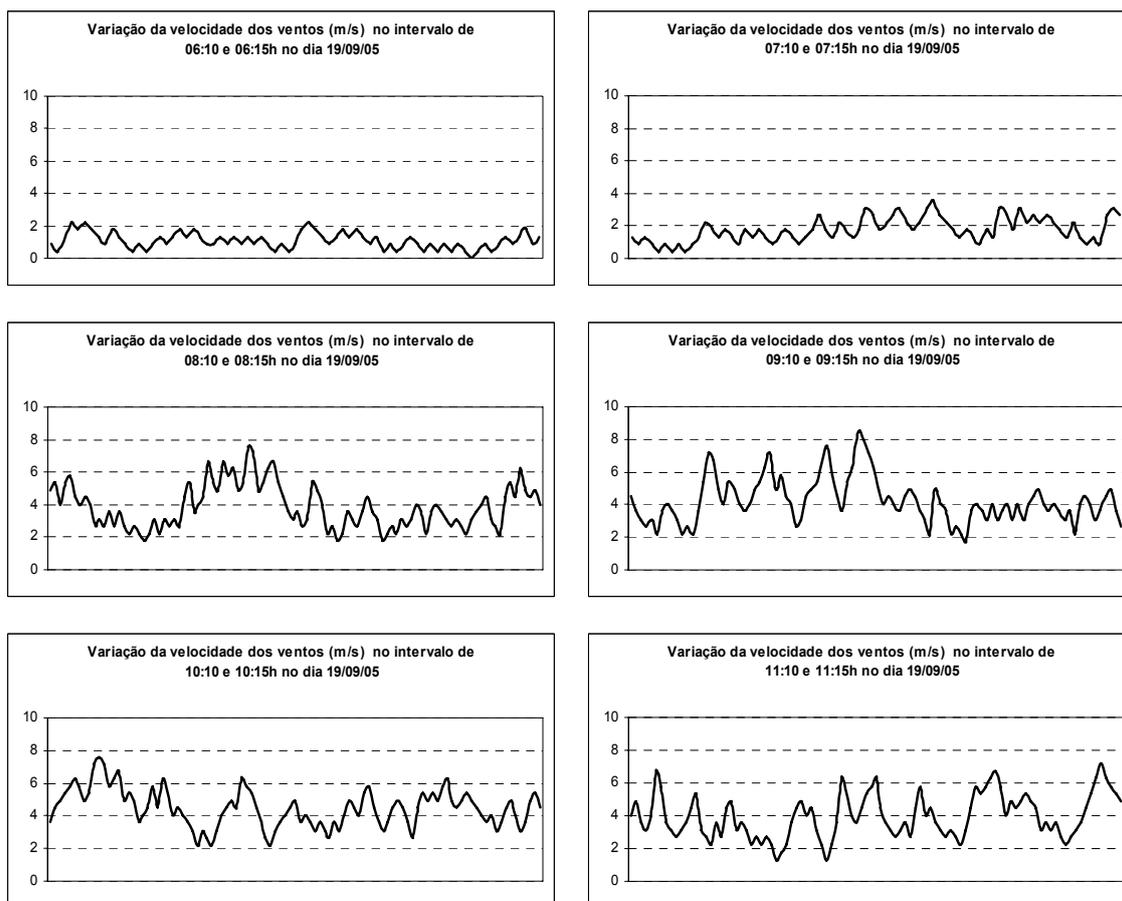
**Figura 71** – Gráfico de velocidade de vento em m/s no mês de setembro de 2005, período de estiagem.

As velocidades médias são fracas no período chuvoso, raramente excedendo 3 m/s, enquanto que na estiagem os valores são acima de 4 m/s (MAIA, 1993). Esta afirmativa se evidencia no caso da região estuarina do Rio Acaraú, para os resultados registrados no período de monitoramento.

Nos dias 18 e 19/09/05 foram realizadas leituras referentes às rajadas de vento com o mesmo intervalo de hora e durante 05 minutos. A hora inicial foi (09:10h) e a final (16:10h) no primeiro dia. No seguinte, os registros tiveram início as (06:10h) com término as (11:00h), onde obteve-se com os dados, para ambos os dias, a velocidade máxima de 12,1 m/s, mínima de 0 m/s e com média de 5,6 m/s para ambos os dias de leitura (Figura 72 e 73). A direção predominante das rajadas foi para o quadrante E, mas com percentuais significativos nos eixos E-NE e E-SE.

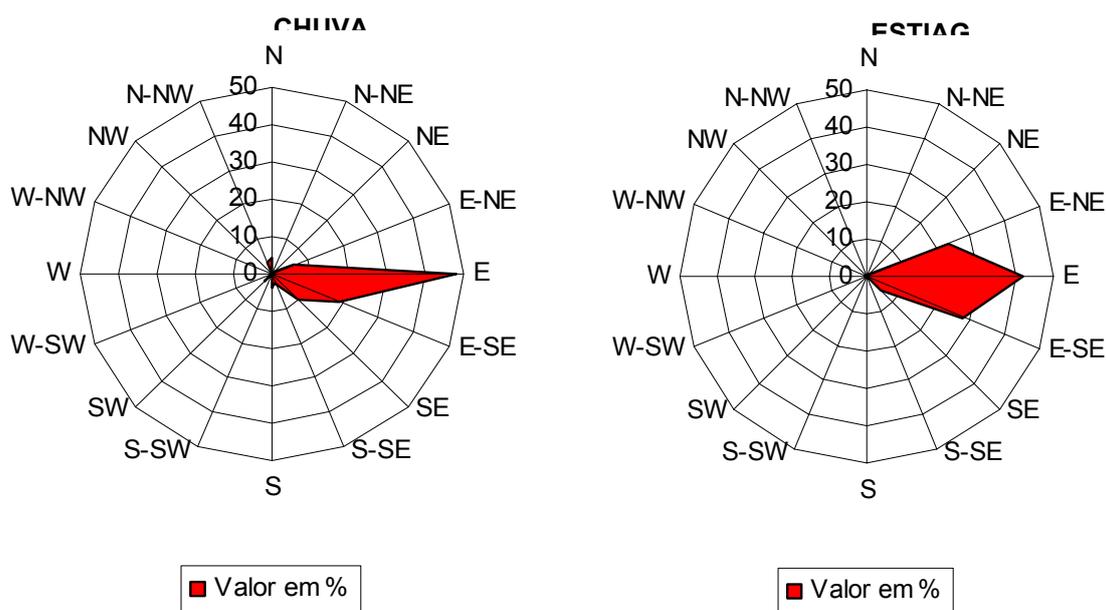


**Figura 72** – Gráficos referentes às rajadas de vento, em m/s, na região estuarina do Rio Acaraú no dia 18/09/05, período de estiagem.



**Figura 73** – Gráficos referentes às rajadas de vento em m/s na região estuarina do Rio Acaraú no dia 19/09/05, período de estiagem.

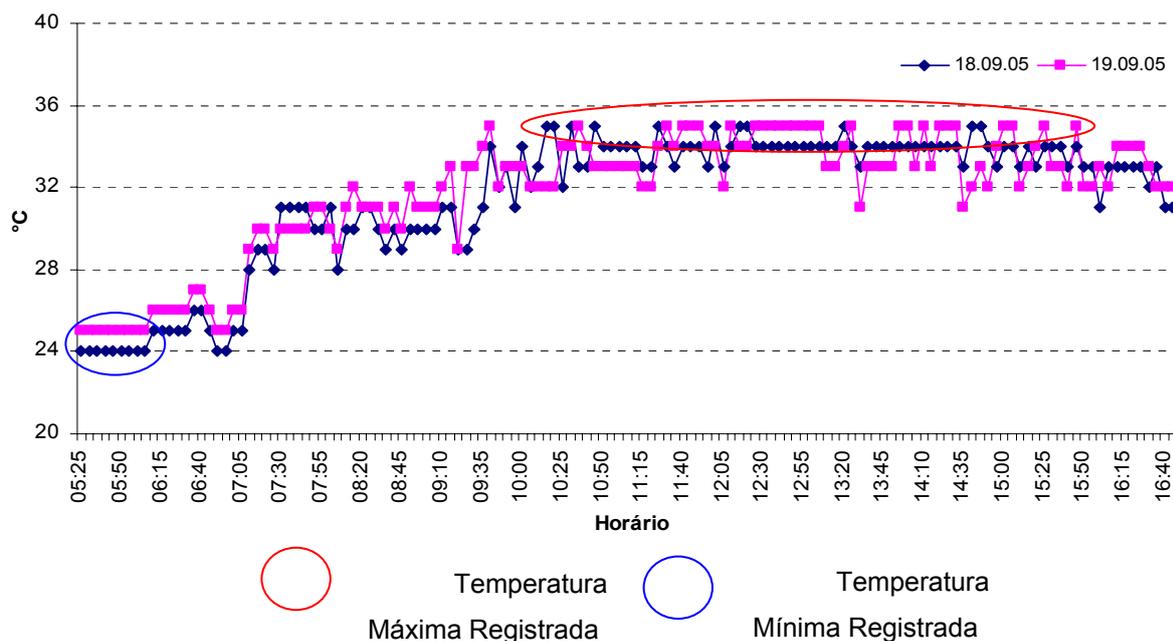
A direção dos ventos, no período chuvoso, apresentou a predominância dos ventos nos quadrante E (48%) e E-SE (19%). Na estiagem, a direção principal dos ventos é a de E (41,93%), seguida da E-NE (23,65%) e E-SE (27,96%), correspondente aos alísios. Devido ao continente estar mais aquecido do que o oceano, os ventos do quadrante E-NE atingem a costa oriundos da baixa rugosidade marítima de acordo com Bittencourt *et al.* (1996) (Figura 74).



**Figura 74** – Gráficos de direção dos ventos na foz do Rio Acaraú, nos meses de maio e setembro de 2005, correspondentes aos períodos de chuva e estiagem.

De acordo com Pinheiro (2003) quando os ventos sopram de E-NE, as areias são lançadas para o continente, e ao soprarem de E-SE, as areias são transportadas para a faixa de praia, contribuindo para o transporte de sedimentos em deriva litorânea. Onde devem ser consideradas, além das variações sazonais, as relacionadas ao fenômeno El Niño e a expansão urbana nos ambientes costeiros ou litorâneos.

Para a estação seca, realizaram-se as medidas de variação da temperatura, apresentando a máxima, entre os horários de (10:25h) e (15:50h), de 35°C, mostrando-se mais baixa que no período de chuva de 2°C, e com mínimas de 24° no início da manhã entre (05:25h) e (06:15h), ver (Figura 75).



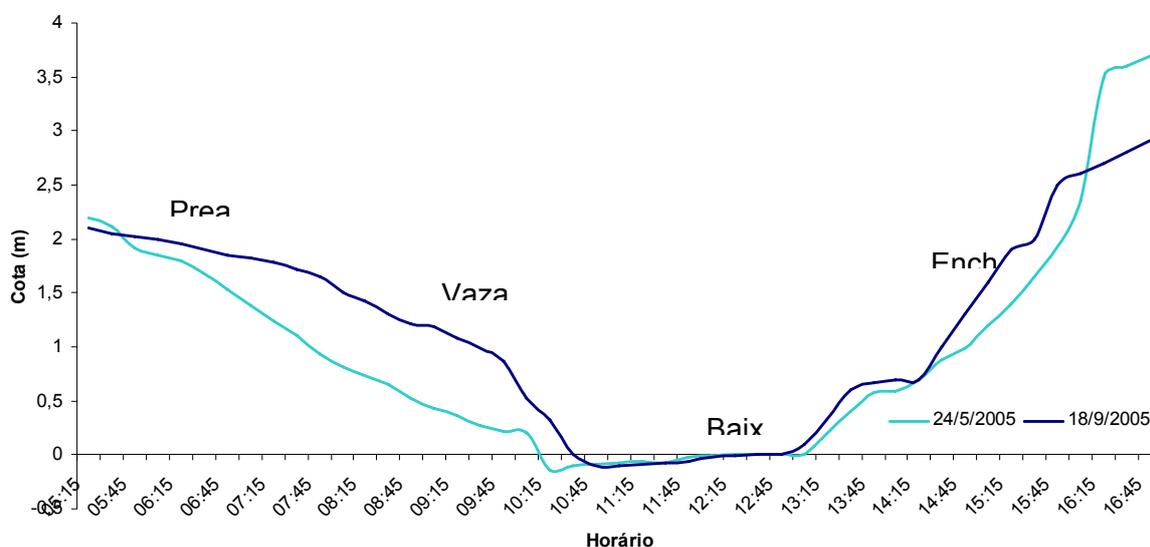
**Figura 75** – Gráfico referente à variação da temperatura no estuário do Rio Acaraú, em °C, para o período de estiagem.

#### 8.1.1.2. Marés

Por não existirem medições relativas aos níveis de maré, na região de estudo, tornou-se necessária a utilização dos dados contidos na tábua de maré do Porto do Pecém, município de Caucaia-CE, disponibilizados pela DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). De acordo com esses dados, para a área a maré apresenta amplitude e período que a classifica na categoria de mesomaré semidiurna, onde segundo Davies (1964, *apud* BORREGO, 1992) este tipo de maré possui uma variação de 2 a 4 metros.

No período de monitoramento da variação de maré na foz do Rio Acaraú, registraram-se valores que foram de 3,7 e 2,91 metros para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (setembro/2005). Os respectivos resultados referem-se aos ciclos de maré de sizígia (Preamar, Baixa-mar, Enchente e Vazante), onde há a subida e o declínio da maré no estuário em questão (Figura 76). No período de estiagem foi verificado um atraso da baixa-mar de 32 minutos, ao passo que no período chuvoso foi de 1 hora e 19

minutos após a registrada no Porto do Pecém. As respectivas medições foram realizadas na seção 05.



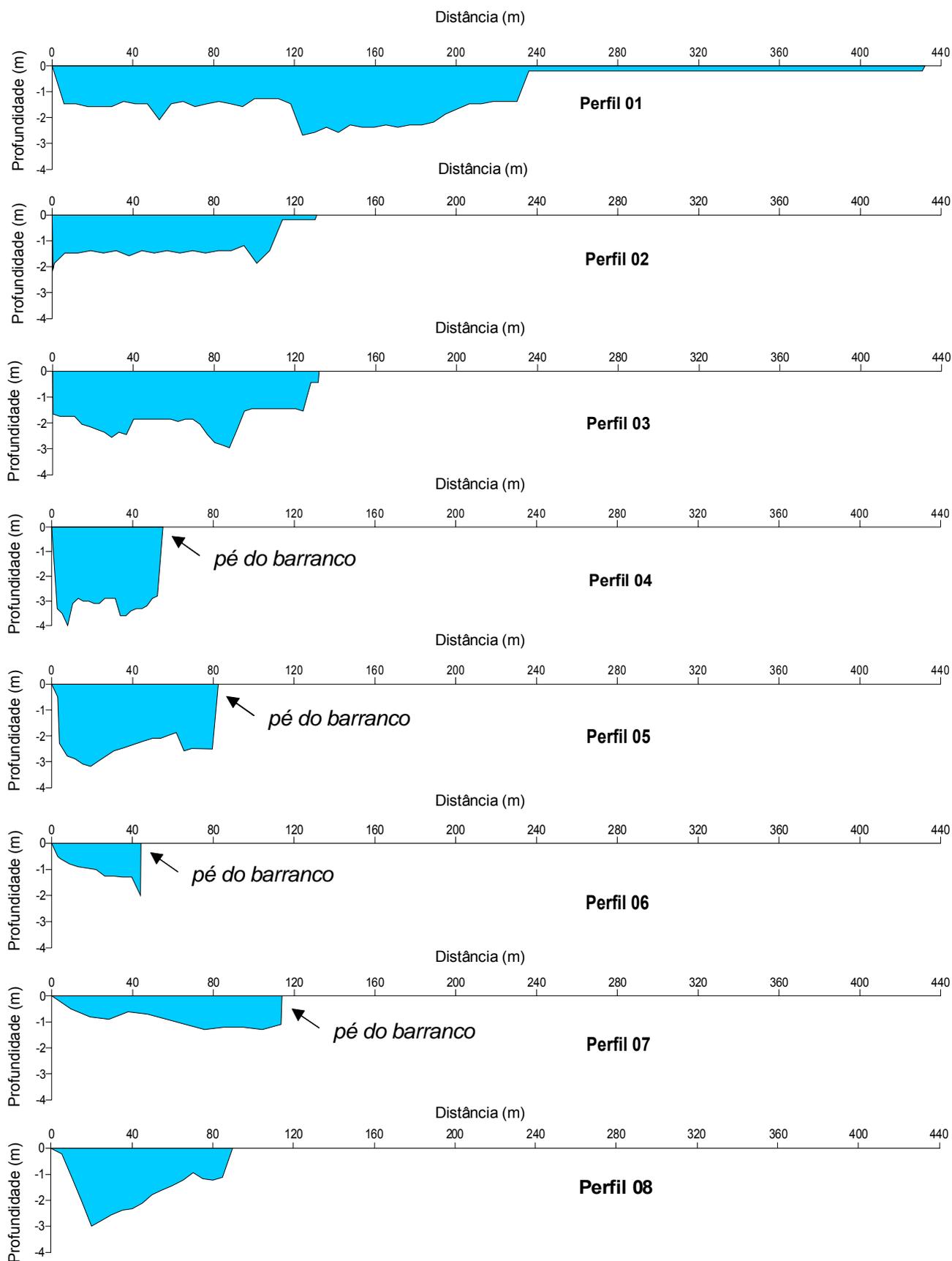
**Figura 76** – Gráfico das variações de maré, na foz do estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (24/05/05) e estiagem (18/09/05).

## 8.2. Condições Hidrodinâmicas e Hidrológicas

### 8.2.1. Levantamento Batimétrico

A avaliação da morfodinâmica atual do estuário do Rio Acaraú, nas 08 seções estabelecidas, foi possível com a realização de perfis transversais ao leito obtidos através do levantamento batimétrico. As medidas das respectivas profundidades de cada seção para a determinação da topografia de fundo da área estuarina (Figura 77).

