UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - DOUTORADO

Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental

Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido

Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi-CE: Subsídios para o Planejamento Ambiental

Juliana Maria Oliveira Silva

Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

OUTUBRO/2012

JULIANA MARIA OLIVEIRA SILVA

ANÁLISE INTEGRADA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANGI – CE: SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Geografia. Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

FORTALEZA
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

S578a Silva, Juliana Maria Oliveira.
Análise integrada na bacia hidrográfica do rio Pirangi: subsídios para o planejamento ambiental / Juliana Maria Oliveira Silva. – 2012.
271 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2012.
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.
Orientação: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva.

1. Bacia hidrográfica. 2. Análise geoambiental. 3. Planejamento ambiental. I. Título.

CDD 910

Universidade Federal do Ceará – UFC
Programa de Pós-Graduação em Geografia

PARECER

"Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi-CE: Subsídios para o Planejamento Ambiental".
Juliana Maria Oliveira Silva Defesa em 30 de outubro de 2012.

Conceito obtido: aprovada

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – (UFC)
Departamento de Geografia

Prof. Dr. Adriano Severo Figueiró
Universidade Federal de Santa Maria - (UFSM)

Prof. Dr. Manoel Rodrigues de Freitas Filho
Fundação Cearense de Meteorologia - (FUNCEME)

Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará - (UFC)
Departamento de Geografia

Profa. Dra. Maria Elisa Zanella
Universidade Federal do Ceará - (UFC)
Departamento de Geografia

AGRADECIMENTOS

No dia 21 de outubro de 2002 entrei no curso de Geografia da Universidade Federal do Ceará e sabia que a partir dali a minha vida não seria mais a mesma. Sempre me falavam que entrar na universidade é “outro mundo” e realmente foi. Já tinha um pouco de noção de como funcionava uma universidade, mas não sabia o quanto a gente podia avançar além da graduação e assim fui trilhando o meu caminho até chegar nesta fase de doutorado. O caminho não foi fácil, mas como a vida é feita de amigos, isso ajudou a chegar mais longe. Hoje estou lecionando em uma universidade, o que para mim é uma realização profissional, já que estatisticamente são poucos profissionais que trabalham em instituições superiores de ensino.

Apesar de pesquisar, coletar os dados, organizar e escrever a tese, seja uma atividade meio que solitária do pesquisador, esta teve o apoio direta ou indiretamente de várias pessoas que compartilharam esta última etapa da formação acadêmica (ou uma das etapas). A jornada acadêmica é uma fase atrás da outra que como um rio flui transportando elementos que vai contando a sua história. Para construir e finalizar esta tese gostaria de agradecer várias pessoas que passaram e muitas ficaram e que demonstraram solidariedade neste momento que é o doutorado.

Primeiramente a família que desde ainda nos tempos do colégio sempre apoiou os meus estudos e confiaram nesta criatura. A minha mãe Augusta, Edson (*in memoriam*) meu padrasto, meus padrinhos Elinou Maria e José Nunes.

Ao grande professor e amigo Edson Vicente da Silva “Cacau” pela sua orientação que mesmo tendo outros orientandos, sabe orientar cada um, com a mesma dedicação. Procurando sempre o melhor para cada estudante, mostrando os caminhos para a realização das pesquisas e não esquecendo a Extensão. Aos professores que aceitaram participar desta banca: Adriano Severo Figueiró e Manoel Rodrigues.

Aos professores que desde a graduação tive a oportunidade de compartilhar os seus ensinamentos: Maria Elisa Zanella e Marta Celina Linhares Sales que participam desta banca e também contribuíram na qualificação. O professor Jeovah Meireles pelo seu engajamento socioambiental e conhecimentos da dinâmica costeira. A Clélia Lustosa com suas aulas e risadas inesquecíveis, mostrou que a geografia humana é muito interessante. A Fátima Soares e Paulo Thiers pelas palavras diretas e sem muitos rodeios para falarem o que pensam.

Aos funcionários do Departamento de Geografia, em especial o Evaldo Maia que me aguentou esse tempo todo.

Aos amigos de laboratório e da vida: Ao quarteto das pêssegas formado por mim, Cícera Angélica, Jocicléa Mendes e Bruna Maria.

Ao grande amigo Marcelo Moura por compartilhar estes anseios “o que fazer depois do mestrado, doutorado?” e que hoje ele está na Universidade Federal da Paraíba (UFPB)... é amigo vencemos!!!

Ao Pedro Balduino por ser esse amigo doceiro. Andréa Crispim e Otávio Landim pelo seu desespero de sempre. Carolina Magalhães pela sua eterna calma, Leilane Oliveira pela praticidade nas atividades. Lidemberg Lopes pelo “bom sarcástico humor”. Ao Paulo, que me auxiliou nos levantamentos de campo nos municípios de Ocara e Morada Nova.

Amigos do doutorado onde cursamos disciplinas, palpitamos nos trabalhos dos outros, discutimos teorias já que bacia hidrográfica era o tema em comum de

Ernane Cortez (com a sua agonia divertia o povo), Carlossandro Albuquerque, Rodrigo Guimarães, Aloysio Rodrigues e Frederico Holanda (que apesar de não estudar o mesmo tema, sempre estava presente).

Aos novos amigos deste ambiente de trabalho que é a URCA (Universidade Regional do Cariri). A turma que chegou: Frederico Holanda (já falei), Maria de Lourdes (pelos estresses em entender o *Gvsig*), a Antônia Carlos (pelas conversas descontraídas e cheias de alfinetadas), Emerson Ribeiro (pelos "***churros"***). Ao casal de geógrafos Maria Soares e Ivan Queiroz que nos acolheram desde a nossa chegada. A Simone Ribeiro por compartilhar as fascinantes ideias da geografia física. Alexsandra Magalhães e Socorro Teles por também nos acolher. Francisco das Chagas, Jorn Seemann (Chefe de Departamento) e também amigos de outros departamentos como Biologia (Waltécio Oliveira), História (Darlan Oliveira) pelos almoços no shopping e cafés na P&C.