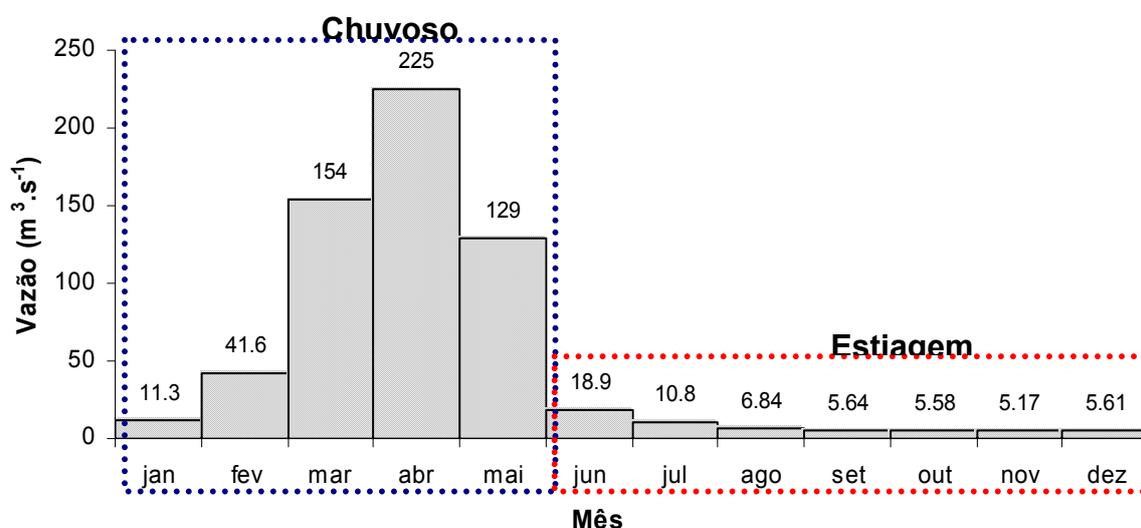
A maior profundidade medida ocorreu na porção mais central do estuário, na seção 04, após o porto do município de Acaraú, com cerca de 3,8 metros. Com isso, é possível afirmar que na parte mais ao sul (seções 06 e 07), sofre um intenso processo de deposição e assoreamento, apresentando as menores profundidades entre 1,5 e 0,8 metros. Isso se deve ao intenso desmatamento das margens e a retirada de material para olarias e construção civil.



**Figura 77** – Perfis batimétricos transversais ao leito do Rio Acaraú, nas seções de monitoramento.

### 8.2.1.1. Medidas de Vazão

A análise do regime hídrico levou em consideração os dados da estação fluviométrica de Sobral da Agência Nacional de Águas (ANA), a qual disponibilizou a série de vazão histórica mensal de 11 anos (1982 a 2003). Estimando o volume escoado do médio em direção a região estuarina do Rio Acaraú (Figura 78).



Fonte: ANA, 2005.

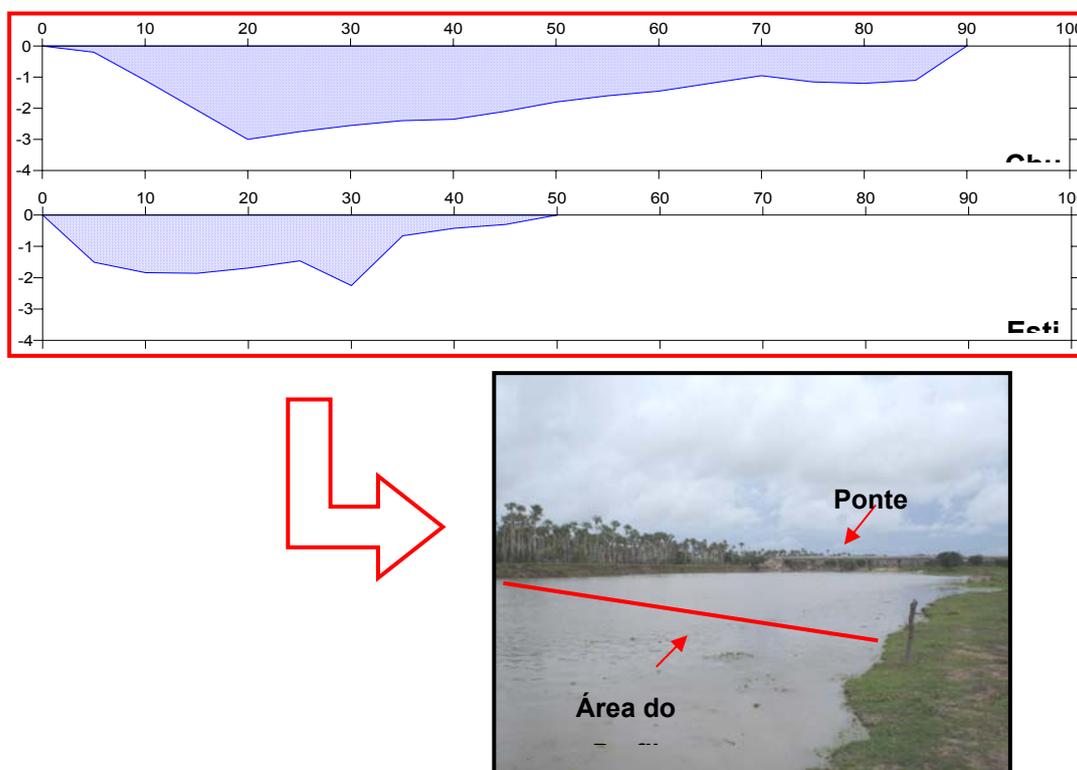
**Figura 78** – Gráfico de vazão histórica mensal, consistindo na média diária de 01/1982 a 12/2003, na estação fluviométrica de Sobral.

Como pode ser observado, a contribuição média mensal de água para o baixo curso é de 133.799.040 L ou 133.799,040 m³.s⁻¹. Observa-se que a magnitude do volume escoado em direção a foz, concentra-se principalmente entre os meses de Março e Maio, com valor máximo de 583.200.000 L ou 583.200 m³.s⁻¹ no mês de Abril, correspondendo ao período de maior pluviometria. A estação seca pertence os menores índices, evidenciados a partir do mês de junho e seguindo até o fim do ano.

De acordo com os dados disponibilizados pela ANA (2005), o maior aporte de água que o Açude Araras recebe concentra-se na estação chuvosa, sendo responsável tanto pela perenização do leito do Rio Acaraú, da irrigação

dos projetos Araras Norte e do Baixo Acaraú quanto do abastecimento, através de adutora, dos Municípios de Varjota (onde fica localizado), Reriutaba e Hidrolândia.

Com isso, para a área estuarina, efetuou-se a medição da vazão que chega ao estuário, sendo necessário o cálculo dos valores referentes à área da seção molhada e as velocidades de corrente, pelo perfil transversal ao leito (Figura 79) para a seção 08 nos períodos de chuva e estiagem, correspondentes aos meses de maio e setembro de 2005. Os respectivos resultados encontram-se na Tabela 38.



**Figura 79** – Variação da área do canal fluvial nos respectivos períodos de monitoramento da vazão na seção 08.

**Tabela 39** – Valores da vazão no estuário do rio Acaraú, em relação à área molhada da seção monitorada.

Seção	Período	Área da Seção Molhada (m <sup>2</sup> )	Velocidade da Corrente (m/s)	Vazão Fluvial (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
08	Chuvoso	144,75	6,4	926,4
	Estiagem	59,95	0,6	35,97

Fonte: Medições realizadas em campo.

Os valores de corrente mostraram-se bastante diferenciados. Apresentando no período chuvoso uma corrente de 6,4 m/s e na estiagem cerca de 0,6 m/s. Com isso, os dados do volume de água que adentra no estuário foram de  $926,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para a estação chuvosa e de  $35,97 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  no período de estio. Esses resultados mostram que esse curso fluvial tem escoamento equivalente, por exemplo, ao Rio Jaguaribe, que apresenta médias de  $460 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . A partir disso deve apresentar grande competência para escavar vales e transportar grandes cargas de sedimentos.

## **8.2.2. Condições Hidrológicas**

### **8.2.2.1. Correntes Estuarinas**

Tratando-se de uma região submetida a um regime de mesomaré (2 a 4 m) as correntes de maré exercem uma substancial influência no modelamento costeiro, principalmente quando estão associadas ao período mais intenso de ventos e as marés de sizígia.

Com isso, no levantamento efetuado na região, por ocasião da maré extremamente elevada, observaram-se valores máximos de velocidade em torno de 0,68 m/s e mínimos de 0,2 m/s no período de estiagem. Na estação chuvosa, a velocidade variou entre 0,6 m/s e 0,71 m/s, com pouca variação vertical. Em ambos os períodos de monitoramento as velocidades de correntes mais elevadas ocorreram próximo à foz, decrescendo quando adentrando ao continente (Figura 80).

Considerando que as velocidades registradas na estação chuvosa indicaram que as maiores médias foram observadas nas seções 01, 02 e 04, em um ciclo completo de maré de sizígia. Nestas seções, observou-se que as correntes de fundo foram maiores do que as de superfície com variação em torno de 0,64 m/s e 0,3 m/s.

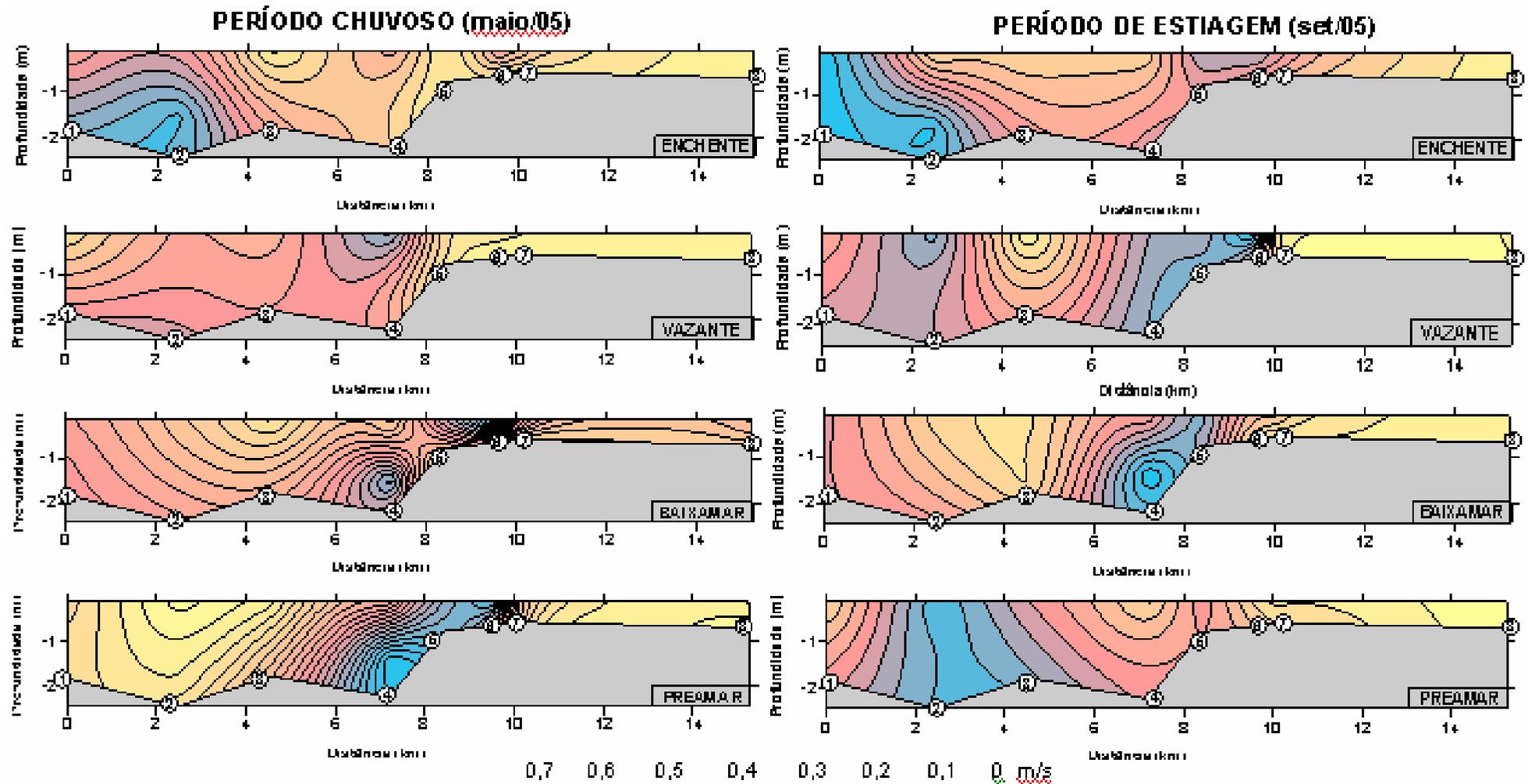


Figura 80 – Variação da intensidade das correntes nos ciclos de maré de sizígia, para o estuário do Rio Acaraú.

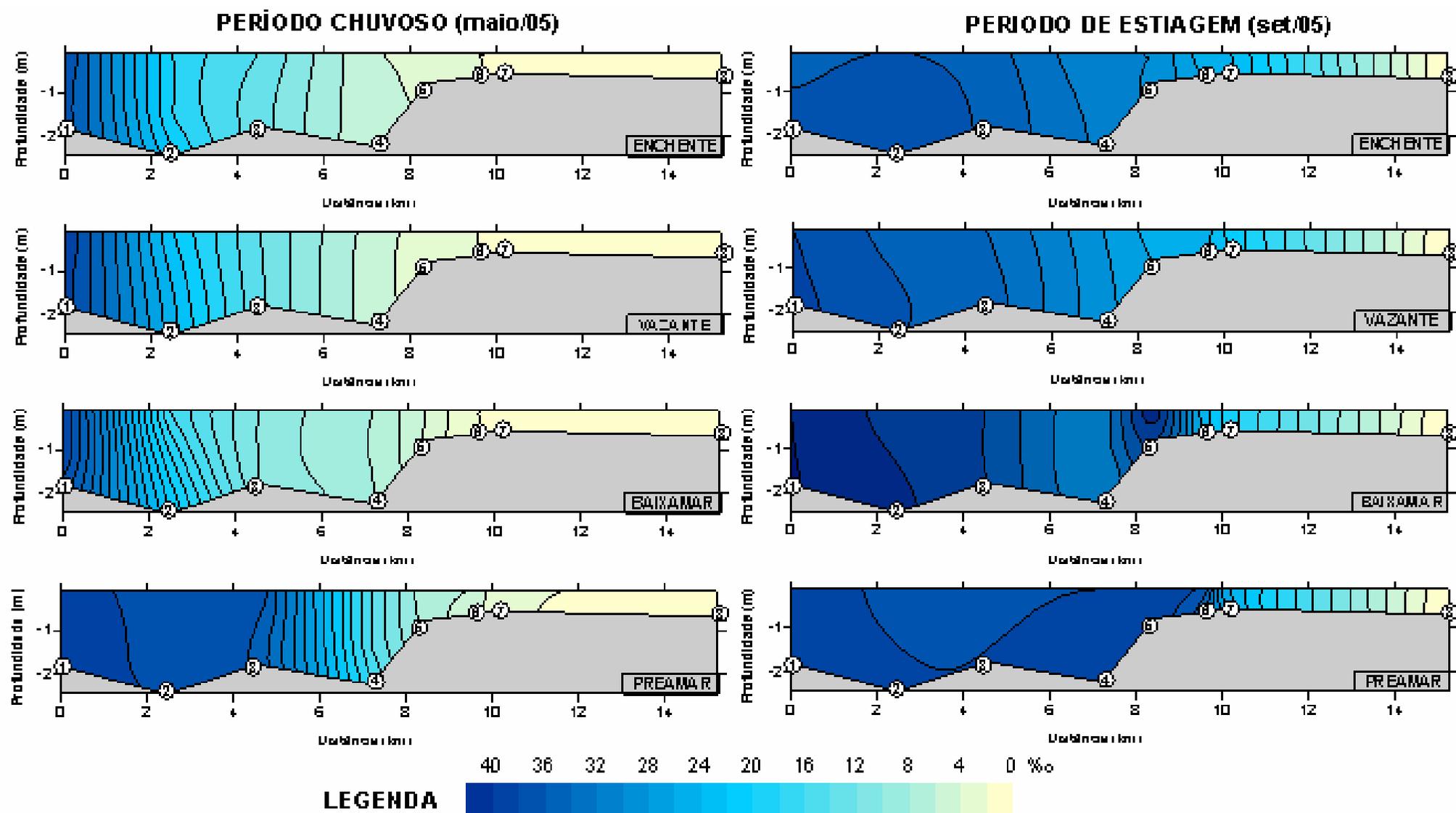
A direção predominante em relação ao Norte Magnético, estabeleceu-se no quadrante ESE-E-ENE, para o período chuvoso, ou seja, variando entre 343° e 82°, acompanhando o canal fluvial. Nos locais de meandros, seções 04 e 02, com maiores profundidades, identificou-se a influência dos ventos de E, adaptando a direção da corrente de acordo com a morfologia do canal. Na estação de estio, a direção predominante foi praticamente a mesma apontada para o período de chuva. Contudo, as leituras demonstram a intensificação das correntes dirigidas para SSO e OSO, variando de 205° a 262°, em relação àquelas para E-ENE-ESE. O que pode indicar o predomínio das correntes de enchente em relação às de vazante.

#### **8.2.2.2. Comportamento da Salinidade**

A distribuição da salinidade no estuário está em função das oscilações das marés, da morfologia do estuário, dos aportes de água doce, da evaporação e das precipitações pluviométricas.

No estuário do Rio Acaraú, as condições naturais, caracterizadas pelas contribuições fluviais, declives suaves e uma relativa estabilidade salina, favorecem, durante todo o ano, com a penetração da maré salina até 10 km e dinâmica de até 16 km no continente. A influência de quantidades suficientes de água doce que diluam significativamente a massa de água salgada permite que esta estenda seus limites de infiltração com elevados valores salinos.

A variação da salinidade verificada, de acordo com os dados obtidos para o estuário, apresenta porcentagens mínimas de salinidade superficial durante o mês de maio, que representa a estação chuvosa, com variações em torno de 4‰ na seção 06 e de 37‰ na foz, ambos na preamar. No período de estiagem, em setembro, encontraram-se valores entre 22‰ e 40‰, onde os maiores índices registrados concentraram-se nos ciclos de baixa-mar e preamar, ou seja, 40‰ e 38‰, observados nas seções 01(Foz) e 02, que se encontra a cerca de 2,47 km da foz (Figura 81).



**Figura 81** – Distribuição longitudinal da salinidade média na coluna d'água, para o ciclo completo de maré de sizígia para os períodos de chuva e estiagem.

Através da interpretação dos gráficos, a distribuição horizontal ou longitudinal da salinidade é dada pelas oscilações da maré, dentro do estuário, estando seus valores mais elevados associados às alturas máximas das marés (Preamar) e mínimas (Baixa-mar). Com exceção das áreas próximas à foz, todas as demais mostram um intervalo regular, com valores médios de salinidade de 19,5‰, limitados pelos picos de velocidade das correntes.

Na distribuição longitudinal, observa-se um aumento acentuado, dos valores salinos na direção da cabeceira. Este aumento é mais verificado em condições de maré de sizígia, onde as diferenças morfológicas de fundo favorecem uma maior penetração da lâmina salina.