Aos meus alunos queridos de laboratório Ítalo Ramon e Gabriela Estevão e minha primeira orientanda Denise Brito e a mais recente Mickaelle Braga.

Aos amigos do IBGE que nunca esquecerei pelos momentos alegres na época das pesquisas: Perpétua Carmo, Kaliza Holanda, Eudesmar Duarte, Carlos Alberto, Leonardo Oliveira, Raphael Santos. Aos funcionários do órgão na pessoa de José Rodrigues do Departamento de Geografia e Antônio José da Base por ceder material cartográfico.

O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.

Cora Coralina

RESUMO

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise geoambiental na bacia hidrográfica do rio Pirangi fornecendo um diagnóstico integrado, avaliando as aplicabilidades de propostas de planejamento ambiental com base na vulnerabilidade, potencialidades e limitações das unidades geoambientais e elaborar um plano de gestão que possa colaborar para a área de estudo. O trabalho foi desenvolvido em uma perspectiva da análise integrada. As técnicas cartográficas juntamente com os levantamentos de campo possibilitaram a execução do trabalho. Elaboraram-se mapas referentes a contextualização geoambiental da bacia na escala de 1:450.000 e a partir da integração destes mapas, foi possível delimitar as unidades geoambientais: Planície Litorânea, Tabuleiros Pré-Litorâneos, Tabuleiros Interiores, Cristas Residuais, Depressão Sertaneja e Planície Fluvial. A etapa seguinte adentrou-se a bacia para a identificação dos usos e ocupações e consequentemente os impactos ambientais. O cruzamento de mapas possibilitou a identificação e mapeamento da vulnerabilidade natural e ambiental da bacia em cinco graus: muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta e caracterizaram-se as potencialidades e limitações da bacia. O trabalho foi finalizado com algumas propostas de planejamento ambiental através de um zoneamento ambiental com quatro zonas além da delimitação das Áreas de Preservação Permanente dos riachos, rios e corpos d'água: Preservação Ambiental, Uso Disciplinado e Conservação Ambiental, Uso Intensivo e Recuperação Ambiental. Espera-se que este trabalho possa contribuir para a área da análise integrada em bacias hidrográficas como subsídio ao planejamento ambiental.

Palavras-chaves: bacia hidrográfica, análise geoambiental e planejamento ambiental

ABSTRACT

The aim of this paper is to perform a geo-environmental analysis of the Pirangi watershed, including an integrated diagnosis for the evaluation of the applicability of proposals for environmental planning, based on vulnerability, potentialities and limitations of geo-environmental units, with the goal to elaborate a management plan that could collaborate with the area of study. This research was developed within the perspective of integrated watershed analysis. Cartographic techniques and field survey methods permitted the execution of this project. Maps on a scale of 1:450.000 that referred to the geo-environmental contextualization of the watershed were produced. The integration of these different maps helped to delimit the geo-environmental units: coastal plains, pre-coastal sedimentary rocks, sedimentary rocks in the backlands, residual crests, the *Sertaneja* depression, and fluvial plains. The following phase consisted of the identification of the land use and occupation and, consequentially, the environmental impacts in the area. The combination of the maps resulted in the identification and mapping of five natural and environmental vulnerability classes in the watershed (very low, low, moderate, high, and very high) and the characterization of the potentialities and limitations of the area. The study concludes with a set of proposals for environmental planning by environmental zoning consisting of four zones that go beyond the areas of permanent preservation of the creeks, rivers, and water bodies: environmental preservation, controlled use and environmental conservation, intensive use and environmental recovery. The intention of this research is to contribute to the field of integrated watershed analysis as support for environmental planning.

Keywords: watersheds, geo-environmental analysis, environmental planning.

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS **PÁG.**

Figura 01 – Equação empírica da média dos valores individuais..... 49
Figura 02: Fluxograma metodológico..... 57
Figura 03: Etapas para a confecção dos mapas de vulnerabilidade..... 64
Figura 04: Faixa de praia com depósitos de paleomangue..... 87
Figura 05: Desembocadura do rio Pirangi com depósitos de paleomangue..... 87
Figura 06: Inselbergues em Quixadá..... 89
Figura 07: Serrote Curupira em Ocara..... 89
Figura 08: Vista da Serra Azul no distrito de Oiticica em Ibaretama..... 90
Figura 09: Rio Pirangi na depressão sertaneja no município de Quixadá..... 90
Figura 10: Vista da Serra de Palhano no distrito de Aruaru em Morada Nova..... 90
Figura 11: Afloramentos rochosos no município de Ocara..... 90
Figura 12: Rio Pirangi nos tabuleiros costeiros de Beberibe..... 90
Figura 13: Área de várzea no município de Beberibe..... 90
Figura 14: Serra do Félix no distrito de mesmo nome, no município de Beberibe..... 90
Figura 15: Aspectos da planície flúvio-marinha na praia de Parajuru no município de Beberibe..... 90
Figura 16: Distribuição da precipitação na bacia hidrográfica do rio Pirangi..... 105
Figura 17: Riacho Juazeiro no distrito de Cristais/Cascavel..... 118
Figura 18: Córrego Ezequiel no distrito de Forquilha em Beberibe..... 118
Figura 19: Riacho dos Macacos no distrito de Oiticica em Ibaretama..... 118
Figura 20: Mangue branco (*Laguncularia racemosa*) espécie típica do manguezal..... 123
Figura 21: Juazeiro (*Zyzyphus joazeiro)* planta da caatinga nos sertões de Quixadá..... 123
Figura 22: Pau-branco *(Auxemma Oncocalix)*nos sertões de Ocara..... 123
Figura 23: Caju (*Anacardium occidentale)* nos tabuleiros costeiros..... 123
Figura 24: Carnaúba (*Copernicea cerifera*) no baixo curso do rio Pirangi..... 123
Figura 25: Faixa de praia com a presença de depósitos de paleomangue..... 134
Figura 26: Pós-praia com a presença de barracas..... 134
Figura 27: Imagem do Google Earth identificando a barreira litorânea paralela a linha de praia..... 135
Figura 28: Foto área da barreira litorânea, no lado direito situa-se a foz do rio Pirangi..... 135
Figura 29: Dunas *Nebkas* na praia de Parajuru, Município de Beberibe..... 137
Figura 30: Dunas Frontais na praia de Parajuru, Município de Beberibe..... 137
Figura 31: Planície flúvio-marinha na área de estudo..... 140
Figura 32: Lagoa costeira perene no distrito de Parajuru em Beberibe..... 141
Figura 33: Lagoa intermitente no distrito de Parajuru em Beberibe..... 141
Figura 34: Tabuleiro pré-litorâneo no município de Beberibe..... 143
Figura 35: Tabuleiros interiores no município de Ocara..... 144
Figura 36: Tabuleiros interiores no distrito de Aruaru em Morada Nova..... 144
Figura 37: Imagem da serra Azul na bacia do rio Pirangi..... 146
Figura 38: Imagem da serra Azul e o distrito de Oiticica em Ibaretama logo à frente..... 146
Figura 39: Serra Azul, verifica-se afloramentos rochosos nas vertentes..... 146
Figura 40: Serra do Félix em Beberibe..... 147
Figura 41: Serra do Palhano na bacia do rio Pirangi..... 147
Figura 42: Relevo suave ondulado da depressão sertaneja no município de Quixadá..... 149
Figura 43: Depressão sertaneja no município de Ibaretama..... 149
Figura 44: Depressão sertaneja no município de Morada Nova..... 149
Figura 45: Imagem da foz do rio Pirangi evidenciando um canal meândrico..... 150
Figura 46: Aspectos da planície fluvial na depressão sertaneja no município de Quixadá..... 151
Figura 47: Feições das croas com vegetação no leito do rio Pirangi..... 152
Figura 48: Depósitos de material transportado pelo rio Pirangi..... 152
Figura 49: Rio Pirangi nas nascentes no município de Quixadá..... 153
Figura 50: Rio Pirangi no baixo curso no distrito de Itapeim em Beberibe..... 153
Figura 51: Rio Pirangi durante o período de estiagem em setembro de 2010, observa-se um pequeno trecho em Cristais/Cascavel..... 153
Figura 52: Rio Pirangi aumenta seu volume durante o início do período chuvoso em fevereiro de 2011 em Cristais/Cascavel..... 153
Figura 53: Carta-imagem dos principais distritos do alto e médio curso na Bacia do rio