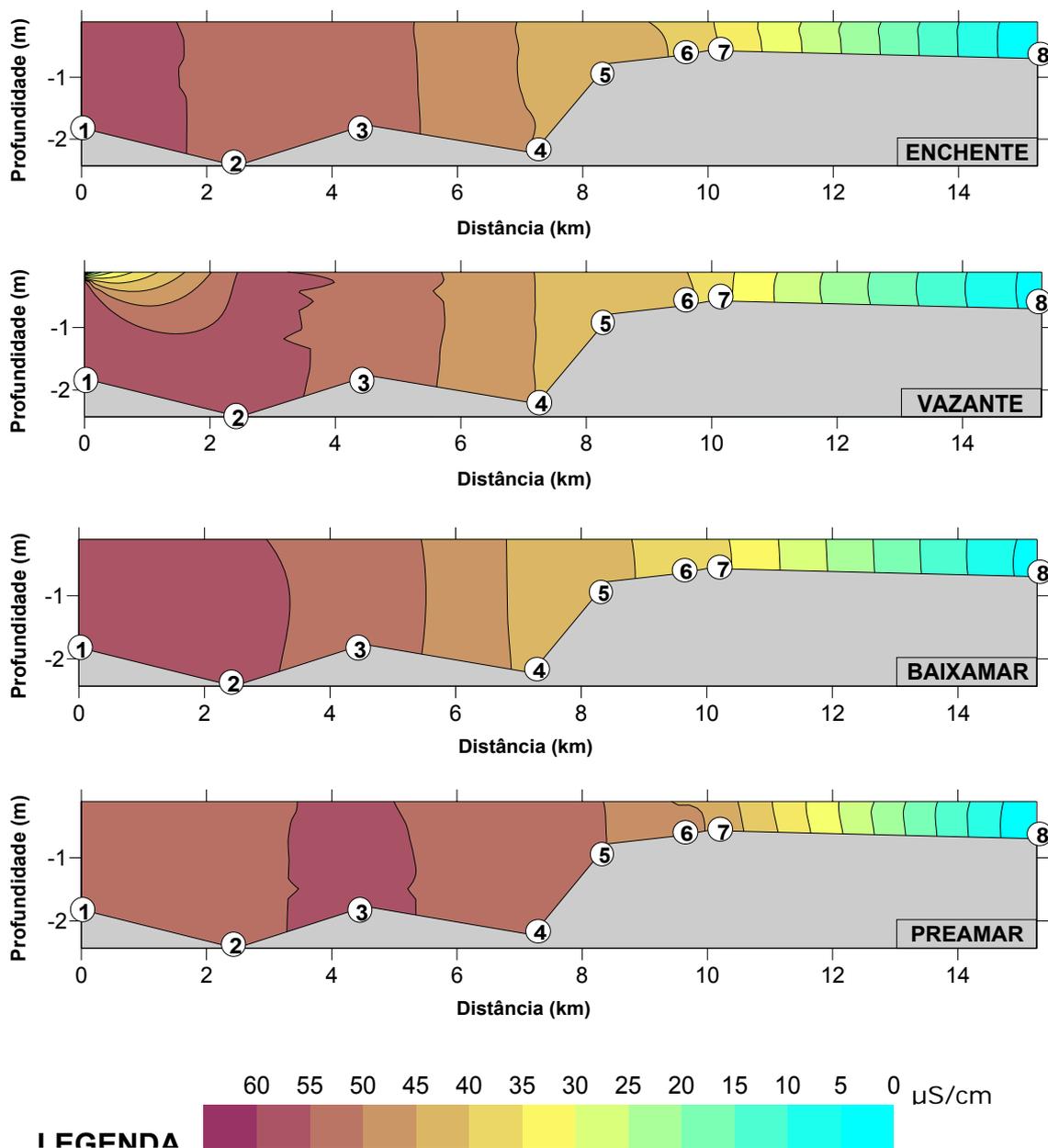
Vale ressaltar que na seção 08, localizada em Cruz, a cerca de 15 km da foz, não apresentou valores de salinidade (0‰) em todos os ciclos. No entanto, sofre a influência da maré dinâmica havendo diferenças de profundidade nos períodos de monitoramento, variando de 0,83 metros na estiagem a 1,5 metros no chuvoso. A ausência de salinidade provavelmente se explica em função do volume de água doce proveniente da bacia de drenagem e da baixa profundidade.

### **8.2.2.3. Condutividade**

A condutividade é a capacidade do corpo hídrico de conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura, indicando a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 para rios de Classe II, como no caso do Rio Acaraú.

Na estação chuvosa não foi calculado a média da condutividade. No entanto, para o período de estiagem os valores da condutividade apresentaram, média de 48,73  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para todos os ciclos de maré de sizígia,

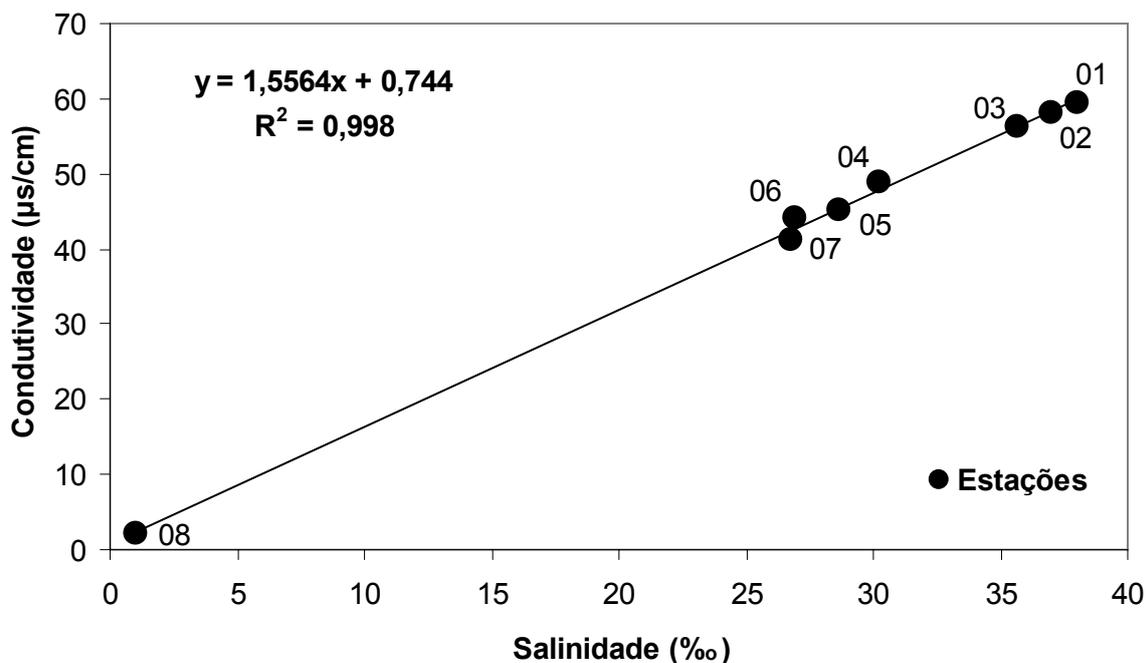
com valor máximo de  $61,59 \mu\text{S}/\text{cm}$  na seção 01 (foz) e mínimo de  $0,58 \mu\text{S}/\text{cm}$  na seção 08 a cerca de 15 km da foz (Figura 82).



**Figura 82** – Variação longitudinal da condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das águas do estuário do Rio Acaraú, em ciclo completo de maré de sizígia para o período de estiagem (set/2005).

As maiores médias de condutividade foram identificadas na preamar com valor de  $54,37 \mu\text{S}/\text{cm}$ , com valores máximos de  $60,88 \mu\text{S}/\text{cm}$  (seção 03) e mínimos de  $0,58 \mu\text{S}/\text{cm}$  na seção 08 a 15 km da foz.

Portanto, pode-se afirmar que há uma relação direta entre a condutividade e a salinidade devido a diminuição da concentração de sal em direção ao interior. Com isso, índices elevados de condutividade podem ser vistos na foz, com relativo decréscimo em direção a seção 08, correspondente à ponte de Cruz (Figura 83).



**Figura 83** – Variação longitudinal da condutividade e da salinidade das águas do estuário do Rio Acaraú, em ciclo completo de maré de sizígia para o período de estiagem (setembro/2005).

### 8.3. Identificação das Contribuições Pontuais de Poluentes no Estuário

O sistema estuarino do Rio Acaraú sofre ao longo de seu curso inúmeras interferências, como o lançamento de efluente de lagoa de estabilização, circulação diária de embarcações que liberam resíduos de óleos e graxas, presença de animais na margem do rio, desmatamento de mangue cedendo lugar para atividade de carcinicultura, além de disposição inadequada de resíduos sólidos (isopor) no leito em grandes quantidades (Figura 84).



**Figura 84** - Na foto A, lançamento de resíduos sólidos (a jusante) no estuário e na B, resíduos presos ao mangue.

Esse tipo de material se fixa nas raízes do manguezal e também retorna para as áreas mais a montante pela influência da maré enchente, comprometendo o potencial paisagístico e a balneabilidade local. Para que fosse possível a identificação dos principais tipos de contaminantes e a influência destes no corpo hídrico do Rio Acaraú, foram feitas coletas de amostras de água, ao longo do ambiente estuarino.

O processo de coleta para análise dos parâmetros de qualidade da água levou em consideração a variabilidade em dois ciclos de maré de sizígia (Preamar e Baixa-mar), fases de influência máxima das drenagens continentais e das águas marinhas, e de períodos distintos de variabilidade climática, chuva (maio/2005) e estiagem (setembro/2005), sendo realizadas nas respectivas seções de monitoramento: S01, S03, S04, S07 e S08. Estas foram estabelecidas conforme a influência do tipo de uso local, onde os resultados das análises corresponderam à média aritmética dos valores encontrados para ambos os ciclos, pois são nessas marés que se encontram as maiores e menores taxas de concentrações de substâncias.

Nestes ciclos de maré, principalmente, na baixa-mar, as substâncias transportadas pela descarga fluvial estarão concentradas no sistema. Além disso, o atrito do fundo ocasionado pelo retorno da massa d'água é responsável pela ressuspensão dos sedimentos de fundo e com isso os

poluentes agregados aos sedimentos finos (como é o caso dos metais pesados e outras substâncias presas às argilas e silte) ficam a mercê da corrente e podem contaminar peixes e vegetações, tendo como destino final o uso humano. Os demais parâmetros analisados na coluna d'água obedeceram a sazonalidade e ciclos completos de maré de sizígia (preamar, baixa-mar, enchente e vazante), com medições em todas as seções estabelecidas para o estuário do Rio Acaraú.

Conforme a Resolução CONAMA n° 357/2005 de que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento que trata sobre as definições dos tipos de água. As águas pertencentes à bacia do Rio Acaraú, em detrimento das medições de salinidade e dos usos verificados, foi enquadrada em duas classes principais, observando-se os padrões da Classe II para águas doces e para as águas salobras os padrões Classe I. Com isso, as análises foram comparadas à legislação vigente e relatadas, a seguir, de acordo com as suas respectivas características pertinentes a cada período monitorado.

### **8.3.1. Avaliação das Características Estéticas**

#### **8.3.1.1. Sólidos Suspensos Totais (SST)**

É um dos principais parâmetros de poluição de um corpo hídrico, pois indicam com o aumento da sua concentração a ocorrência de desmatamento intensificado na região. A construção de estradas, especulação imobiliária e o preparo intensivo do solo (culturas de subsistência e vazante) também têm grande potencial para causar erosão do solo e assoreamento dos cursos d'água.

A Resolução CONAMA n° 357/2005 não possui limites para sólidos totais nos cursos d'água e sim para sólidos dissolvidos totais. Com isso, utilizou-se o padrão ambiental para sólidos dissolvidos totais em cursos de águas doces, com valor, de 500mg/L para as Classes I e II.

Os sólidos em suspensão afetam os peixes e sua fauna e flora alimentar, aumentam a turbidez, reduzindo a penetração de luz na água e, assim diminuindo a profundidade da zona fotossintética; constitui um poluente; aterra ou destrói a vida aquática; degrada a utilização consumptiva da água, além de alterar a estética; atua como portador de bactérias, vírus, nutrientes e substâncias químicas, como inseticidas, herbicidas e metais pesados, dentre outros (CARVALHO, 1994). Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos d'água.

As amostras para a análise do material em suspensão foram efetuadas apenas nos ciclos de vazante e enchente, onde de acordo com Dyer (1988 *apud* FERNANDES, 2001) pôde-se observar que nestes ciclos existem relações entre as velocidades das correntes, o transporte e a quantidade de sedimentos suspensos. Os respectivos valores das concentrações de SST, no estuário do Rio Acaraú, em um ciclo completo de maré de sizígia, durante os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005), encontram-se na Tabela 40.

**Tabela 40** – Variação do material em suspensão no estuário do Rio Acaraú, para os períodos monitorados.

Seções	Período Chuvoso				Período de Estiagem			
	Vazante (mg/L)	QSS (p/dia)	Enchente (mg/L)	QSS (p/dia)	Vazante (mg/L)	QSS (p/dia)	Enchente (mg/L)	QSS (p/dia)
01	46,4	67629,6	28,4	54350,2	24	32290,0	50,6	109746,6
02	59,2	42778,8	96,8	67812,8	20,8	14304,8	56,8	25152,4
03	61,6	34428,5	72	19037,1	22,6	6607,1	32,4	10099,0
04	<b>246,4</b>	204537,4	<b>117,2</b>	38576,8	33,6	24302,0	<b>74,2</b>	18317,4
05	*	*	*	*	30	26071,3	<b>27,4</b>	22473,6
06	*	*	*	*	38,4	10372,3	42	6687,0
07	125,6	6821,7	55,2	13341,4	<b>19,6</b>	1135,5	30,6	9307,0
08	<b>16</b>	49,7	<b>15,6</b>	80,8	<b>43</b>	44,5	49,4	307,1
<b>Média</b>	<b>69,4</b>		<b>48,15</b>		<b>29</b>		<b>45,4</b>	

Obs: QSS = Descarga Sólida em Suspensão (ton.dia<sup>-1</sup>).

\*Dados não coletados.  Maior valor  Menor valor

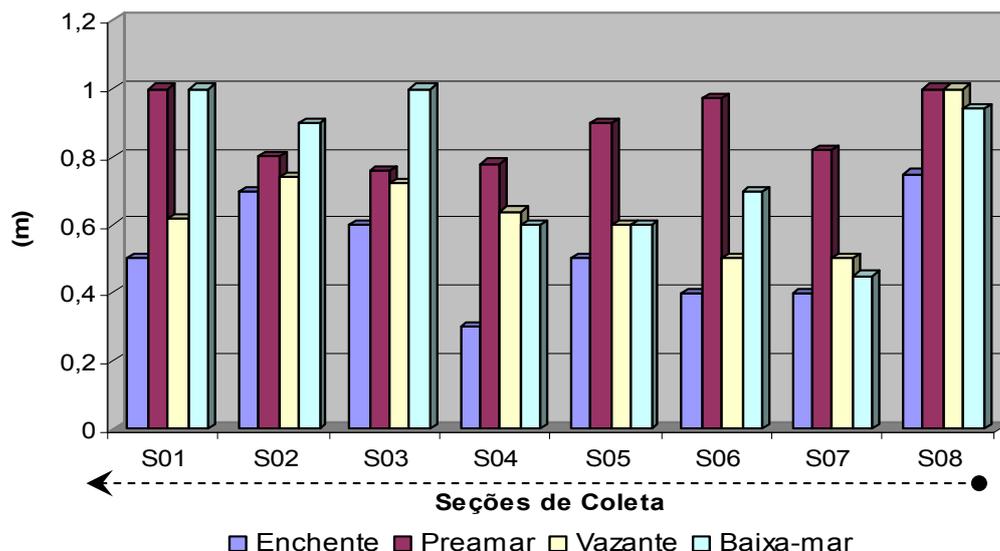
No período chuvoso, o teor de sólidos suspensos no estuário teve média maior na maré Vazante, com 69,4 mg/L. Os valores mais significativos foram na seção 04, com cerca de 246,4 mg/L e menor na seção 08, 16 mg/L. Na estiagem, os valores foram menores que na estação anterior, apresentando máxima na maré Enchente, novamente na seção 04, com 74,2 mg/L e mínima de 27,4 mg/L na seção 05.

Provavelmente, estes altos teores na seção 04 em ambos os períodos monitorados estejam relacionados com o assoreamento acelerado provocado pela ação antrópica através do desmatamento das margens, da intensa movimentação de barcos no porto de Acaraú e aos processos agrícolas de subsistência. Porém, em todos os pontos de controle apresentaram valores inferiores ao limite proposto de 500 mg/L.

#### **8.3.1.2. Turbidez**

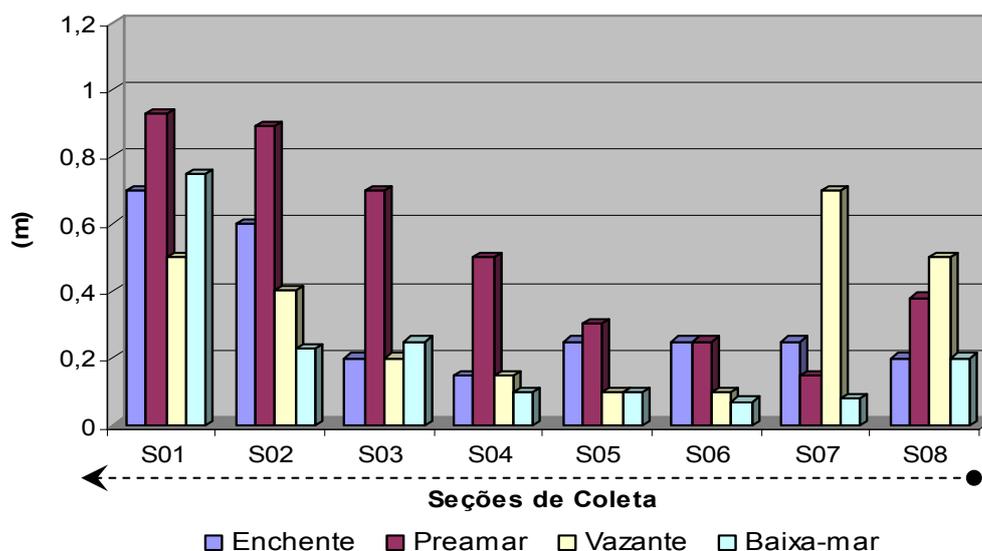
A *turbidez* representa o grau de interferência a passagem de luz através da água. Tem sua origem natural através de partículas de rocha, silte e argila, algas e microrganismos, não possui inconvenientes sanitários, embora possa reduzir a penetração de luz, prejudicando a fotossíntese dos organismos do fitoplâncton. Sua origem antrópica são os efluentes domésticos e/ou industriais e a erosão, podendo estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos.