Pirangi..... 169
Figura 54: Carta-imagem dos principais distritos do médio e baixo curso Bacia do rio Pirangi.. 170
Figura 55: Formas de abastecimento da água na bacia..... 178
Figura 56: Tanque para armazenamento de diesel e que nunca foi abastecido..... 193
Figura 57: barcos ancorados no Porto de Parajuru..... 193
Figura 58: Barraca de Kitesurf onde funciona uma escola para a prática desse esporte..... 195
Figura 59: Carta-imagem dos principais tipos de uso no alto e médio curso na bacia do rio Pirangi..... 198
Figura 60: Carta-imagem dos principais tipos de uso no baixo curso na bacia do rio Pirangi..... 199
Figura 61: Viveiros dos camarões..... 202
Figura 62: Desmatamento do manguezal..... 202
Figura 63: Área desmatada para pasto no sertão de Quixadá..... 203
Figura 64: Queimadas para o preparo do solo no povoado de São José/distrito de Curupira em Ocara..... 203
Figura 65: Solo exposto a força da água que promove o arraste das partículas que formam o solo..... 206
Figura 66: Desmatamento das matas ciliares o rio Pirangi em Ibaretama..... 207
Figura 67: Desmatamento das matas ciliares no açude Batente em Morada Nova e Ocara, em período chuvoso a água carrega sedimentos para dentro do açude..... 207
Figura 68: Concentração excessiva de vegetação na superfície do rio Pirangi no município de Ibaretama as margens CE-060 que gera um impedimento à entrada de luz solar em zonas mais profundas do rio..... 208
Figura 69: casas bem próximas ao canal fluvial, distrito de Pirangi (Ibaretama)..... 209
Figura 70: Transbordamento do rio Pirangi durante as chuvas de 2009, distrito de Pirangi, Município de Ibaretama..... 209
Figura 71: Retirada de areia no município de Beberibe..... 210
Figura 72: Extração de areia (chamada de localmente – área de empréstimo) para pequenas construções como as vias de acesso na zona rural..... 210
Figura 73: Vulnerabilidade para o tema Geologia e Geomorfologia. A: Geologia e B: Geomorfologia..... 219
Figura 74: Vulnerabilidade para Pedologia e Vegetação. A: Pedologia e B: Vegetação..... 221
Figura 75: Imagem das Áreas de Preservação Permanente..... 250
Figura 76: Imagem da Zona de Preservação Ambiental..... 250
Figura 77: Imagem da Zona de Uso Disciplinado e Conservação Ambiental..... 251
Figura 78: Imagem da Zona de Uso Intensivo..... 251
Figura 79: Imagem da Zona de Recuperação Ambiental..... 251

LISTA DE MAPAS

Mapa 01: Localização da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 71
Mapa 02: Setorização da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 73
Mapa 03: Geologia da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 77
Mapa 04: Declividade da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 83
Mapa 05: Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 86
Mapa 06: Solos na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 99
Mapa 07: Sub-Bacias do rio Pirangi..... 126
Mapa 08: Unidades Geoambientais da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 132
Mapa 09: Unidades Geoambientais e Sub-Unidades do Estuário e Entorno do rio Pirangi 142
Mapa 10: Uso da Terra e Cobertura Vegetal atual da bacia do rio Pirangi..... 183
Mapa 11: Cobertura Vegetal atual e uso do estuário do rio Pirangi e entorno..... 184
Mapa 12: Vulnerabilidade Natural na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 226
Mapa 13: Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 232
Mapa 14: Zoneamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 253

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Balanço Hídrico do Posto Ibaretama/Ibaretama..... 114
Tabela 02: Balanço Hídrico do Posto Cristais/Cascavel..... 114
Tabela 03: Balanço Hídrico do Posto Curupira/Ocara..... 114
Tabela 04: Balanço Hídrico do Posto Fortim..... 115
Tabela 05: População rural e urbana em cada município da área de estudo..... 165
Tabela 06: População por distritos dos municípios da área de estudo..... 166
Tabela 07: Unidades de Saúde Ligadas ao Sistema Único de Saúde (SUS), por Tipo de Unidade..... 167
Tabela 08: Profissionais de Saúde, Ligados ao Sistema Único de Saúde (SUS)..... 168
Tabela 09: Dados educacionais dos municípios incluídos na bacia do rio Pirangi..... 169
Tabela 10: Nível de instrução da população nos distritos da área de distrito..... 171
Tabela 11: IDM por município pertencente da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 172
Tabela 12: Tipo de escoadouro dos distritos localizados na bacia do rio Pirangi..... 181
Tabela 13: Destino final dos resíduos sólidos presentes na bacia do rio Pirangi..... 181
Tabela 14: PIB por atividade econômica dos municípios da área de estudo..... 186
Tabela 15: Dados de pecuária, culturas temporárias, culturas permanentes dos municípios da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 190
Tabela 16: Número de estabelecimentos que possuem agricultura familiar..... 189
Tabela 17: Classes e Graus na determinação da vulnerabilidade à erosão utilizados no trabalho..... 217
Tabela 18: Graus de vulnerabilidade e respectivas áreas para os temas geologia e geomorfologia..... 220
Tabela 19: Graus de vulnerabilidade e área para os temas pedologia e vegetação..... 222
Tabela 20: Graus de Vulnerabilidade Natural e área da bacia do rio Pirangi..... 225
Tabela 21: Distribuição por área dos graus de vulnerabilidade ambiental na bacia do rio Pirangi..... 227

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Escalas espaciais de grandeza de Cailleux e Tricart..... 32
Quadro 02: Área sugerida por autores para bacia, sub-bacias e micro-bacias..... 43
Quadro 03: Condições de vulnerabilidade associado ao balanço da morfogênese e pedogênese..... 47
Quadro 04: Escala de Vulnerabilidade das Unidades Territoriais Básicas..... 50
Quadro 05: Valores atribuídos às categorias morfodinâmicas..... 50
Quadro 06: Postos pluviométricos localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi..... 60
Quadro 07: Pesos calculados para cada fator na análise da vulnerabilidade..... 65
Quadro 08: Vulnerabilidade do tema Geologia..... 65
Quadro 09: Vulnerabilidade do tema Geomorfologia..... 66
Quadro 10: Vulnerabilidade do tema Solos..... 66
Quadro 11: Vulnerabilidade do tema Vegetação..... 67
Quadro 12: Vulnerabilidade do tema Uso e Ocupação..... 67
Quadro 13: Municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 72
Quadro 14: Distritos presentes na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 74
Quadro 15: Classes de Declividade da Bacia do Rio Pirangi..... 81
Quadro 16: Síntese das unidades de relevo presente na área de estudo..... 85
Quadro 17: Síntese da compartimentação geológica-geomorfológica bacia..... 91
Quadro 18: Tipos de solos, unidade geomorfológica e características naturais..... 98
Quadro 19: Comportamento pluviométrico na bacia para os postos Cristais e Curupira..... 109
Quadro 20: Comportamento pluviométrico na bacia para os postos Ibaretama e Fortim..... 109
Quadro 21: Sub-bacias do Alto Curso do rio Pirangi..... 127
Quadro 22: Sub-bacias do Médio Curso do rio Pirangi..... 128
Quadro 23: Sub-bacias do Baixo Curso do rio Pirangi..... 130
Quadro 24: Unidades Geoambienais na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi..... 154
Quadro 25: Síntese do histórico dos municípios da área de estudo..... 163

Quadro 26: Tipos de uso e Cobertura Vegetal área na bacia do rio Pirangi..... 185
Quadro 27: Assentamentos existentes na bacia do rio Pirangi..... 192
Quadro 28: Síntese das principais atividades econômicas exercidas na bacia..... 197
Quadro 29: Principais impactos ambientais da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 213
Quadro 30: Potencialidades e Limitações das unidades geoambientais da bacia do rio Pirangi... 235
Quadro 31: Síntese do Zoneamento Ambiental..... 250

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Distribuição pluviométrica anual do baixo curso da bacia - Posto Fortim para a série histórica (1990-2010)..... 104
Gráfico 02: Distribuição pluviométrica anual do médio curso da bacia - Posto Cristais/Cascavel para a série histórica (1997-2010)..... 106
Gráfico 03: Distribuição pluviométrica anual do médio curso da bacia - Posto Ocara/Curupira para a série histórica (1997-2010)..... 106
Gráfico 04: Distribuição pluviométrica anual do alto curso da bacia - Posto Ibaretama/Ibaretama para a série histórica (1997-2010)..... 106
Gráfico 05: Desvio padrão da pluviosidade anual do baixo curso - Posto Fortim (1990-2010)..... 107
Gráfico 06: Desvio padrão da pluviosidade anual do médio curso – Posto Cristais/Cascavel (1997-2010)..... 108
Gráfico 07: Desvio padrão da pluviosidade anual do médio curso - Posto Ocara/Curupira (1997-2010)..... 108
Gráfico 08: Desvio padrão da pluviosidade anual do alto curso – Posto Ibaretama/Ibaretama (1990-2010)..... 108
Gráfico 09: Climograma do Baixo curso - Posto Fortim (1990-2010)..... 111
Gráfico 10: Climograma do Médio curso - Posto Cristais/Cascavel (1997-2010)..... 111
Gráfico 11: Climograma do Médio curso - Posto Curupira/Ocara (1997-2010)..... 112
Gráfico 12: Climograma do Alto curso – Posto Ibaretama (1990-2010)..... 112
Gráfico 13: Balanço Hídrico do Posto Ibaretama/Ibaretama (1990-2010)..... 115
Gráfico 14: Balanço Hídrico do Posto Cristais/Cascavel (1997-2010)..... 116
Gráfico 15: Balanço Hídrico do Posto Curupira/Ocara (1997-2010)..... 116
Gráfico 16: Balanço Hídrico do Posto Fortim/Fortim (1990-2010)..... 116
Gráfico 17: Tipos de abastecimentos dos domicílios dos distritos do alto curso da bacia do Pirangi..... 174
Gráfico 18: Tipos de abastecimentos dos domicílios dos distritos do médio curso da bacia do Pirangi..... 174
Gráfico 19: Tipos de abastecimento dos domicílios dos distritos de baixo curso do rio Pirangi..... 174
Gráfico 20: Produção de lenha por setor na bacia..... 187
Gráfico 21: Produção de carvão vegetal por setor na bacia..... 187
Gráfico 22: Produção de pó de carnaúba por setor na bacia..... 187
Gráfico 23: Produção de cera de carnaúba por setor na bacia..... 187
Gráfico 24: Distribuição dos minerais na bacia..... 188