De acordo com Bricker *et al.* (2003), através da utilização do Disco de Secchi, determina que a turbidez é considerada alta na profundidade  $< 1\text{m}$ , média  $\geq 1, \leq 3\text{m}$  e baixa  $>3\text{m}$ . Nas águas amostradas pôde ser verificado que a maioria dos valores apresentam elevada turbidez no período de estiagem, com profundidades máximas na seção 04 de 0,3 metros e mínimas de 1,0 metro na seção 01, 03 e 08 (Figura 85). Isto é decorrente, da quantidade de sólidos em suspensão presentes na água devido as atividades de mineração e de extrativismo existentes próximas aos pontos de coleta conferindo a essas águas coloração barrenta, típica dos solos agricultáveis da área.



**Figura 85** – Gráfico do nível de *Turbidez* da água ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para o período de estiagem (set/2005).

O maior índice de turbidez, na estação chuvosa, encontra-se na seção 06, em que o disco permaneceu visível até atingir a profundidade de 0,07 metros. Na seção 01 obteve-se o menor valor que foi de 0,93 metros, isto se deve ao nível de transparência da água estar relacionado à quantidade de material em suspensão, que torna as águas mais ou menos turvas (Figura 86).



**Figura 86** – Gráfico do nível de *Turbidez* da água ao longo das seções monitoradas no estuário do Rio Acaraú, para o período chuvoso (maio/2005).

### **8.3.2. Avaliação do Conteúdo Orgânico**

#### **8.3.2.1. Oxigênio Dissolvido (OD)**

O parâmetro *OD* indica a concentração de oxigênio na água e sua produção ocorre através da retirada da atmosfera na interface água-ar e como resultado de atividades fotossintéticas de algas e plantas (HERMES & SILVA, 2004). A presença de oxigênio dissolvido na água é indispensável para a vida aquática, se a quantidade for muito baixa, deixarão de existir condições mínimas para a sobrevivência das espécies. Quando a massa de água está poluída, os poluentes reagem química e biologicamente com o OD.

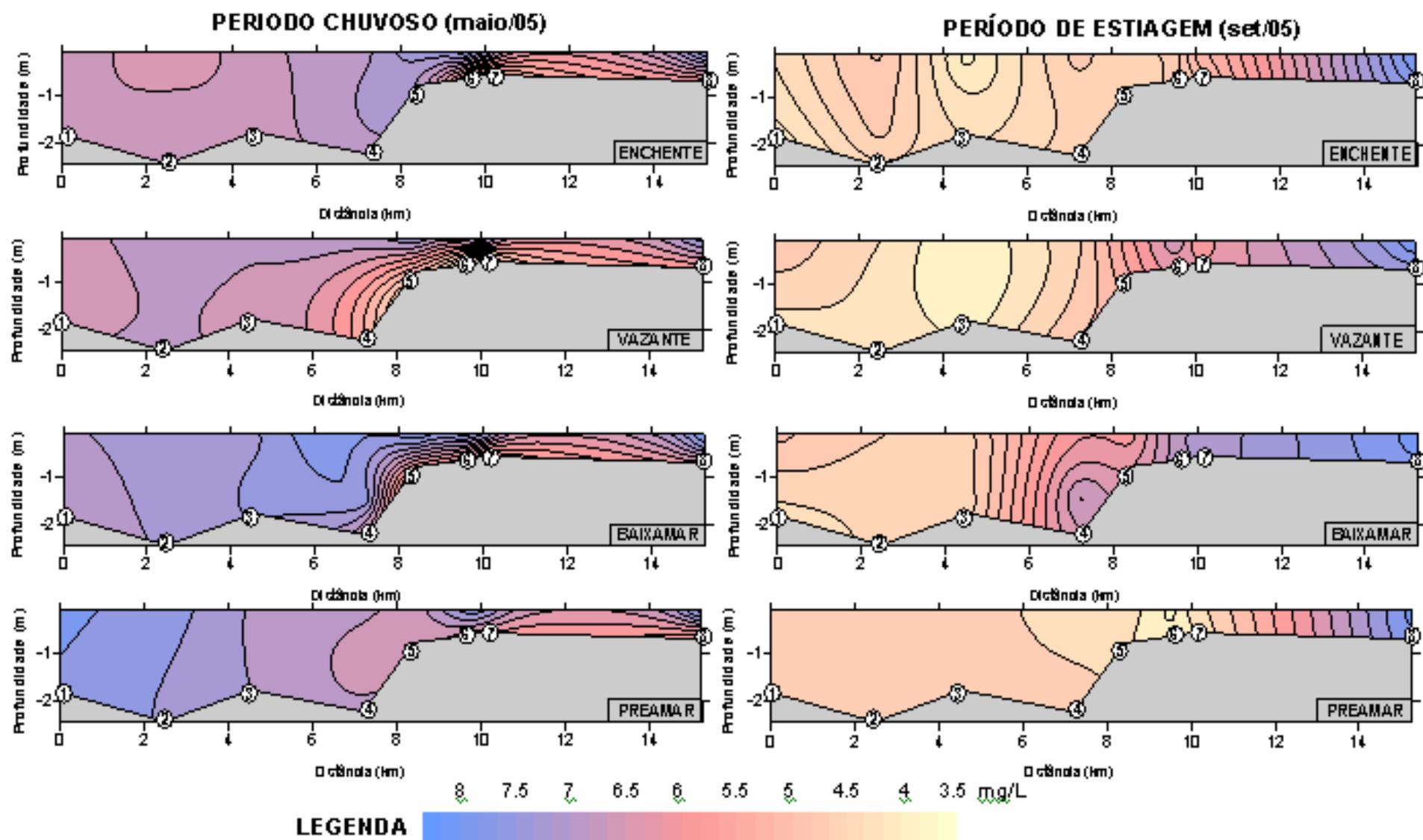
A maioria dos teores de OD encontrados nas amostras de água, no período chuvoso, atenderam ao padrão CONAMA 357/2005 que estabelece a concentração acima de 5 mg/L tanto para águas doces quanto para águas salobras. O maior valor de OD encontrado foi na Enchente com 8,66 mg/L no ponto 08, pelo fato de estar associado ao volume de água que entra no estuário e dos altos índices pluviométricos, que por sua vez provocam a renovação e a movimentação da água, aumentando o OD. O menor valor foi de 4,7 mg/L na seção 04 (Vazante), onde o manguezal está bastante desmatado.

Segundo estudos feitos por Hermes & Silva (2004) a concentração de OD varia em função da temperatura, concentração de sais, turbulência da água e pressão atmosférica. Porém, as flutuações diurnas e sazonais, ocasionadas pelas variações de temperatura, atividade fotossintética e a descarga de efluentes, também influenciam na sua concentração. Daí os valores encontrados estarem abaixo do padrão estabelecido pela legislação.

Na estiagem, o estuário encontra-se menos oxigenado, onde as concentrações de OD mostram que cerca de 60% dos valores encontram-se fora do padrão CONAMA. O valor mínimo se deu na seção 01 (Baixa-mar) com 3,35 mg/L, relacionado a alta carga orgânica lançada para o curso d'água pela lagoa de estabilização (ETE) existente no ponto 06. Por ser este o período

mais seco, o efluente não foi diluído e o restante da matéria orgânica, para ser decomposta, tenha consumido o oxigênio existente no curso fluvial. O teor de OD mais significativo foi encontrado novamente na seção 08 (Preamar) indicando 7,47 mg/L, ver (Figura 87).

Vale informar que valores de OD inferiores ao valor de saturação podem indicar a presença de matéria orgânica e, valores superiores, a existência de crescimento anormal de algas, uma vez que, elas liberam oxigênio durante o processo de fotossíntese. Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, nos efluentes domésticos, em certos resíduos industriais, dentre outros. Os resíduos orgânicos despejados nos corpos d'água são decompostos por microorganismos que se utilizam do oxigênio na respiração. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microorganismos decompositores e, conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio. A morte de peixes em rios poluídos se deve, portanto, à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas.



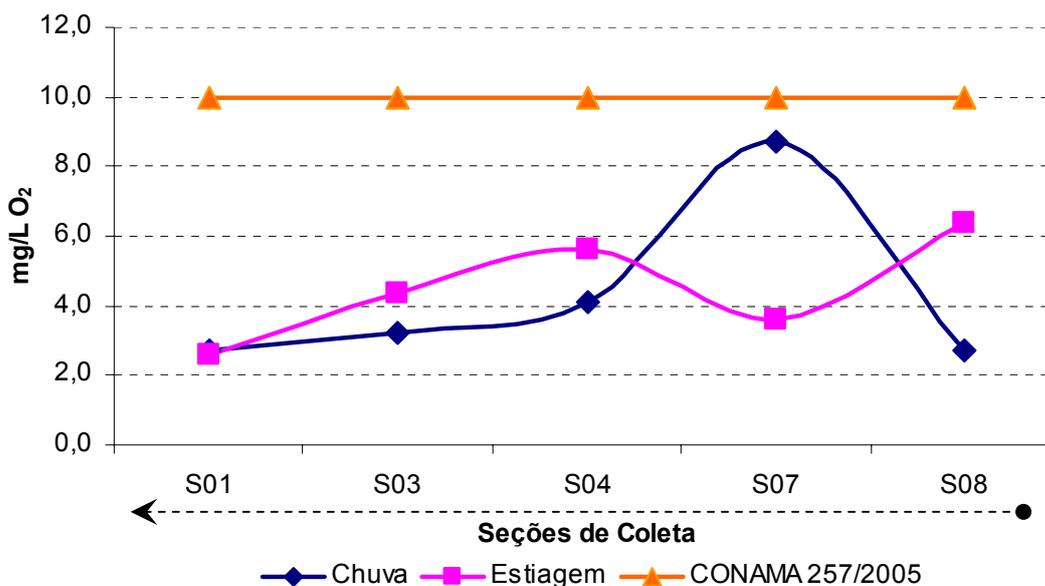
**Figura 87** – Variação longitudinal do oxigênio dissolvido (mg/l) nas águas do estuário do Rio Acaraú, em ciclo completo de maré de sizígia para o período chuvoso e de estiagem.

### 8.3.2.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>)

A determinação da *DBO<sub>5</sub>* não revela a concentração de uma substância específica e sim o efeito da combinação de substâncias e de diversas condições. Ela, por si só, não é um poluente, exercendo um efeito indireto, ou seja, causando a depleção ou ausência de OD até níveis que inibem a vida aquática e outros usos. Nos locais onde a reaeração e a ação fotossintética minimiza esta depleção, a *DBO<sub>5</sub>* não interfere com os usos da água (CETESB, 1996).

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece um padrão superior que 10 mg/L O<sub>2</sub> para a *DBO<sub>5</sub>*, respectivamente, para as Classes I e II. Onde a quantidade de OD encontrada e necessária para decompor a matéria orgânica é alta, daí a *DBO<sub>5</sub>* apresentar valores reduzidos, na maioria das seções de monitoramento do estuário do Rio Acaraú. Sendo que o teor mais expressivo foi encontrado na seção 07, no período chuvoso, com valor de 8,7 mg/L O<sub>2</sub>. O menor resultado evidenciou-se na seção 01 e 08, com 2,6 e 2,7 mg/L O<sub>2</sub>, respectivamente.

Na estiagem a maior concentração de *DBO<sub>5</sub>* foi de 6,4 mg/L O<sub>2</sub> na seção 08 e cerca de 2,6 mg/L O<sub>2</sub>, novamente, para a seção 01. Os valores refletem que as águas na foz estuarina do Rio Acaraú têm grande poder de diluição da matéria orgânica para ambos os períodos de monitoramento (Figura 88).



**Figura 88** – Gráfico do nível de  $DBO_5$  ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005).

### 8.3.2.3. Temperatura

O comportamento térmico das águas do estuário é determinado pela temperatura das águas fluviais, do fluxo de água salgada, das condições meteorológicas e das profundidades. Altas temperaturas podem estimular o crescimento de organismos produtores de gosto e odores, reduzir a solubilidade dos gases, aumentar o metabolismo, a respiração, a demanda de oxigênio de organismos aquáticos e a toxicidade das substâncias.

Segundo Lira *et al.* (1978) outro fator que contribui à variação térmica das águas estuarinas é a presença de manguezais nas margens do estuário. Estes manguezais, com sedimentos de lamas de coloração escura ficam expostos aos raios solares durante a fase de baixa-mar e absorvem uma grande quantidade de calor que cede às águas durante a maré crescente.

De acordo com o autor citado anteriormente, o menor volume de água presente no estuário durante a baixa-mar, determina também uma variação da

temperatura, já que o calor procedente da insolação se dissipa numa lâmina menor de água.

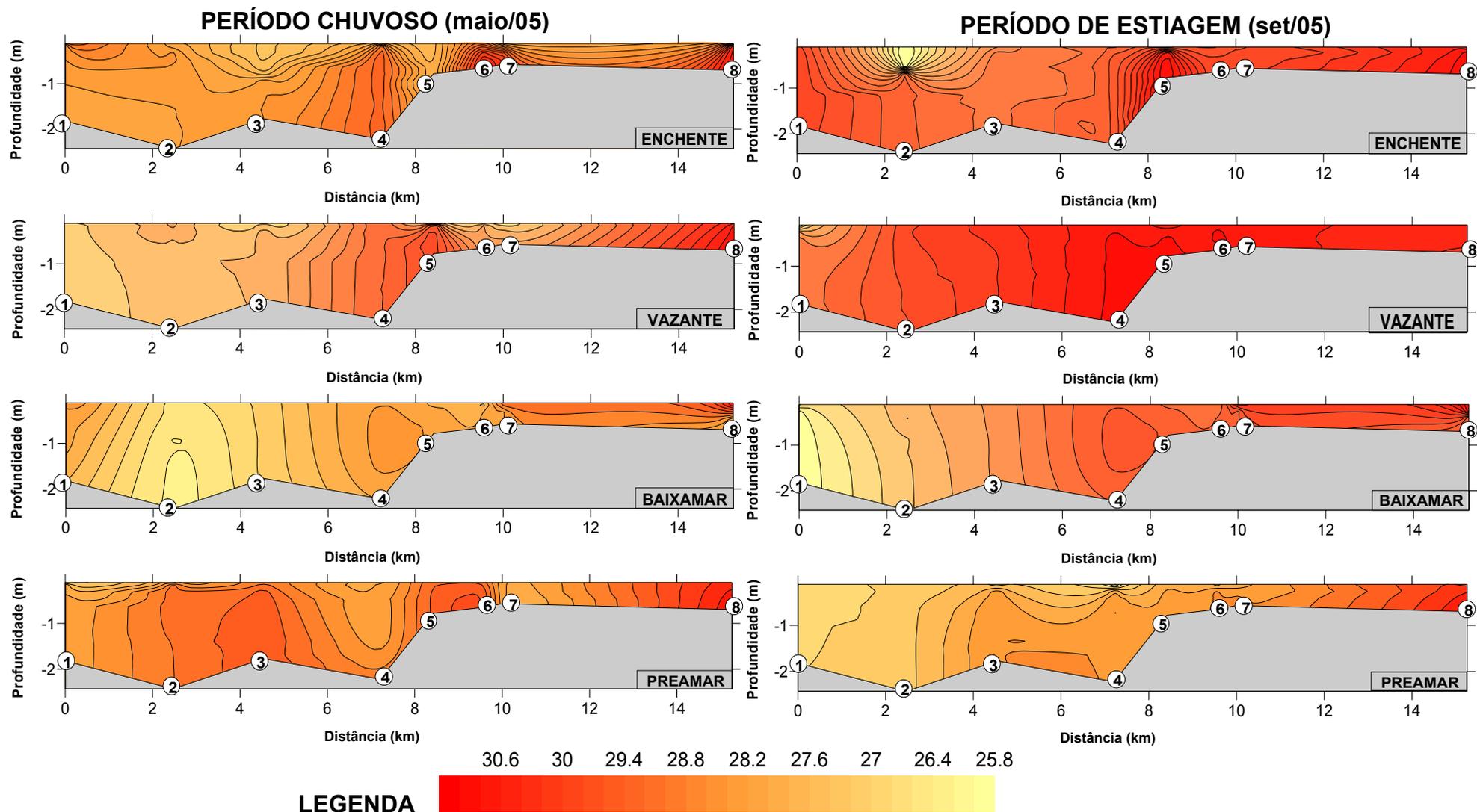
O aquecimento diurno da água se produz de forma muito lenta, devido ao elevado calor específico da mesma, propiciando variações diárias pouco significativas, com temperaturas mais altas ao final da tarde e início da noite. As diferentes condições das fases de maré são também responsáveis pelas diferenças térmicas, com valores mais altos na fase de preamar e em baixa-mar, no qual se apresenta uma lâmina de água menor.

No estuário do Rio Acaraú, a temperatura nos pontos de controle demonstram variabilidade dependente das variações climático sazonais. Estes valores não causam prejuízos para o uso das águas, abastecimento potável e preservação e manutenção da comunidade aquática. A temperatura da água na superfície apresentou valores mais baixos referente estação chuvosa (maio/2005), com valores médios ao redor dos 27,25° C e temperaturas mais elevadas em setembro (estiagem), com médias em torno aos 28,48° C, uma diferença de 1,23°C.

Durante a estiagem a temperatura da água variou com valores máximos de 30,6°C e mínima de 25,4°C, sendo a maior observada na Enchente e a menor na Vazante. No período chuvoso os valores variaram de 29,7°C e 25,2°C, as menores temperaturas foram verificadas na Baixa-mar (Figura 89).

Os valores obtidos na distribuição horizontal da temperatura no estuário mostram, de acordo com a sazonalidade, pequenas variações que refletem uma marcante estabilidade que, de modo geral, evidencia um sistema circulatório contínuo, apesar das diferenças de profundidade.

Na distribuição vertical, para ambos o período de monitoramento, verifica-se que a temperatura tende a decrescer em direção ao fundo, principalmente nas estações mais interiores e de menor profundidade.