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

CAD – Computer Aided Designer

CBERS - China-Brazil Earth Resources Satellite

COGERH - Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FUNCEME - Fundação Cearense de Metereologia e Recursos Hídricos

GPS – Global Position System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDACE – Instituto de Desenvolvimento Agrário do Ceará

INCRA – Instituto de Colonização e Reforma Agrária

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPECE – Instituto de Pesquisas do Ceará

LANDSAT - Land Remote Sensing Satélite

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SAD 69 - South American Datum 69

SDA – Secretaria de Desenvolvimento Agrário

SBCS – Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos

SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente

SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos

UECE – Universidade Estadual do Ceará

UFC – Universidade Federal do Ceará

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

ZPA – Zona de Preservação Ambiental

ZUCA – Zona de Uso Disciplinado e Conservação Ambiental

SUMÁRIO

PÁG.

LISTA DE FIGURAS 08
LISTA DE MAPAS 09
LISTA DE TABELAS 10
LISTA DE QUADROS 10
LISTA DE GRÁFICOS 11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS 12

INTRODUÇÃO 18

1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL: FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLOGIA DA PESQUISA..... 24

1.1 Teoria Geral dos Sistemas, Geossistemas e Ecodinâmica e sua inserção na Geografia Física..... 24
1.2 Análise Geoambiental e as abordagens em bacias hidrográficas..... 36

1.3 Vulnerabilidade Ambiental em Bacias Hidrográficas: Conceitos e Aplicações..... 45
1.4 Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas..... 51

1.2 Procedimentos Técnicos..... 56
1.2.1 Levantamento Bibliográfico..... 58
1.2.2 Cartografia Básica, Temática e Sensoriamento Remoto..... 59
1.2.3 Dados climáticos..... 59
1.2.4 Mapas temáticos 61
1.2.5 Vulnerabilidade 63
1.2.5.1 Valores de vulnerabilidade..... 65
1.2.6 Dados Socioeconômicos..... 67
1.2.6 Levantamentos de Campo..... 68

2 RETRATOS DA BACIA DO PIRANGI: CONTEXTUALIZAÇÃO GEOAMBIENTAL..... 70

2.1 Localização e vias de acesso..... 70
2.2 Caracterização Geoambiental..... 75
2.2.1 Aspectos da Geologia, Geomorfologia e Pedologia..... 75
2.2.2 Condições Hidroclimáticas..... 100
2.2.3 Cobertura Vegetal..... 125

3 SUB-BACIAS E UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA DO RIO PIRANGI..... 125

3.1 Sub-bacias da Bacia do rio Pirangi..... 125
3.2 Unidades Geoambientais..... 131
3.2.1 Mar litorâneo..... 133
3.2.2 Planície Litorânea..... 133
3.2.2.1 Faixa de praia/pós-praia/barreiras..... 133
3.2.2.2 Campos de dunas..... 135
3.2.3.3 Planície Flúvio-Marinha..... 137
3.2.2.4 Planície Lacustre..... 140

3.2.3 Tabuleiros Pré-Litorâneos..... 143
3.2.4 Tabuleiros Interiores..... 144
3.2.5 Cristas Residuais..... 145

3.2.6 Depressão Sertaneja..... 148
3.2.7 Planície Fluvial..... 150

4 PELOS CAMINHOS DO PIRANGI: OCUPAÇÃO, USO E IMPACTOS NA BACIA..... 161

4.1 Pelos vales fluviais surge o Ceará: uma ideia histórica de sua ocupação..... 161
4.2 Aspectos Socioeconômicos e Uso e Ocupação do Solo..... 165
4.2.1 População..... 165
4.2.2 Saúde..... 167
4.2.3 Educação 168
4.2.4 Infra-estrutura 173
4.2.4.1 Abastecimento de Água..... 173
4.2.4.2 Esgotamento Sanitário..... 179
4.2.4.3 Destino final dos resíduos sólidos..... 179
4.2.3 Condições de uso e ocupação dos solos na bacia..... 182
4.2.3.1 Principais atividades econômicas..... 186
4.2.3.1 Extrativismo Vegetal..... 186
4.2.3.2 Extrativismo Mineral..... 187
4.2.3.3 Agropecuária..... 188
4.2.3.4 Aquicultura e pesca..... 192
4.2.3.5 Indústria, Comércio e Serviços..... 194

4.3 Estado Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi..... 200
4.3.1 Carcinicultura..... 200
4.3.2 Desmatamentos/Queimadas e intervenção da agropecuária..... 202
4.3.3 Retirada das Matas Ciliares 206
4.3.4 Ocupação urbana nas margens do rio..... 208
4.3.5 Extração Mineral..... 210

5 PROPOSTA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANGI..... 216

5.1 Vulnerabilidade Natural..... 216
5.1.1 Vulnerabilidade para os temas Geologia e Geomorfologia..... 217
5.1.2 Vulnerabilidade para os temas Pedologia e Vegetação..... 220
5.1.3 Discussão da Vulnerabilidade Natural..... 222
5.2 Vulnerabilidade Ambiental..... 227
5.3 Potencialidades e Limitações..... 233
5.4 Proposta de Planejamento Ambiental: Zoneamento Ambiental..... 238
5.4.1 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente- (APP) de rios, riachos, e cor
d'água..... 239
5.4.2 Zona de Preservação Ambiental- (ZPA)..... 241
5.4.3 Zona de Uso Disciplinado e Conservação Ambiental (ZUCA)..... 242
5.4.4 Zona de Uso Intensivo (ZUI)..... 246
5.4.5 Zona de Recuperação Ambiental (ZRA)..... 249
5.4.6 Síntese do Zoneamento Ambiental..... 250

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 255

7 REFERÊNCIAS..... 260

Introdução

A bacia hidrográfica constitui-se na mais adequada unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais, pois seus limites são imutáveis dentro do horizonte de planejamento humano, o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou introduzidas pelo homem na área. Assim, o disciplinamento do uso e da ocupação dos solos da bacia hidrográfica é o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que a integram (TONELLO, 2005).

Introdução

Esta tese abrange a bacia hidrográfica do rio Pirangi/CE tendo como tema principal o planejamento ambiental, buscando colaborar para o debate acerca das diversas metodologias utilizadas na Geografia Física para a análise do espaço geográfico. O objeto da pesquisa, a bacia hidrográfica, é considerado não só por geógrafos, mas, por diversos pesquisadores que trabalham com o tema uma unidade ideal para o planejamento e gerenciamento ambiental. Tendo como base as premissas da Análise Integrada, a pesquisa procurou abordar todos os aspectos que se julgam necessários para um melhor planejamento na área, os condicionantes físicos e os atuais usos e impactos ambientais que se identificaram na bacia. A área de estudo integra a Bacias Metropolitanas (formada por um conjunto de 14 bacias), delimitação proposta pelo órgão público que administra os recursos hídricos do Ceará a Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (COGERH).

As bacias hidrográficas têm sido utilizadas como importantes unidades de planejamento e gestão ambiental, pois, permite uma série de observações quanto ao uso e conservação dos recursos naturais, ultrapassando os limites municipais, abordando-se de uma forma integrada este importante sistema ambiental.

Entende-se como bacia hidrográfica ou bacia de drenagem, a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada por divisores de água. A bacia hidrográfica é uma célula natural que pode, a partir da definição de seu *outlet* ou ponto de saída, ser delimitada sobre uma base cartográfica que contenha cotas altimétricas, como as cartas topográficas, ou que permita uma visão tridimensional da paisagem, como as fotografias aéreas (BOTELHO, 1999).

Ao se trabalhar com bacia hidrográfica, o pesquisador não se limita apenas ao regime fluvial, mas relaciona esta dinâmica aos outros elementos que compõem a bacia e que interagem entre si com relações de interdependência, ressaltando que nesta análise o homem através de suas intervenções também influi na paisagem.

Na prática, a utilização do conceito de bacia hidrográfica consiste na determinação de um espaço físico funcional, sobre o qual devem ser desenvolvidos mecanismos de gerenciamento ambiental na perspectiva do desenvolvimento ambientalmente sustentável (utilização – conservação de recursos naturais). Nesse

sentido, as abordagens metodológicas utilizadas para estudar e gerenciar o espaço físico, compreendido pela bacia hidrográfica, devem estar relacionadas às teorias e modelos que possam explicar, predizer e organizar adequadamente as informações úteis ao processo de gestão ambiental (PIRES et al, 2008)

No Nordeste brasileiro, a questão da água é importante tanto para o consumo humano quanto para o desenvolvimento das atividades econômicas, e apesar das políticas públicas serem voltadas para a questão da solução hídrica, as bacias hidrográficas do semiárido nordestino têm que ser estudadas em sua totalidade. É necessário, portanto, abordar todos os condicionantes físicos, biológicos e antrópicos, para posteriormente delinear medidas de uso do solo que sejam compatíveis com as atividades humanas.

No Ceará, onde o modelo de gestão das águas é considerado uma referência para o país, as bacias que se encontram em seu território precisam ser estudadas e monitoradas em relação à sua dinâmica ambiental, uso do solo e vulnerabilidade que estas apresentam em função de elementos como o clima, geologia, geomorfologia, solos, e vegetação que condicionam o regime hídrico da bacia.

Então, já que estas bacias são muito utilizadas para as diversas atividades socioeconômicas, indaga-se:

- As bacias possuem características físicas possíveis para estas atividades?
- Estão considerando a vulnerabilidade e fragilidade das bacias?
- Quais os principais impactos ambientais que têm sido produzidos pelas atividades socioeconômicas?
- Quais diretrizes são fundamentais podendo servir de guia para o estabelecimento de zoneamentos ambientais?

As hipóteses que nortearam a pesquisa foram:

- A análise integrada é um dos subsídios para se elaborar um planejamento ambiental, pois aborda a integração dos elementos do meio físico, identificando as características naturais que podem suportar as atividades humanas de acordo com a capacidade de suporte das unidades geoambientais.
- A bacia possui áreas com vulnerabilidades que estão sendo utilizadas pelas atividades socioeconômicas.

- Os modelos de vulnerabilidade natural e ambiental podem ser um instrumento de apoio ao planejamento ambiental, aliado a isto, um importante diagnóstico do ambiente deverá ser realizado a fim de se ter uma melhor informação dos diferentes ambientes na bacia. A vulnerabilidade poderá ser um indicador da dinâmica e do estado em que se encontram as unidades geoambientais frente ao processo de uso e ocupação da área.
- O estudo das potencialidades e limitações da bacia juntamente com a legislação ambiental poderá indicar as diretrizes para o planejamento ambiental, tendo em vista o atual uso e as futuras formas de ocupação na bacia.

Pensando nestas questões, foi que se procurou desenvolver esta tese que abordasse a temática sobre dinâmica ambiental em bacias, determinando a vulnerabilidade ambiental como um método para orientar o planejamento. Através da identificação desta vulnerabilidade e do atual uso do solo e impactos ambientais é que será possível propor medidas adequadas para a área.