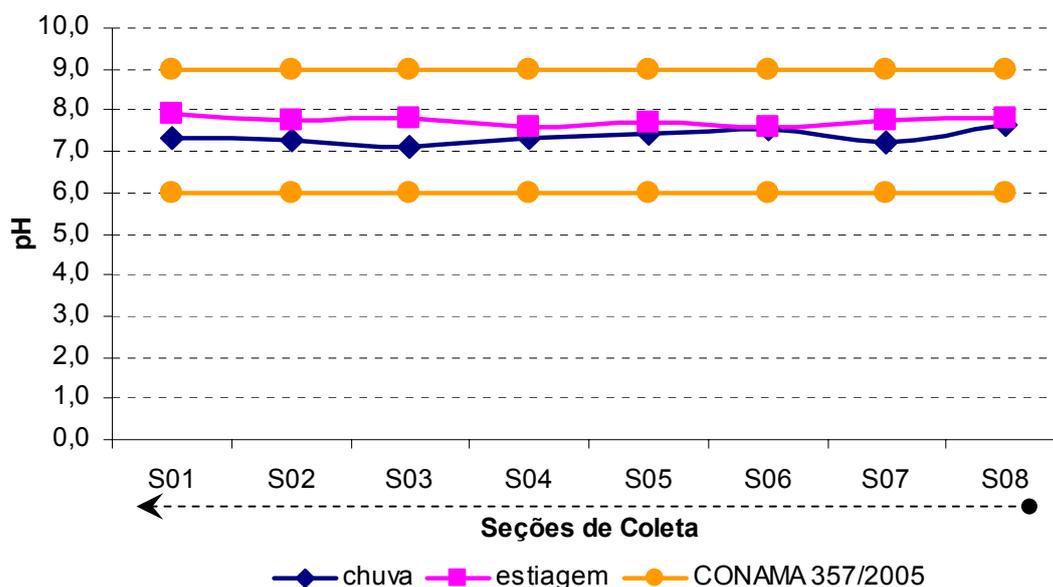
**Figura 89** – Distribuição longitudinal da temperatura média na coluna d'água, para o ciclo completo de maré de sizígia para os períodos de chuva e estiagem.

### 8.3.3. Avaliação da Agressividade Natural

#### 8.3.3.1. pH

O *pH* pode ser considerado um dos parâmetros ambientais mais importantes. É uma das variáveis mais difíceis de interpretar devido aos diversos fatores que o influenciam.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece uma faixa de variação do *pH* para as águas salobras e doces de 6 a 9. Nos pontos de controle no estuário do Rio Acaraú o *pH* varia entre 7,1 e 8,01, em ambos os períodos monitorados, atendendo aos padrões estabelecidos pela legislação. Estes valores indicam que essas águas são próprias para o abastecimento doméstico, irrigação de culturas, dessedentação de animais e preservação da comunidade aquática (Figura 90).



**Figura 90** – Gráfico do nível de *pH* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005).

### 8.3.4. Avaliação do Teor de Nutrientes

#### 8.3.4.1. Fósforo Total

O *Fósforo (P)* é encontrado naturalmente em rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. Nos corpos hídricos está presente na forma de fosfatos. Geralmente, concentrações na faixa de 0,01 mg/L de fosfato são suficientes para a manutenção do fitoplâncton, e concentrações na faixa de 0,03 a 0,1 mg/L (ou maiores) são suficientes para disparar seu crescimento de maneira desenfreada (HERMES *et al.*, 2004).

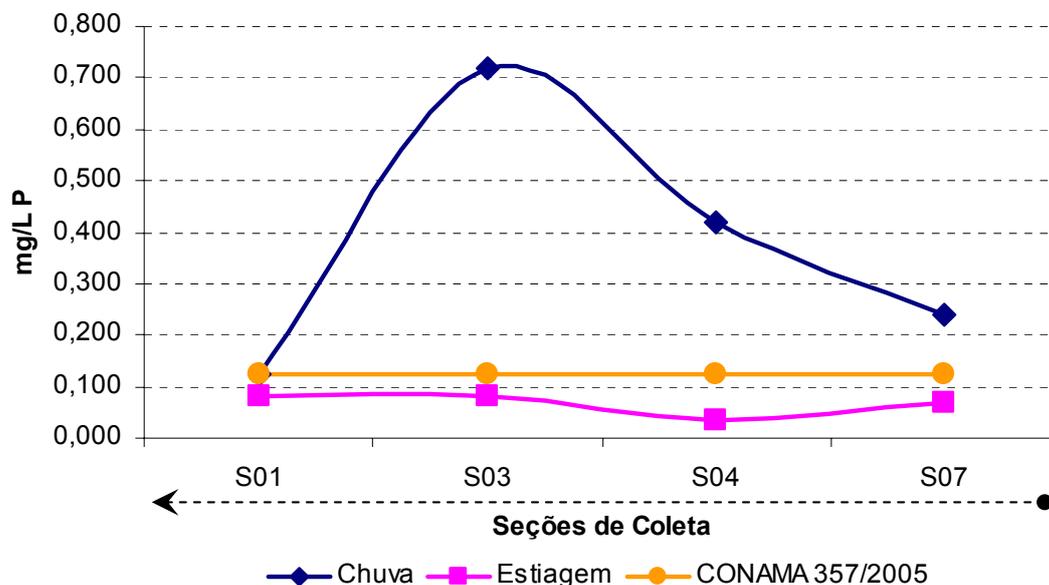
No caso dos recursos hídricos que funcionam como corpo receptor de efluentes municipais, como o estuário em questão, e fertilizantes agrícolas, esses níveis tendem a aumentar. Os valores de fósforo encontrados na água do estuário do Rio Acaraú, na estação chuvosa, estão acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece o valor máximo de 0,124 mg/L para águas salobras. Na seção 08 ocorreram limitações que impossibilitaram a coleta da água para a verificação deste parâmetro.

A concentração do fósforo cresceu seguindo em direção à foz, durante o período de chuva, onde o maior valor encontrado foi de 0,72 mg/L, na seção 03, devido a presença de uma fazenda de camarão na margem direita. No ponto 01 a concentração reduziu consideravelmente para o valor de 0,125 mg/L, o que reforça o funcionamento do estuário como ambiente natural de depuração das cargas poluentes lançadas ao longo da bacia de drenagem.

As emissões elevadas de fósforo, relacionadas à prática crescente da carcinicultura, devem levar em consideração as alterações nos processos produtivos da atividade os quais são extremamente dinâmicos, necessitando, portanto de um monitoramento freqüente de seus balanços de nutrientes para o estuário em questão.

Na estiagem os valores foram mais amenos apresentando-se bem abaixo dos padrões estabelecidos pelo CONAMA. O maior valor foi encontrado

na seção 03, com cerca de 0,083 mg/l e o menor no ponto 04, com 0,035 mg/l (Figura 91).



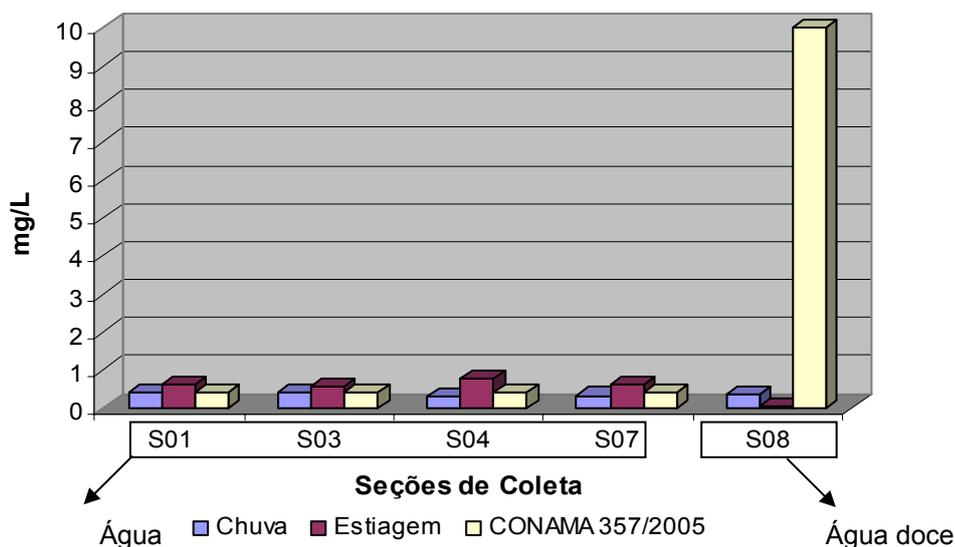
**Figura 91** – Gráfico do nível de *Fósforo* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, período chuvoso (maio/2005) e estiagem (set/2005).

#### 8.3.4.2. Nitrato

Os teores de *Nitrato* quando encontrados nos corpos hídricos podem ser provenientes de fontes naturais como a lixiviação do solo e da decomposição de plantas e tecidos animais, bem como de atividades antrópicas relacionadas ao uso de fertilizantes agrícolas ou à poluição por dejetos humanos e animais. Encontrado em excesso e junto com o Fósforo pode acelerar processos de eutrofização, onde de acordo com a resolução CONAMA 357/2005, o padrão de nitrato para as águas salobras de Classe I é de 0,4 mg/L, e para águas doces de Classe II é de 10 mg/L.

Nas análises feitas, no período chuvoso, percebe-se que na seção 01 têm-se a proximidade com o valor máximo estabelecido pelo padrão CONAMA, de 0,405 mg/L, nesse caso, trata-se de um ponto potencial de poluição e deve ter um monitoramento mais intensificado para a verificação da evolução da concentração deste parâmetro no local. Ressalta-se que nos outros pontos avaliados, o nível deste nutriente esteve bem abaixo do estabelecido na resolução.

No período de estiagem, os valores apresentaram-se de forma extremamente oposta, salvo a seção 08 que apresentou o valor mínimo com 0,041 mg/l. Nos demais pontos de coleta os resultados ultrapassaram o padrão estabelecido pela legislação com valor máximo de 0,761 mg/l na seção 04, após o porto de Acaraú (Figura 92).



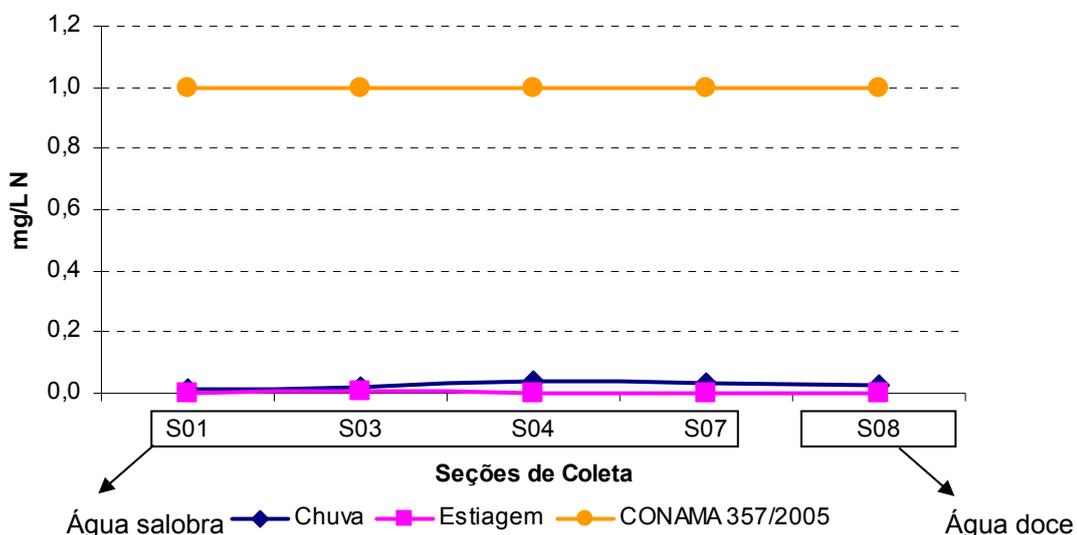
**Figura 92** – Gráfico do nível de *Nitrato* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005).

#### 8.3.4.3. Nitrito

O *nitrito* é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados. Representa uma fase intermediária entre a amônia (forma mais reduzida) e nitrato (forma mais oxidada). Em altas concentrações, o nitrito é extremamente tóxico à maioria dos organismos aquáticos. Nos corpos hídricos, as concentrações de nitrito são baixas se comparadas com as concentrações de amônia e de nitrato que podem assumir valores significativos.

A Resolução CONAMA 357/2005 determina o limite máximo de 1,0 mg/L N para as águas das Classes I e II. Nos corpos hídricos que apresentam um teor de nitrito acima de 1,0 mg/L N, normalmente, são muito poluídos e inaceitáveis para o abastecimento público.

Os teores de nitrito detectados nas amostras foram inferiores ao limite proposto pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para água salobra e doce (Figura 93). Sendo, as águas próprias para abastecimento, sem oferecer riscos a saúde.



**Figura 93** – Valores médios do nível de *Nitrito* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005).

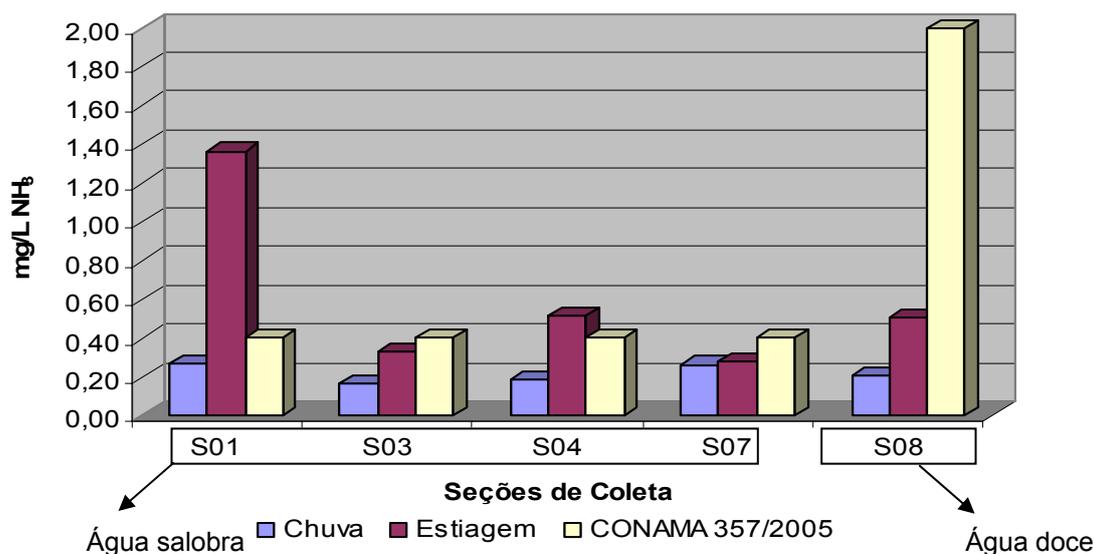
#### 8.3.4.4. Nitrogênio Amoniacal Total

O nitrogênio inorgânico em condições anaeróbias está sob forma de amônia, sendo um indicador de ambientes que apresentam alta taxa de decomposição bacteriana. Altas concentrações podem ser resultantes da decomposição da matéria orgânica, podendo esta ter origem natural ou ser decorrente de lançamentos de efluentes domésticos, industriais, excrementos de animais e uso de fertilizantes.

Para a faixa de pH das águas estudadas, os valores encontrados para o nitrogênio amoniacal total estão abaixo do padrão de 2,0 mg/L  $\text{NH}_3$  estabelecido pela CONAMA 357/2005 para as águas doces de Classe II e de 0,4 mg/L  $\text{NH}_3$  para as águas salobras de Classe I. Este padrão foi estabelecido em função de um dos usos das águas na Classe II, ser a proteção e

preservação das comunidades aquáticas. Acima deste valor este parâmetro é tóxico para algumas espécies de peixes.

Os teores médios de nitrogênio amoniacal, no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva e estiagem, encontram-se abaixo do padrão estabelecido pela legislação. O maior valor médio ocorreu na seção 01, na estiagem, com cerca de 1,36 mg/L  $\text{NH}_3$  (Figura 94).



**Figura 94** – Valores médios do nível de *Nitrogênio Amoniacal Total* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005).

No entanto, estas concentrações não impedem o uso destas águas para o abastecimento público, a dessedentação de animais e a irrigação de culturas. Porém, pode causar danos a vida aquática, pelos altos valores no período seco.

### 8.3.5. Avaliação do Estado Trófico

#### 8.3.5.1. Clorofila A

O parâmetro *Clorofila A* está relacionado ao crescimento das algas e de outros vegetais nos corpos hídricos. O papel da clorofila é fundamental na fotossíntese, isto é, no mecanismo de nutrição dos vegetais. Assim a *Clorofila*

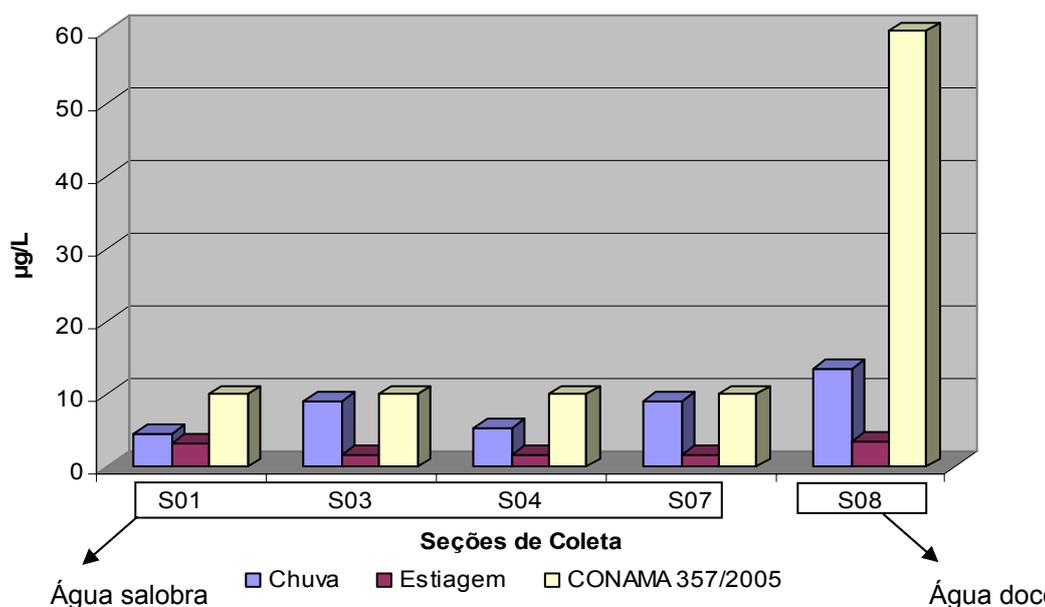
A é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos. A Resolução do CONAMA 357/2005 estabelece padrões, para rios de Classe I e II, de 10 µg/L e 60 µg/L, respectivamente. De acordo com Bricker *et al* (2003) relaciona as concentrações de *Clorofila A* ao nível de trofia em ambientes estuarinos, ver Tabela 41.

**Tabela 41** – Valores dos níveis de trofia de *Clorofila A* para os estuários.

ESTADO TRÓFICO	VALORES em µg/l
Hipertrófico	> 60
Eutrófico	> 20 e ≤ 60
Mesotrófico	> 5 e ≤ 20
Oligotrófico	> 0 e ≤ 5

Fonte: Bricker *et al* (2003).

De acordo com os resultados, para o período chuvoso, pode-se dizer que o estuário do Rio Acaraú encontra-se em nível **mesotrófico**, pois o valor máximo encontrado para clorofila *a* foi de 13,6 µg/L, na seção 08 e o de menor valor da seção 01 com cerca de 4,6 µg/L. Os teores de *Clorofila A*, na estiagem, resultaram em valores máximos de 3,64 µg/L na seção 08 e mínimos na seção 04 com 1,63 µg/L. Com isso, apresenta, um nível **oligotrófico** em relação a trofia (Figura 95).



**Figura 95** – Valores médios do nível de *Clorofila a* ao longo das seções de monitoramento no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005).

Com os resultados alcançados, pode-se dizer que no ambiente estuarino do Rio Acaraú, no período chuvoso, apresenta produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis. Já na estiagem, o corpo hídrico está limpo e com baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água. Como citado anteriormente, a floração das águas (alta trofia), determina o crescimento anormal de algas no meio aquático pelo excesso de nutrientes (nitrogênio e fósforo).

### **8.3.6. Avaliação do Conteúdo de Óleos e Graxas**

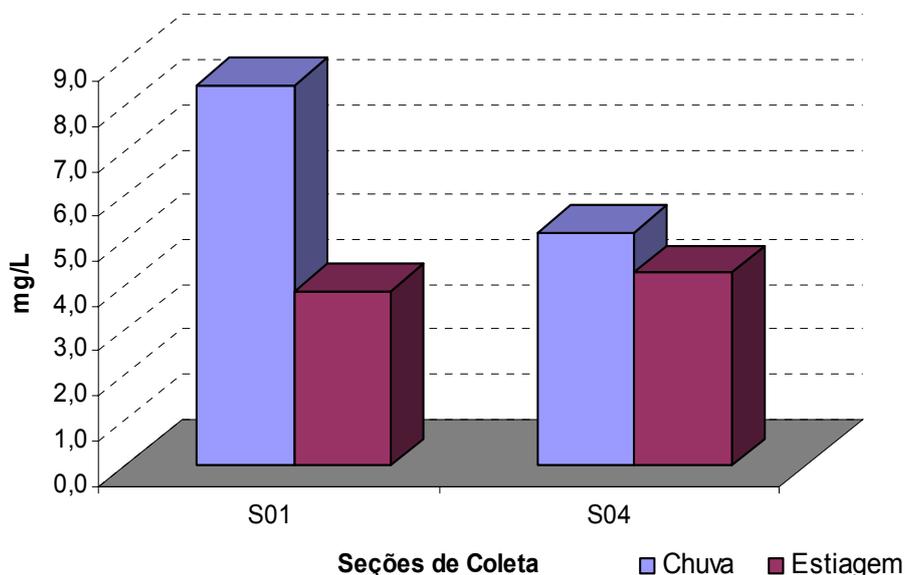
#### **8.3.6.1. Óleos e Graxas**

São substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de combustível, estradas e vias públicas. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de óleos e graxas nos corpos d'água, dentre eles, destacam-se os de portos, refinarias, frigoríficos e indústrias de sabão.

A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere a sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas no tratamento de água. A presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água.

Em processo de decomposição a presença dessas substâncias reduz o oxigênio dissolvido elevando a  $DBO_5$ , causando alteração no ecossistema aquático. Na Resolução CONAMA 357/2005 não existe limite estabelecido para esse parâmetro, a recomendação é que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para as Classes I e II. No entanto, os resultados das

análises nas amostras de água apresentaram a presença dessas substâncias com valores elevados para ambos os períodos monitorados, com média para a estação chuvosa de 8,5 mg/L na seção 01 (foz) e de 5,2 mg/L na seção 04 (porto de Acaraú). Na estiagem registrou-se o valor médio de 3,9 mg/L na foz e de 4,3 mg/L no porto (Figura 96).



**Figura 96** – Valores médios do nível de Óleos e Graxas nas seções 01 (foz) e 04 (porto) no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005).

Estes resultados se devem principalmente à presença de alvenarias de barcos, que se instalam à margem direita do rio, as quais provocam sua contaminação. Isso se dá pela grande quantidade de óleo utilizado para suprir as embarcações, onde cerca de 200 barcos circulam e atracam na região portuária do município de Acaraú, por dia, sendo o camarão e a lagosta os principais produtos de exportação (Figura 97).



**Figura 97** – Na foto A, porto de Acaraú, ao fundo a ACARAÚ PESCA, maior empresa de pescado da região e na B, alvenaria de barco com lançamento de óleo no rio.

### **8.3.7. Avaliação da Qualidade Bacteriológica**

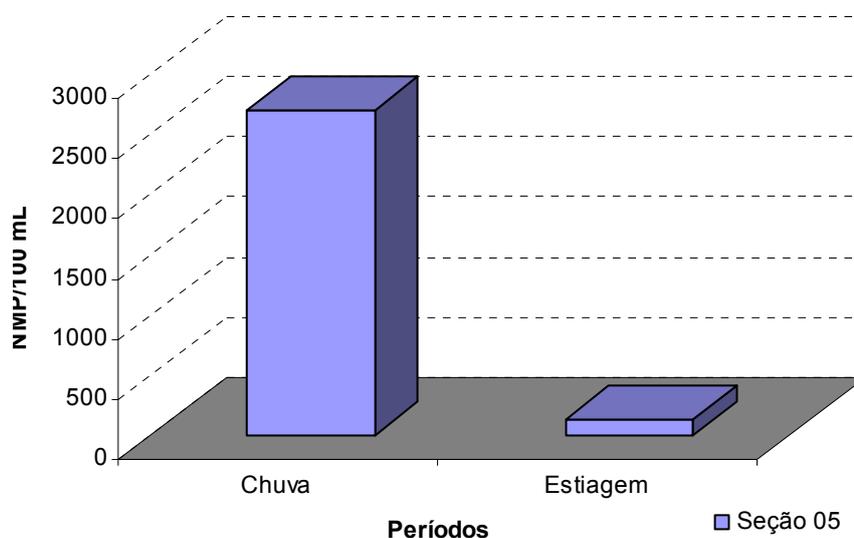
#### **8.3.7.1. Coliformes Termotolerantes (CTT)**

As bactérias do grupo *Coliforme* são utilizadas como indicador biológico da qualidade das águas. A contaminação das águas por fezes humanas e/ou animais pode ser detectada pela presença em grande quantidade dessas bactérias.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, desintéria bacilar e cólera. A Resolução CONAMA n.º 357/2005 estabelece o limite de 1.000 NMP/100 mL de coliformes fecais para as Classes I e II, água salobra e doce, respectivamente.

A densidade de coliformes totais e fecais, em termos médios, na seção 05 indica que no período chuvoso, com valor de 2700 NMP/100 mL, estas águas apresentam contaminação por efluentes domésticos, fezes humanas e de animais, com provável potencialidade para transmitir doenças. Evidencia-se, assim, a influência da lagoa de estabilização presente na área (seção 06), onde na época de chuva lança um maior volume de efluentes orgânicos *in natura* no

curso fluvial em questão, poluindo a jusante. Na estiagem, o valor é mínimo com cerca de 130 NMP/100 mL não apresentando maiores riscos (Figura 98).



**Figura 98** – Valores médios do nível de *Coliformes Termotolerantes* na seção 05 no estuário do Rio Acaraú, para os períodos de chuva (maio/2005) e estiagem (set/2005).

### 8.3.8. Cálculo do Índice de Qualidade de Água (QA)

O cálculo do QA foi realizado de maneira simplificada, utilizando-se dos valores médios dos dados analíticos existentes sobre a qualidade de água no setor do Médio Curso do Rio Acaraú, que corresponde a água doce, elaborados por Figüeirêdo *et al.* (2004). E das médias dos mesmos parâmetros analisados para o ambiente estuarino, água salgada, do rio em questão.

Os resultados dos valores relativos aos parâmetros pesquisados se deram utilizando-se os dados médios correspondentes às coletas realizadas e analisadas por Figüeirêdo *et al.* (2004). E também pela realização de coletas sazonais para o estuário. Assim, efetuou-se o cálculo do índice de forma prática de acordo com a metodologia proposta por Bascarán (1979, *in* CONEZA, 1997) para a obtenção do aspecto aparente da qualidade de água no trecho estudado (Tabela 42).

**Tabela 42** - Valores médios dos parâmetros de qualidade de água nas seções de coleta no Médio e Baixo curso do Rio Acaraú/CE.

PARÂMETROS	VALOR MÉDIO DAS SEÇÕES DE COLETA										
	Seção 06	Seção 09	Seção 10	Seção 11	Seção 12	Seção 13	Seção 08	Seção 07	Seção 04	Seção 03	Seção 01
pH	7,93	7,66	8,00	8,21	8,06	7,74	8,09	7,78	7,83	7,99	8,01
Turbidez (UNT)	20,5	23,75	25	14	13,25	19,25	12,38	41,75	31,62	15,25	4,5
Amônia total (mg/l)	0,26	0,54	0,34	0,24	0,25	0,29	0,36	0,275	0,35	0,25	0,815
Nitrato (mg/l)	0,31	0,45	0,34	0,21	0,23	0,38	0,207	0,482	0,526	0,484	0,514
Fósforo Total (mg/l)	0,18	0,22	0,20	0,20	0,19	0,21	0,14	0,155	0,227	0,401	0,1025
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	6,98	6,13	7,90	8,53	7,01	6,94	6,44	5,76	5,23	5,215	5,175
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	2,2	2,8	2,7	2,5	2,8	2,5	4,55	6,15	4,1	3,2	2,65
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	543	13172	1083	380	579	333	Seção 05				
							1415				



**Sobral**      **Santana do Acaraú**      **Morrinhos**      **Marco**      **Cruz**      **Acaraú (Foz)**

Fonte: Figueirêdo *et al.* (2004) para as seções 06, 09, 10, 11, 12 e 13.

Dados Coletados em campo nas seções 08, 07, 04, 03 e 01 em 2005.

\*Obs:

	Setor A2 – Médio Curso
	Setor A1 – Baixo Curso

**Tabela 43** - Valor percentual atribuído aos parâmetros de qualidade de água para o cálculo do índice de Qualidade de Água (QA) dos setores A1 (baixo curso) e A2 (médio curso) e respectiva simbologia.

Parâmetro	pH	Oxigênio Dissolvido (mg/l)	Coliformes Termotol. (NMP/100ml)	Amônia Total (mg/l)	Sólidos Totais (mg/l)	Fósforo (mg/l)	Nitrato (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Turbidez (UNT)	Aspecto aparente (Qualidade)	Valor Percentual (Ci)	SIMBOLO
<b>Peso (Pi)</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>%</b>	
<b>Valor Analítico do Parâmetro</b>	7	7,5	< 50	0	100	0	0	< 0,5	< 5	<b>Excelente</b>	100	QA <sub>1</sub>
	8	7	500	0,03	150	0,10	0,1	1	8	<b>Muito Bom</b>	90	QA <sub>2</sub>
	8,5	6,5	1.000	0,05	175	0,25	0,2	2	10	<b>Bom</b>	80	QA <sub>3</sub>
	9	6	1.500	0,10	225	0,40	0,4	3	15	<b>Agradável</b>	70	QA <sub>4</sub>
	6,5	5	2.000	0,20	265	0,55	0,5	4	18	<b>Aceitável</b>	60	QA <sub>5</sub>
	6	4	3.000	0,30	300	0,8	0,8	5	20	<b>Normal</b>	50	QA <sub>6</sub>
	5	3,5	4.000	0,40	338	1	1	6	50	<b>Impróprio</b>	40	QA <sub>7</sub>
	4	3	5.000	0,50	375	1,5	2	8	100	<b>Desagradável</b>	30	QA <sub>8</sub>
	3	2	7.000	0,75	425	2,5	3	10	180	<b>Ruim</b>	20	QA <sub>9</sub>
	2	1	10.000	1,00	450	3,5	4	12	250	<b>Muito Ruim</b>	10	QA <sub>10</sub>
	1	0	> 14.000	> 1,25	> 500	> 10	> 10	> 15	> 500	<b>Péssimo</b>	0	QA <sub>11</sub>

Fonte: Adaptado do Método de Bascarán (1979) *in* CONEZA (1997).

Os valores de qualidade de água, para o cálculo do QA, expressados na Tabela 43, são genéricos e, portanto suscetíveis de conduzir a erros quando se trata de determinar a qualidade da água para uso específico. Portanto o valor do índice varia de zero a 100 e corresponde a uma escala qualitativa de caracterização que vai desde o aspecto Péssimo ao Excelente. É recomendado o estabelecimento de tabelas similares de acordo com os usos e avaliações específicas.

Com a utilização dos valores médios dos respectivos parâmetros (Tabela 42) o valor do QA será dado em função da constante de ajuste (K) vezes o percentual (Ci) e seu correspondente peso (Pi), obtido na Tabela 43, pelo somatório total dos pesos (Pt) correspondentes a cada parâmetro analisado. O enquadramento dos valores médios dos parâmetros proporcionou uma classificação para o cálculo da QA de cada setor, sendo relatada a seguir.

Para o Setor A2 os valores médios obtidos foram:

❖ *pH* de 8 que corresponde a uma aspecto Muito Bom (8,0) e valor percentual de qualidade de 90%, com Peso 1. A *Turbidez* de 20,81 unidades UNT que corresponde a um aspecto Normal (20) e valor percentual de 50%, com Peso 2. A *Amônia Total* de 0,345 mg/l que corresponde Muito Bom (8,0) e valor percentual de qualidade de 90%, com Peso 3. O *Nitrato* de 0,328 mg/l que corresponde a um aspecto Bom (0,2) e valor percentual de 80%, com Peso 2. O *Fósforo* de 0,2 mg/l que corresponde a um aspecto Muito Bom (0,10) e valor percentual de 90%, com Peso 2. O *OD* de 7,38 mg/l que corresponde a um aspecto Muito Bom (7) e valor percentual de 90%, com Peso 4. A *DBO<sub>5</sub>* de 2,55 mg/l que corresponde a um aspecto Bom (2) e valor percentual de 80%, com Peso 2. Os *Coliformes Termotolerantes* de 3794,5 NMP/100ml corresponde a um aspecto Normal (3.000) e valor percentual de 50%, com Peso 3.

Para que a sistemática do método seja aplicada é necessário definir o valor de "K" o qual multiplicado por este valor inicial dará o QA definitivo para os setores. Assim, considerou-se que a água apresenta uma ligeira cor com

turbidez aparente não-natural ( $K = 0,75$ ). Então, o valor do índice de Qualidade de Água para o setor A2, utilizando a equação 12, é, portanto:

$QA_{SA2} = 0,75 \times 1470/19 \approx 58,02\%$  correspondendo ao aspecto Normal (50%) e símbolo  $QA_6$ , conforme a Tabela 43.

Para o Setor A1 os valores médios obtidos foram:

❖ *pH* de 7,9 que corresponde a um aspecto Excelente (7,0) e valor percentual de qualidade de 100%, com Peso 1. A *Turbidez* de 19,71 unidades UNT que corresponde a um aspecto Normal (20) e valor percentual de 50%, com Peso 2. A *Amônia Total* de 0,370 mg/l que corresponde Muito Bom (8,0) e valor percentual de qualidade de 90%, com Peso 3. O *Nitrato* de 0,403 mg/l que corresponde a um aspecto Agradável (0,4) e valor percentual de 70%, com Peso 2. O *Fósforo* de 0,204 mg/l que corresponde a um aspecto Muito Bom (0,10) e valor percentual de 90%, com Peso 2. O *OD* de 5,97 mg/l que corresponde a um aspecto Aceitável (5) e valor percentual de 60%, com Peso 4. A *DBO<sub>5</sub>* de 3,71 mg/l que corresponde a um aspecto Agradável (3) e valor percentual de 70%, com Peso 2. Os *Coliformes Termotolerantes* de 775,67 NMP/100ml corresponde a um aspecto Muito Bom (500) e valor percentual de 90%, com Peso 3.

$QA_{SA1} = 0,75 \times 1440/19 \approx 56,84\%$  correspondendo a um aspecto Normal (50%) e símbolo  $QA_6$ , conforme a Tabela 43.

Pode-se avaliar de acordo com os resultados alcançados que a diferença de QA entre os setores analisados é muito pequena (1,18%) e, apesar de apresentar um aspecto aparente NORMAL, não é apropriada para consumo tendo de passar por tratamento adequado nas ETAs ou fervida antes de beber. Isso se deve pelas formas intensas de uso e ocupação, falta de saneamento básico adequado e da disposição irregular dos resíduos sólidos ao longo do curso do Rio Acaraú até a sua foz.

## 9. FORMULA DESCRITIVA DA QUALIDADE ATUAL DO MÉDIO E BAIXO CURSO DO RIO ACARAÚ

---

Com base na metodologia e nos resultados dos parâmetros encontrados para o trecho estudado da Bacia do Rio Acaraú, definiu-se uma fórmula descritiva que expressa de forma numérica o Índice de Qualidade Ambiental Atual (IQAA) para os setores estabelecidos. Esta fórmula define o risco de degradação física ou erosão da bacia, englobando os parâmetros de degradação natural e antrópica, a qual apresenta-se, descrita abaixo, na sua forma genérica.

$$\text{IQAA} = \text{CVA}_a \text{ DM}_b \text{ EC}_c \text{ ES}_d \text{ DD}_e \text{ BH}_f \text{ QA}_g$$

Onde:

**IQAA** = índice de qualidade ambiental atual do setor, que é proporcional aos parâmetros:

**CVA<sub>a</sub>** = proteção da cobertura vegetal atual. O “a” é o índice específico do parâmetro CVA, que varia entre 1 (Proteção Máxima) e 7 (nenhuma proteção).

**DM<sub>b</sub>** = declividade média. O “b” é o índice específico do parâmetro DM, que varia entre 1 (Suave Ondulado) e 4 (Montanhoso Escarpado).

**EC<sub>c</sub>** = erosividade da chuva. O “c” é o índice específico do parâmetro EC, que varia entre 1 (Erosividade Débil) e 5 (Erosividade Excessiva).

**ES<sub>d</sub>** = erosividade do solo. O “d” é o índice específico do parâmetro ES, que varia entre 1 (Baixa) e 4 (Muito Alta).

**DD<sub>e</sub>** = densidade de drenagem. O “e” é o índice específico do parâmetro DD, que varia entre 1 (Baixa) e 4 (Muito Alta).

**BH<sub>f</sub>** = balanço hídrico. O “h” é o índice específico do parâmetro DD, que varia entre 1 (Baixa) e 4 (Muito Alta).

**QA<sub>g</sub>** = qualidade da água. O “g” é o índice específico do parâmetro QA, que varia entre 1 (Excelente) e 11 (Péssimo).