O objeto de estudo desta tese focaliza a Bacia Hidrográfica do rio Pirangi, que drena uma área de 4673km^2, o rio principal o Pirangi, possui suas nascentes no distrito de Daniel de Queiroz no município de Quixadá tendo sua foz na praia de Parajuru, limite dos municípios de Beberide e Fortim. Escolheu-se esta bacia como área de estudo devido a algumas questões como:

- Fornecer informações atualizadas e específicas da bacia através de uma análise integrada devido a ausência de estudos específicos na área, destacando-se que as pesquisas realizadas anteriormente abrangeram o seu estuário. A priori, os estudos realizados nessa área estão relacionados a um levantamento geral da situação das bacias metropolitanas apresentando dados e mapas gerais pelos órgãos públicos. Este trabalho tem por escopo apresentar dados que englobe especificamente a bacia do Pirangi;
- Estar incluída segundo a delimitação da COGERH (Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos) para as bacias do Estado do Ceará na Região das Bacias Metropolitanas de Fortaleza. Isto pressupõe que a demanda é maior devido a concentração populacional estar localizada na região metropolitana;

- Abranger vários distritos que dependem da bacia, pois esta tem por característica drenar os distritos diferentemente do que ocorre com muitas bacias onde o rio principal incide por muitas sedes municipais. Desta forma, o planejamento se torna importante, pois se deve atentar para estas pequenas comunidades rurais e dispersas que encontram maiores dificuldades para o acesso à água de qualidade e quantidade;
- Na área da bacia passam canais como o que está sendo construído, o “Canal da Integração”, que tem por objetivo interligar a Bacia do Jaguaribe com as Bacias Metropolitanas e outros projetos de gerenciamento hídrico, por exemplo, o Canal do Trabalhador;
- Ausência de estudos para outras bacias da Região Metropolitana e bacias menos expressivas do Estado, pois muitas análises voltam-se para as bacias do Jaguaribe, Salgado, Acaraú, e Coreaú. Este estudo pretende ainda servir de base para pesquisas futuras em bacias de médio e pequeno porte.
- A bacia possui paisagens diferenciadas desde a sua nascente que abrange a depressão sertaneja, perpassando por outros ambientes mais recentes como os tabuleiros pré-litorâneos e a planície litorânea.

É na perspectiva de análise integrada, buscando colaborar para o planejamento ambiental da bacia em estudo, que a tese intitulada “Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi/CE: subsídios para o planejamento ambiental” têm por objetivo geral realizar uma análise geoambiental na bacia do rio Pirangi, fornecendo um diagnóstico integrado. Desta forma, avaliando as aplicabilidades de propostas de planejamento ambiental com base na vulnerabilidade, buscando elaborar um plano de gestão que possa contribuir para a área de estudo e complementar as diversas metodologias de análise ambiental em bacias hidrográficas. Como objetivos específicos da pesquisa mencionam-se:

- Contextualizar a bacia em seus aspectos geoambientais, espacializando as informações através de mapas temáticos dos componentes físico-ambientais que predominam na bacia (capítulo 02);

- Delimitar as unidades geoambientais da bacia com base na interpretação das imagens de satélite e levantamentos de campo e suas principais características naturais dominantes (capítulo 03);
- Caracterizar as condições socioeconômicas dos municípios onde está inserida a bacia hidrográfica em estudo (capítulo 04);
- Identificar e mapear os principais tipos de uso do solo e cobertura vegetal remanescente e impactos ambientais que ocorrem na bacia (capítulo 04);
- Empregar um modelo empírico de Vulnerabilidade Natural e Ambiental proposta por Crepani et al (2001) através da Álgebra de Mapas determinando cinco graus de vulnerabilidade e espacializando as informações (capítulo 05);
- Diagnosticar potencialidades e limitações sócioambientais; (capítulo 05)
- Elaborar um planejamento ambiental da bacia através de medidas de uso que compatibilize a preservação/conservação dos recursos naturais com as atividades humanas tendo em vista as vulnerabilidades e legislação ambiental (capítulo 05);
- Proporcionar informações cartográficas através de mapas específicos da bacia formando um banco de dados e contribuindo para a gestão integrada da BHRP (em todos os capítulos é possível visualizar os diferentes tipos de mapas produzidos).

A tese está organizada em 05 capítulos buscando colaborar para a efetivação de um planejamento ambiental que possa orientar a gestão das bacias hidrográficas do Ceará e principalmente a bacia em análise.

O primeiro capítulo intitulado ***"A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento e Gestão Ambiental: Fundamentos Teóricos e Metodológicos da Pesquisa"*** versa sobre a fundamentação teórica que norteou o desenvolvimento da tese e as técnicas utilizadas para que os objetivos fossem alcançados, buscando através de uma análise integrada da bacia propor um planejamento ambiental para a área de estudo.

O capítulo 02 ***"Retratos da Bacia: Contextualização Geoambiental***" adentra-se à área da bacia detalhando os seus componentes ambientais que a caracterizam como a geologia, geomorfologia, pedologia, clima, recursos hídricos e vegetação.

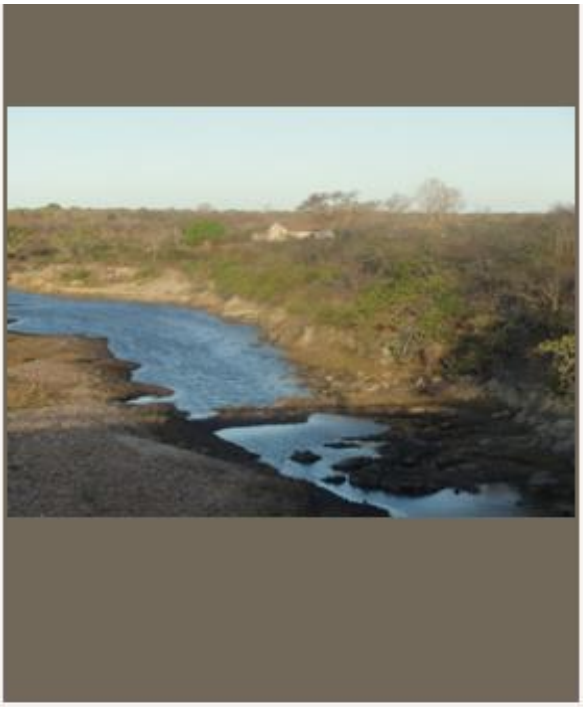
No capítulo 03, ao tratar sobre ***"Sub-bacias e Unidades Geoambientais da Bacia do Pirangi"*** dividiu-se a bacia em 29 sub-bacias para futuras análises específicas na área, fornecendo um cenário do meio físico destas sub-bacias. Por último delimitaram-se e caracterizaram-se as unidades geoambientais da bacia.