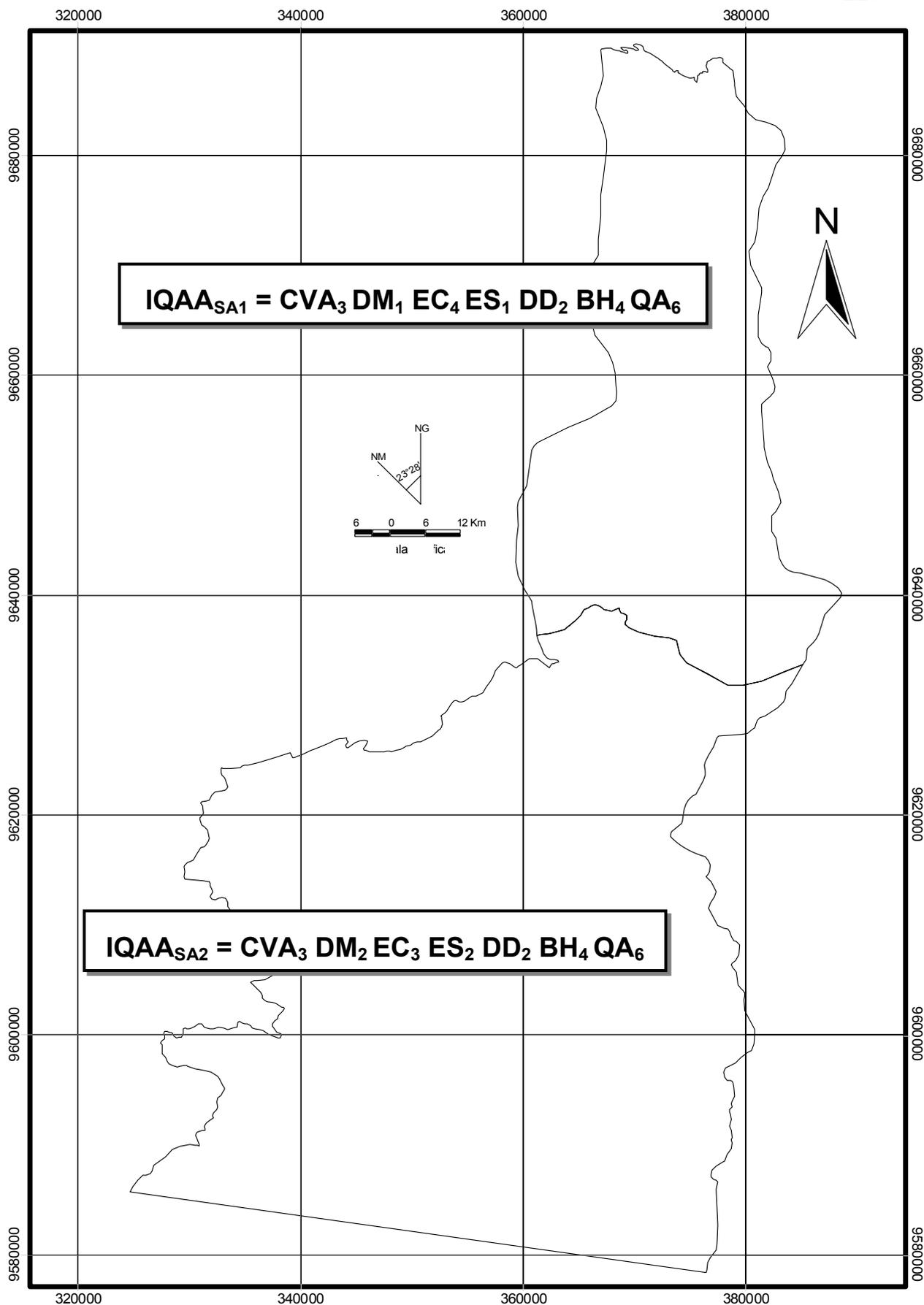
As informações obtidas de cada setor, relacionados ao Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, foram representadas mediante os símbolos correspondentes na fórmula descritiva, apresentando as respectivas fórmulas descritivas para cada setor da bacia, ver Figura 99. Os resultados dos índices de cada parâmetro analisado estão sintetizados na Tabela 44.

**Tabela 44** – Síntese dos índices obtidos em cada parâmetro analisado, para os setores A1 e A2.

PARÂMETROS	SETORES			
	A1 (Baixo Curso)		A2 (Médio Curso)	
	Símbolo/Índice	Qualificação	Símbolo/Índice	Qualificação
Cobertura Vegetal Atual	<b>CVA<sub>3</sub></b>	MÉDIA a ALTA PROTEÇÃO, grandes áreas cobertas por vegetação densa e esparsa, favorecendo a proteção do solo	<b>CVA<sub>3</sub></b>	MÉDIA a ALTA PROTEÇÃO, grandes áreas cobertas por vegetação densa e esparsa, favorecendo a proteção do solo
Declividade Média	<b>DM<sub>1</sub></b>	SUAVE ONDULADO, região com relevo bastante aplainado e declives < 8%	<b>DM<sub>2</sub></b>	ONDULADO, região com relevo mais acentuado e declives entre 9 e 20%
Erosividade da Chuva	<b>EC<sub>4</sub></b>	MUITO FORTE, altos índices pluviométricos, relevo plano e maneiras diversificadas de uso e ocupação do solo que se dão de forma intensa	<b>EC<sub>3</sub></b>	FORTE, altos índices pluviométricos, maior altitude e declives mais acentuados
Potencial Erosivo do Solo	<b>ES<sub>1</sub></b>	BAIXO, área de relevo suave ocupando terraços fluviais com declives < 8%	<b>ES<sub>2</sub></b>	MODERADO a BAIXO, áreas de encostas com faixas de declives entre 9 e 20%

Densidade de Drenagem	<b>DD<sub>2</sub></b>	MODERADO, nível de escoamento considerável, os terrenos não apresentam um bom grau de infiltração	<b>DD<sub>2</sub></b>	MODERADO, nível de escoamento considerável, os terrenos não apresentam um bom grau de infiltração
Balanço Hídrico	<b>BH<sub>4</sub></b>	MUITO BAIXO, com excedente hídrico e déficit superior a 626,78 mm/ano	<b>BH<sub>4</sub></b>	MUITO BAIXO, com excedente hídrico e déficit superior a 626,78 mm/ano
Qualidade da Água	<b>QA<sub>6</sub></b>	NORMAL, não é apropriada para consumo tendo de passar por tratamento adequado nas ETAs ou fervida antes de beber	<b>QA<sub>6</sub></b>	NORMAL, não é apropriada para consumo tendo de passar por tratamento adequado nas ETAs ou fervida antes de beber
<b>SOMATÓRIO DOS ÍNDICES</b>		<b>21</b>		<b>22</b>

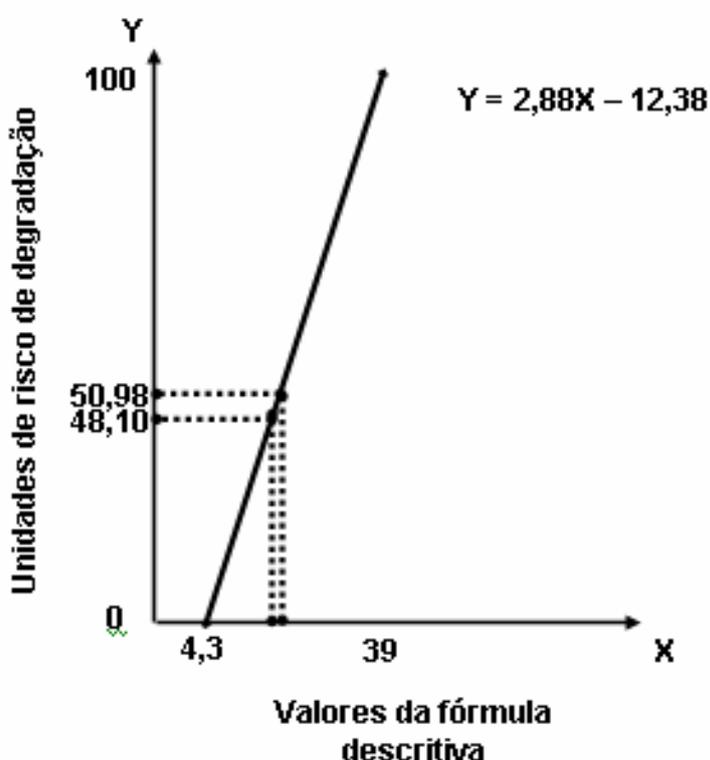
Fonte: Matriz elaborada com base nos resultados dos índices alcançados para a área pesquisada.



**Figura 99** – Trecho da Bacia do Rio Acaraú setorizado, com as respectivas fórmulas descritivas.

Para a obtenção dos valores finais das fórmulas descritivas dos setores, em percentuais, e de acordo com as classificações realizadas, o valor mínimo a ser obtido na fórmula descritiva sugerida é (4,3), dado pelo somatório de todos os índices iguais a 1. Este representa o melhor valor para o IQAA que cada setor poderia apresentar. Da mesma forma, o resultado máximo possível a ser obtido é de (39), obtido pelo somatório de todos os índices com os valores máximos, representando o pior valor para o IQAA que cada setor poderia apresentar.

Com isso, foram plotados os valores, mínimo (4,3) e máximo (39), obtendo-se o gráfico referente ao estado de degradação para os setores do trecho estudado de acordo com a equação da reta utilizada (Figura 100). Onde o setor A1 apresentou risco de erosão de apenas 2,88 unidades críticas a menos que o setor A2, com valor de 48,10. Em termos comparativos, pode-se quantificar que o setor A2 apresenta, maiores riscos de degradação, conforme os índices encontrados, merecendo a adoção de medidas mitigadoras mais urgentes.



**Figura 100** – Gráfico da equação da reta referente às unidades de risco de erosão para as fórmulas descritivas dos setores.

É importante se observar que os índices encontrados para cada parâmetro, se comparados os setores, apresentam-se em alguns casos, os mesmos, tais como, o QA, DD, BH e CVA. Os parâmetros com índices distintos entre as fórmulas descritivas dos setores foram o ES, o DM e o EC. Com os resultados finais dos índices demonstra-se que as alterações ocorridas no Médio curso (A2), foram mais intensas que no Baixo (A1).

Com relação ao índice do potencial erosivo dos solos, este apresentou-se menor no setor A1. Sendo que o parâmetro ES resultante da suscetibilidade da textura à erosão e da declividade média (DM), mesmo considerando as taxas de erosão maiores do que as de denudação para ambos os setores, tem-se que a declividade foi decisiva em conferir um menor potencial erosivo. Para o setor A2, por apresentar declives maiores, mostrou um potencial de erosão mais acentuado.

O resultado encontrado para o índice de densidade de drenagem (DD), para ambos os setores, foi mediano. Mas, com resultados diferentes, onde o valor do setor A2 apresentou-se maior que o do A1, os quais justificam as diferentes formas de declives e as maiores ou menores ocorrências de escoamento superficial. Devido aos terrenos do Médio curso não terem um bom grau de infiltração, apresentam uma maior intensidade nos processos erosivos para a esculturação de canais fluviais, configurando um padrão de drenagem mais dentrítico. No Baixo curso, devido a maior porosidade dos solos e a menor intensidade de esculturação, se configura um padrão mais paralelo.

O parâmetro de erosividade das chuvas (EC) apresentou-se alto para ambos os setores. Acredita-se, estar relacionada às altas pluviosidades ocorridas no primeiro semestre do ano e sendo mais elevado, no setor A1, devido ao relevo aplainado que possibilita um maior escoamento superficial. O índice pode ser maior devido ao aumento das atividades agroextrativas e das formas de uso e ocupação indevidos que proporcionam a degradação dos solos.

O balanço hídrico (BH) apresentou-se baixo nos setores A1 e A2. Percebe-se que a área apresenta durante muitos meses do ano situações de déficit hídrico, visto que a causa dos índices de evapotranspiração apresentam-se elevados é em relação à ocorrência de taxas de insolação muito altas, durante o ano, que na maioria das vezes supera as de precipitação. Influenciando, assim, no comportamento dos dados climatológicos das estações de Acaraú e Sobral.

Em relação ao parâmetro de cobertura vegetal atual (CVA) apresentou-se com um índice de proteção de médio a alto para ambos os setores. Isso se deve, às grandes áreas cobertas pelas vegetações densas e esparsas, as quais favorecem a proteção ao solo. No entanto, as práticas desordenadas são evidentes no que concerne ao extrativismo vegetal, mineral e principalmente a carcinicultura, que geram impactos negativos que intensificando a erosividade dos solos, assoreando o canal fluvial. Com isso, deve haver um maior controle das formas de uso e ocupação da terra, sendo importante, associar as informações quanto à evolução sócioeconômica da bacia do Rio Acaraú.

Para o parâmetro de qualidade da água (QA), pode-se avaliar de acordo com os resultados alcançados que a diferença entre os setores analisados é muito pequena (1,18%) e, apesar de apresentar um aspecto aparente NORMAL, não é apropriada para consumo tendo de passar por tratamento adequado nas ETAs ou fervida antes de beber. Isso se deve pelas formas intensas de uso e ocupação, a falta de saneamento básico adequado e da disposição irregular dos resíduos sólidos ao longo do curso do Rio Acaraú até a sua foz.

## 10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

---

A caracterização geoambiental realizada apresentou-se como um importante método para explicar o interrelacionamento entre os processos físicos, biológicos e antrópicos observados no espaço geográfico da bacia estudada. A identificação dos Sistemas Ambientais possibilitou uma melhor compreensão da dinâmica ambiental do meio. Portanto, os princípios da ecodinâmica contribuíram para a definição do grau de fragilidade dos Sistemas Ambientais, em virtude da ação de fenômenos naturais e antrópicos.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) apresentou-se como uma excelente ferramenta na execução de estudos geomorfológicos, oferecendo maiores detalhes e uma melhor percepção visual das formas de relevo, facilitando o cálculo dos parâmetros morfométricos. A análise morfométrica (areal e linear) apresentou resultados que facilitaram a compreensão de forma integrada dos processos hidrogeológicos da bacia hidrográfica do Rio Acaraú. A partir de uma análise global, das intervenções dos elementos naturais e antrópicos, propôs-se a setorização da bacia para a identificação dos principais elementos degradantes nas áreas de abrangência dos setores delimitados, sendo de 923,25 km<sup>2</sup> para o setor A1 (Baixo curso) e de 2.176,75 km<sup>2</sup> para o A2 (Médio curso). Representando cerca de 21,5% do total da bacia e área drenada de 3.100 km<sup>2</sup>.

Para o entendimento do ambiente estuarino do Rio Acaraú, que abrange os municípios de Acaraú e Cruz, os resultados dos estudos de morfodinâmica, hidrodinâmica e de qualidade da água foram imprescindíveis para mostrar a influência das diversas atividades de uso e ocupação que ocorrem ao longo da bacia de drenagem, com conseqüências negativas para a dinâmica do estuário, por ser este a saída de toda vazão efluente da bacia. Contudo, a sazonalidade climática da região se reflete no volume de água que adentra ao estuário, em questão, sendo maior na estação chuvosa com valor de 926,4 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> e menor no período de estiagem com 35,97 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, o que implica na redução de mais de

90% na contribuição de água no sistema estuarino, incrementando o processo de assoreamento induzido pela ação antrópica degradante, aumento de salinidade média e diminuição na oxigenação das águas, imprescindíveis para a produtividade biológica desse ecossistema.

A maré no estuário é do tipo mesomaré semidiurnas com amplitude de sizígia, que adentra no ambiente estuarino, de 3,7 m no período chuvoso e de 2,91 m na estiagem. Neste mesmo período verificou-se um atraso na baixa-mar de 32 minutos e no período chuvoso de 1 hora e 19 minutos.

No período chuvoso a velocidade média das correntes variou de 0 a 0,71 m/s, com variação da direção acompanhando os contornos do canal no estuário, sob a influência dos ventos locais e das correntes de fundo ESE-E-ENE. No período de estiagem as maiores velocidades foram observadas durante a Enchente (0,56 m/s) e na Vazante (0,52 m/s). A direção mostrou-se praticamente a mesma, mas com leituras de SSO e OSO, variando de 205° a 262°, em relação às de E-ENE-ESSE, o que pode indicar o predomínio das correntes de enchente em relação às de vazante.

Em relação à salinidade, no período chuvoso, variou de 4‰ e 37‰, ambos na preamar e nas seções 06 e 01 (foz). No período de estiagem, encontraram-se valores entre 22‰ e 40‰, onde os maiores índices registrados concentraram-se nos ciclos de baixa-mar e preamar, ou seja, 40‰ e 38‰, observados nas seções 01(Foz) e 02, a cerca de 2,47 km da foz. Em ambos os períodos o teor de sal nas seções decresce à medida que se vai para o interior do continente. Como reduzem também os valores médios de condutividade, que para a estação chuvosa não foram calculados. Mas, no período de estiagem apresentou valor máximo de 61,59  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na seção 01 (foz) e mínimo de 0,58  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na seção 08 a cerca de 15 km da foz, ambos na preamar. Durante o período de estiagem as temperaturas são maiores em todo o estuário do Rio Acaraú e respondem à combinação entre a diminuição da lâmina d'água e o aumento da radiação solar.

A saturação média de oxigênio no período de estiagem apresentou valor mínimo de 3,35 mg/L, na foz, devido a alta carga orgânica lançada para o curso d'água pela lagoa de estabilização existente a montante. Por ser o período mais seco, o efluente não depurou e o restante da matéria orgânica consumiu o oxigênio existente. Na estação chuvosa apresentou valores médios de 6,68 mg/L. por isso, a contribuição da bacia de drenagem do Rio Acaraú, com a vazão de  $926,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  é imprescindível para a diminuição da salinidade, além de promover a oxigenação da água.

Todos os parâmetros utilizados na fórmula descritiva procuram refletir o potencial de degradação nos setores da bacia, decorrente de fatores naturais (clima, solo, vegetação, relevo) e antrópicos (qualidade da água), servindo como indicativo do que está efetivamente ocorrendo em termos de manutenção dos recursos naturais e hídricos superficiais. O valor crítico dos riscos de degradação é um resultado qualitativo e próprio para análises comparativas entre setores de uma bacia hidrográfica.

A declividade média (DM) muitas vezes não é suficiente para relacionar proporcionalmente, relevo e erosão, especialmente entre sub-bacias com praticamente o mesmo valor para este parâmetro. Por isso, recomenda-se a adoção de outros parâmetros como a curva hipsográfica, coeficiente orográfico e de massividade. Onde estes possibilitam distinguir as diversas formas de relevo de cada setor ou microbacia, para avaliar com maior precisão as diferentes intensidades dos processos erosivos naturais.

As características geológicas devem ser analisadas de forma integrada às características físicas do solo, onde para o ambiente estuarino a suscetibilidade da textura à erosão mostrou-se como uma característica importante nesta análise, juntamente com o cálculo das taxas de erosão e denudação para o Médio e Baixo curso que estabeleceram o valor da erodibilidade dos solos para os respectivos setores.

O nível de degradação dos solos no estuário do Rio Acaraú situou-se na classe Muita Alta de suscetibilidade à erosão, que é caracterizada geologicamente pelo predomínio de arenitos da Formação Barreiras, geomorfologicamente por relevo aplainado, com declives menores que 8%, e, pedologicamente, pela ocorrência de Argissolos e Neossolos Quartzarênicos que de acordo com a granulometria deu-se o predomínio de texturas arenosas grossas e médias, com pouca presença de materiais finos. Tais características levam a ocorrência de uma erosão laminar intensa, onde a consequência imediata destes processos é o assoreamento dos cursos d'água e, logicamente, a escassez dos recursos hídricos na região estudada.

Nesta situação, a erosão ocorre de forma crescente, nos setores A1 e A2, e por isso os processos de formação do solo não conseguem superar os de degradação. As causas desta em função dos fatores antrópicos, têm-se o uso e ocupação irracional do solo que proporciona os desmatamentos, cultivos inadequados, estradas mal planejadas e expansão urbana desordenada. Sobre este cenário atuam os fatores naturais, como a chuva, o relevo, os solos e a cobertura vegetal, que controlam a intensidade do processo erosivo.

Assim, o controle do processo de erosividade do solo (ES) é fundamental quando se deseja utilizar a terra para fins agrícolas, urbanos, industriais, de lazer, na construção de reservatórios, dentre outros. Tal controle deve ter como princípio a recuperação das margens do rio, através do reflorestamento para que se possa minimizar o impacto erosivo das chuvas (EC) e a energia da água no processo de escoamento superficial. Logo, um plano de conservação dos solos se faz necessário, a fim de permitir o uso intensivo das terras com a agricultura irrigada e a carcinicultura, a fim de adequar o uso à preservação dos recursos hídricos superficiais.

Para a área estudada, com base nos resultados das amostras de água, se faz necessária uma proposta de gestão municipal para garantir a qualidade dos recursos hídricos (QA) para percentuais mais significativos, o que reforça a

necessidade de incorporar as preocupações ambientais nas políticas públicas como ingrediente essencial na conquista do desenvolvimento sustentável.

O IQAA elaborado para os setores A1 e A2, constitui-se em subsídio para trabalhos no nível de conhecimento total da bacia. Fornecendo indicativos para a condução racional dos recursos hídricos superficiais que permitem melhorar a qualidade e a quantidade de água disponível nos municípios. Além de ser fundamental para a saúde da população, pode ajudar a atrair investimentos e recursos.

Conforme as características socioeconômicas dos setores da bacia do Rio Acaraú e das cargas de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) estimadas, devem ser observadas principalmente as medidas de saneamento básico dos municípios integrantes, destacando-se a destinação final dos resíduos sólidos e o tratamento de esgoto. Com isso, ações mais apropriadas e conscientes das prefeituras locais para gerenciar os recursos hídricos devem ser baseadas na legislação vigente. Como a Lei Federal dos Recursos Hídricos nº 9433, de janeiro de 1997, que prevê, inclusive, a possibilidade de cobrança pelo uso da água, onde a prefeitura pode fazer um planejamento para garantir a disponibilidade dos recursos hídricos do município, cadastrando os usuários e os poluidores. Ampliando, assim, a participação da sociedade na elaboração deste planejamento, obtendo um maior apoio para a implementação dele.

As campanhas de coleta seletiva do lixo são instrumentos eficazes de ação, facilitando o manejo dos resíduos sólidos por parte da administração pública. O volume de lixo gerado pelo município pode ser compactado e armazenado para posterior reciclagem. Já o lixo orgânico, depois do processo de compostagem, pode ser transformado em adubo para aproveitamento na agricultura.

Quanto ao tratamento dos esgotos, há tecnologias modernas como os reatores aeróbicos verticais que necessitam de um pequeno espaço para instalação, de fácil manutenção e com aproveitamento da rede de drenagem

pluvial urbana para condução dos efluentes tratados. Sendo importante, também, a preservação e o manejo de riachos, a proteção e a recuperação da vegetação de mata ciliar.

É fundamental a instrumentalização dos próprios municípios para lidar com a proteção dos recursos hídricos em escala local, como forma de dar suporte aos órgãos regionais de gestão. As decisões sobre a ocupação do solo, com base nos respectivos Planos Diretores e outros instrumentos, são tomadas no âmbito do município, onde a Agenda 21 torna-se importante para o fortalecimento local, como acontece nos municípios de Sobral e Cruz.

Torna-se evidente, com a realização da pesquisa, a necessidade de disponibilizar os dados espaciais, em formato digital, na forma de banco de dados, oferecendo acesso rápido a informações atualizadas, padronizadas e precisas, tornando o processo de análise, planejamento e gerenciamento do espaço mais dinâmico. Onde o processo de tomada de decisão exige soluções rápidas e precisas para os problemas que envolvem um grande volume de dados e elevado grau de complexidade.

## 11. BIBLIOGRAFIA

---

- ANDRADE, F. P. P. de (Coord) **Diagnóstico do uso de fertilizantes para o incremento da produtividade agrícola no Ceará**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará. Secretarias de Indústria e Comércio (SIC); Agricultura e Reforma Agrária (SEARA); Planejamento e Coordenação (SEPLAN), 1991.83p.
- Agência Nacional de Águas (ANA). **Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul – Trecho Norte e Nordeste (MA, PI, CE, RN)**. 01 CD-ROM, Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH), disponibilizado pela COGERH em 2005.
- APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington: 1998.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas: Modelo e Aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994, 112p.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba, SP: Livroceres, 1985. 392 p.
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico, Caderno de Ciências da Terra (13)**, USP. São Paulo, 1969.
- BITTENCOURT, A. C. S. P. et al. **Quaternary marine formations of the coast of the state of Bahia (Brasil)**. Simpósio Internacional sobre evolução costeira no Quaternário, São Paulo: 1979. Atas, 232-253 p.
- BORREGO, J. et al. **Caracterización de la propagación de la onda de marea em el estuário del rio Odiel (HUELVA, ESPAÑA)**. 4º Simpósio sobre el MARGEN IBÉRICO ATLÂNTICO, Huelva, 1999, 2 p.
- BRASIL, Ministério das Minas e Energia. – **PROJETO RADAMBRASIL** – Folha SA. 24. Fortaleza –MME–1981 – Rio de Janeiro.
- BRICKER, S. B.; FERREIRA, J. G.; SIMAS, T. **An Integrated Methodology For Assessment of Estuarine Trophic Status**. Ecological Modelling. 2003.
- BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia fluvial: um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003, 278p.
- CARIOCA, J. O. B. & ARORA, H. L. **Biomassa: fundamentos e aplicações tecnológicas**. Fortaleza: EUFC, 1984. 644 p.

CONEZA, V. F. **Guia metodologica para la evaluaci3n del impacto ambiental**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Espa1a. 1997 (3ªde). 412p.

CAVALCANTE, A. A. **Aspectos da Produ3o de Sedimentos e seus Efeitos no Baixo Jaguaribe – Cear1**. Disserta3o (Mestrado Acad1mico em Geografia) – Centro de Ci4ncias e Tecnologia da Universidade Estadual do Cear1, Fortaleza, 2001.

CANÇADO, C. J. & LORANDI, R. **Zoneamento ambiental conceitual da expans3o das atividades antr3picas**. In: Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percep3o. Ed. RiMa, S1o Paulo, 2004, 409p.

CEAR1. Secretaria de Recursos H1dricos – SRH. **Plano Estadual de Recursos H1dricos**, 4v. Fortaleza, 1992.

CEAR1. IPECE. **Perfil B1sico Municipal**. IPECE, 2003. In: [www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br). Acessado em 02/12/2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. S1o Paulo: Edgard Blucher, 2 ed. 1980.

\_\_\_\_\_. **Abordagem Ecol3gica e Geogr1fica na An1lise de Sistema Ambiental**. Revista Ci4ncia Geogr1fica – Bauru – V. 12: Janeiro / Abril, 1999.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolu3o N1 357 de 17 de mar3o de 2005**, publicado no D.O.U. de 28/04/2005. Bras1lia – DF. Dispon1vel em: [www.conama.gov.br](http://www.conama.gov.br)

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolu3o N1 20 de 18 de junho de 1986**, publicado no D.O.U. de 30/07/1986. Bras1lia – DF. Dispon1vel em: [www.conama.gov.br](http://www.conama.gov.br)

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). **M1todos simplificados para an1lises bacteriol3gicas de 1gua** / Petra S. Sanchez. S1o Paulo. 1996, 67 p.

CORR1IA, L. J. de A. **Estudo das Perdas de Solo no Contexto Geoambiental da Bacia Hidrogr1fica do A3ude Cedro, Quixad1 – CE**. Disserta3o (Mestrado Acad1mico em Geografia) – Centro de Ci4ncias e Tecnologia da Universidade Estadual do Cear1, Fortaleza, 2001.

CUNHA, S. B. da. **Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biof1sico da Bacia do rio S1o Jo1o**. Rio de Janeiro: edi3o do autor, 1995.

- CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, 472 p.
- DIAS, C. B.; MORAIS, J. O. de; PINHEIRO, L. S. **Estudos dos Processos de Evolução Sedimentológica e da Qualidade da Água relacionados ao Uso e Ocupação na Lagoa da Encantada-Aquiraz-CE**. Revista de Ciência e Tecnologia da UECE, Fortaleza, v. 3, n. 2002.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, - Brasília: EMBRAPA produção de informação: Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência/FUNEP, 1998.
- FERNANDES, E. H. L. **Modelling the hydrodynamics of the Patos lagoon, Brazil**. Plymouth, 2001, 219 p. thesis (University of Plymouth), Institute of Marine Studies Faculty of Science.
- FIDELMAN, P. I. J. **Impactos Causados por tensores de origem antrópica no sistema estuarino do rio Santana, Ilhéus, Bahia**. In: Livro de Resumos Expandidos da XII Semana Nacional de Oceanografia, novembro de 1999, Rio de Janeiro – RJ. 405-407p.
- FIGUEIRÊDO, M. C. B.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; GOMES, R. B.; PAULINO, W. D.; CORREIA, L. J. A. **Diagnóstico da Qualidade de Água na Bacia do Rio Acaraú**. In. III Congresso Nacional de Meio Ambiente, 3. 2004, Salvador, Anais..., Salvador: UFBA, 2004, 1 CD-ROM.
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Naturais. **Dados das Estações Pluviométricas de Acaraú, Bela Cruz, Cruz, Marco, Morrinhos, Santana do Acaraú, Massapé, Meruoca e Sobral**. Anos de 1973 a 2003, disponibilizados em 2005.
- FRENCH, P. W. **Coastal and Estuarine Management**. London, Ed. Routledge, 1997.
- FRISSEL, C.A., LISS, W.J., WARREN, C.E. **A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in the watershed concept**, Environmental Management, v. 10, 1986, p 199-214.
- FILHO, M. R. de F. **Análise Geoambiental com Aplicação de Geotecnologias nas nascentes do Riacho dos Macacos: Bacia do Rio**

- Acaraú-CE.** Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.
- GORAYEB, A. **Análise Geoambiental e dos Impactos na Bacia Hidrográfica do Rio Curu.** Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.
- IBGE (2001). **Censo Demográfico 2000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2001.
- IBGE (2001a). **Produção Pecuária Municipal 2000.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.
- IBGE (2001b). **Produção Agrícola Municipal 2000.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.
- INMET – **Dados das Normais Climatológicas do Município de Sobral, com base no período de 1961 a 1990.** Publicação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 1992.
- IPLANCE. **Anuário Estatístico do Ceará 2001.** CD-ROM, Fortaleza, 2001.
- HE, C.; MALCOLM, S. B.; DAHLBERG, K. A; FU, B. **A conceptual framework for integrating hydrological and biological indicators into watershed management.** Landscape and Urban Planning, v.49. p. 25-34, 2000.
- JONES, J. G. **A guide to methods for estimating microbial numbers and biomass in fresh water.** Ambleside: Freshwater Biological Association – Scientific publication. (39), 1979.
- HERMES, L. B. & SILVA, A. de S. **Avaliação da Qualidade das Águas.** Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- HJÜLSTROM, F. **Transportation of detritus by moving water.** In: Trask, P.D. (Ed.), Recent Marine Sediments-A Symposium. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., pg 5-31, 1935.
- LACERDA, L. D. de & SENA, D. L. de. **Estimativas de Cargas de Nitrogênio, Fósforo e Metais Pesados de Interesse Ambiental para as Bacias Inferiores do Litoral do Estado do Ceará.** In: Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará. SEMACE, Fortaleza, 2005, 62 p.
- LIMA, E. C. **Análise e Manejo Geoambiental das Nascentes do Alto rio Acaraú: Serra das Matas – CE.** Dissertação (Mestrado Acadêmico em

Geografia) – Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B.; CÂMARA, C. **Implicações da colheita florestal e do preparo do solo na erosão e assoreamento de bacias hidrográficas**. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap 11, p.373-391.

LIMA, W. P. & ZAKIA, M. J. B. **Indicadores hidrológicos**. Série Técnica IPEF, v. 12, n. 31, p.53-64, 1998.

LIMA, W. P. *et al.* **Rede de monitoramento ambiental em microbacias: indicadores hidrológicos do manejo sustentável**. In: BRANCO E. F. (ed.). IPEF/LCF/ESALQ/USP Relatório anual, 1997.

LIRA, L. *et al.* **Material em suspensão, temperatura e salinidade no estuário do Rio Maniucaba - Pe**. Caderno Omega da UFPE, 1978, Recife, 2 (1): 97-116p.

MAIA, L. P. **Controle Tectônico e Evolução Geológica sedimentológica da região da desembocadura do Rio Jaguaribe-CE**. Recife-Pe, 1993, 144 p. Dissertação (Pós-Graduação em Geociências), Universidade Federal de Pernambuco-UFPE.

MARCOMIM, F. E.; SANTOS, J. E.; NETO, F. L.; PIRES, J. S. R. **Análise ambiental e avaliação quali-quantitativa da perda de solo para o manejo de uma bacia hidrográfica**. In: Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percepção. Ed. RiMa, São Paulo, 2004, 409p.

MEYBECK, M. & HELMER. R. **An introduction to water quality**. In: CHAPMAN, D. (Ed.) *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. London: Chapman and Hall, 1992. cap.1, p.1-17.

MIRANDA, L. B. de. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. São Paulo, SP. Edusp, 2002, 424p.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. de S.; CAVALCANTE, A. A. **Dinâmica Costeira**. In: *O Novo Espaço da Produção Globalizada / Denise Elias (organizadora); com a colaboração de Adriana Martins Rocha... [et al.]*. Fortaleza: FUNECE, 2002. 366p.: il. (119p – 159p).

MORAIS, J. O. de; PINHEIRO, L. S. ; MEDEIROS, C. **Erosive processes linked to the evolution of the estuarine system nearby Aguas Belas, Cascavel, Ceará, Brazil.** In: International Coastal Symposium 2004, Santa Catarina, 2004.

MEIRELES, A. J. A. **Os campos de dunas móveis do Ceará: um sistema regulador dos processos morfogenéticos ao longo da linha de praia.** In: XIII Encontro Nacional de Geógrafos, 2002, João Pessoa. **Anais do 13º ENG.** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2002, v.1.p.1–9.

MUEHE, D., **Geomorfologia Costeira.** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Organizadores). **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, p. 253-308, 1999.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) . Rio de Janeiro, 1979.

O’SULLIVAN, P. E. **“The Ecosystem – Watershed Concept in the Environmental Sciences – A Review”**, Journal of Environmental Studies, v. 13, 1981, p. 273 – 281.

PAULA, J. E. de A. **Dinâmica e evolução ambiental do baixo curso do Rio Cauípe, Caucaia – CE.** 2004. Dissertação de Mestrado em Geografia, UECE.

PINHEIRO, L. de S. **Riscos e Gestão Ambiental no Estuário do Rio Malcozinhado, Cascavel-CE,** Tese de doutorado em oceanografia – Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

PIRES, J. S. R.; PIRES, A. M. Z.; SANTOS, J. E. **Avaliação da integridade ecológica em bacias hidrográficas.** In: Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percepção. Ed. RiMa, São Paulo, 2004, 409p.

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - PERH. **Estudos de Base.** Fortaleza, CE, 1988.

RODIER, J. **L’analyse de l’eau: eaux naturelles, eaux résiduales, eaux de mer, vol. 1,** 5a ed., Paris, Ed. Dunod, 1975, 692p.

RODRIGUES, R. & FORESTI, C. **Dinâmica do uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Claro.** In: Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percepção. Ed. RiMa, São Paulo, 2004, 409p.

- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003. 140p.
- SOUZA, A. D. G. de & TUNDISI, J. G. **Integração entre a gestão ambiental e a gestão dos recursos hídricos – Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, PE**. In: Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percepção. Ed. RiMa, São Paulo, 2004, 409p.
- SOUZA, M. J. N. **Contribuição ao Estudo das Unidades Morfoestruturais do Estado do Ceará**. Ver. De Geologia v.1, ed. UFC. Fortaleza, 1988, p.73-91.
- \_\_\_\_\_. **Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará**. In: Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará, Ed. FUNECE, Fortaleza, 2000, 268 p. : il..
- \_\_\_\_\_. **Diagnóstico Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú**. Embrapa, Fortaleza, 2005, 99p.
- Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH). **A Nova Política das Águas do Ceará**. v.1, cap. 1, Fortaleza, 1992.
- SOTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas: Métodos em Questão**. IG – USP, 1977.
- SUCUPIRA, P. A. P.; PINHEIRO, L. de S.; ROSA, M. de F. **Indicadores de Degradação dos Recursos Naturais Renováveis no baixo curso do rio Acaraú – CE**. In: I Encontro Nacional de Geografia e Sustentabilidade, 2005, Fortaleza-Ce. Anais do I Encontro Nacional de Geografia e Sustentabilidade, 2005.
- SUGUIO, K. & BIGARELLA, J. J. **Ambientes Fluviais**. Editora da UFSC. Editora da Universidade Federal do Paraná. Florianópolis – SC, 1990.
- SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia**. São Paulo: Ed. Blucher, 1973, 500p.
- \_\_\_\_\_. **Rochas Sedimentares**. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 317 p. 1980.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE/SUPREN, 1977.
- VILLELA, S. M. & MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, MacGraw-Hill do Brasil, 1975, 245p.

WALLING, D. E. **Water in the catchment ecosystem**. In: GOWER, A. M. *Water quality in catchment ecosystems*. Chichester: John Wiley, 1980, p. 1 - 47.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Rainfall energy and its relationships to soil loss**. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, DC, v.39, n.2, p.285-291, 1958.

WHITEHEAD, P. G. & ROBINSON. M. **Experimental basin studies – an international and historical perspective of forest impacts**. *Journal of Hydrology*, n.145,1993, p. 217 – 230.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)