O capítulo 04 ***"Pelos caminhos do Pirangi: uso e ocupação na bacia"*** têm por objetivo caracterizar todas as formas de uso e ocupação, identificando os impactos ambientais e o atual estado da bacia em relação às condições de uso. O capítulo também traz um breve histórico dos municípios e dados socioeconômicos como população, saúde, educação, infraestrutura e atividades econômicas.

O capítulo 05 ***"Proposta de Planejamento Ambiental para a Bacia Hidrográfica do rio Pirangi"*** estrutura-se com a determinação da vulnerabilidade natural e ambiental, as potencialidades e limitações das unidades geoambientais, posteriormente a elaboração de propostas para a bacia através de um zoneamento ambiental.

As **Considerações Finais** do capítulo 06 é o fechamento da pesquisa, onde foram feitas algumas reflexões sobre o trabalho e os seus resultados.

Capítulo 01:
A Bacia Hidrográfica como unidade de Planejamento e Gestão Ambiental: Fundamentos Teóricos e e Técnicas da Pesquisa



As características inerentes à Geografia como ciência são bastante favoráveis à utilização da abordagem sistêmica, uma vez que este ramo do conhecimento utiliza-se de interfaces dos meios físico, antrópico e biótico, com o intuito de compreender como se dá a organização espacial dos fenômenos (MORAGAS, 2005).

Capítulo 01: A Bacia Hidrográfica como unidade de Planejamento e Gestão Ambiental: Fundamentos Teóricos e Metodologia da Pesquisa

Inicialmente abordou-se a importância do paradigma sistêmico e sua inserção na Geografia Física, a utilização da análise geossistêmica e ecodinâmica para se realizar estudos integrados em bacias hidrográficas. Posteriormente, debate-se sobre a importância da Geografia Física nos estudos integrados do meio, enfocando a questão da bacia hidrográfica como unidade de análise. Nesta pesquisa, fica patente a opção por uma análise integrada ou geoambiental da paisagem. Em seguida, uma breve discussão sobre a vulnerabilidade natural e ambiental em bacias hidrográficas. A importância do planejamento ambiental para o gerenciamento dos recursos naturais de uma bacia também é exposto, demonstrando como atualmente a Geografia Física tem contribuído para os projetos de planejamento através de seus estudos sobre o ambiente físico.

1. 1 Teoria Geral dos Sistemas, os Geossistemas e a Ecodinâmica e sua inserção na Geografia Física

As ciências naturais, desde o surgimento do Iluminismo, aos poucos vinham mudando os seus paradigmas e concepções acerca da natureza. Os ideais iluministas pós-período do feudalismo trouxeram para as ciências naturais uma nova abordagem em contrapartida à teológica, que acreditava na criação divina da natureza.

No entanto, com o Iluminismo, tendo René Descartes como figura principal, foram atribuídas novas características à Ciência, como valorização da razão, do questionamento, da crença nas leis naturais, na crença dos direitos naturais, defesa da liberdade política e ideológica e crítica às instituições vigentes na época, principalmente à Igreja Católica (ABREU, 2005 *apud* Limberger, 2006).

A natureza é abordada de uma forma mecanicista, onde o seu funcionamento é regido como se fosse uma máquina, conforme destaca Christofoletti (2000). As ciências estudavam a natureza de uma forma separada, desconexa, sendo incapaz de reconhecer as interdependências que cada elemento da natureza tem entre si e o funcionamento de um todo. Segundo Christofoletti

(2000), a maneira de compreender o mundo deve se processar distinguindo peça por peça, analisando parte por parte, e reconstruindo então as relações entre essas partes.

Porém, o pensamento mecanicista não conseguia explicar a realidade como um todo. Isto porque esta se apresenta “complexa, integrada e por vezes caótica” (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003) *apud* Limberguer (2006). Para Rodriguez e Silva (2009) a questão ambiental se restringe para entender a natureza através da visão reducionista, na qual predomina uma concepção atomizante, geométrica e desumanizada, penetrada de subjetividade. As intenções de integração subordinadas à visão mecanicista conduzem a uma visualização da natureza como uma totalidade fragmentária.

A geografia também estava inserida nestas concepções, pois desde a sua gênese, os problemas conceituais e metodológicos a respeito do estudo da natureza eram tratados de uma forma isolada.

A História da Geografia Física é antiga, poder-se-ia iniciar uma reflexão a partir de Humboldt (1882), na introdução de sua obra Cosmos, escrita entre 1845/62, para quem existia duas disciplinas que tratavam da natureza: uma a Física, que estudava os processos físicos, a outra a Geografia Física, que estudava a interconexão dinâmica dos elementos da Natureza através de uma visão integrada concebida a partir do conceito de paisagem (SUERTGARAY e NUNES, 2001)

Para Mendonça (1993), a Geografia Física teve origem, enquanto conhecimento científico, entre os naturalistas dos séculos XVIII e XIX. Porém, foi com o aparecimento da Geografia Regional de Paul Vidal de La Blache, na França do século XIX, que a Geografia Física se concretizou enquanto ramo específico de estudo da ciência geográfica.

O fraco enfoque dado aos aspectos naturais individualmente, nas abordagens naturalista e possibilista, levou ao estudo separado dos vários componentes do meio como clima, a morfologia do relevo, as bacias hidrográficas, assim deu-se o aparecimento individualizado da climatologia, da geomorfologia, da biogeografia, da hidrografia etc..., que, se baseando em outras ciências tais como a meteorologia, a geologia, a biologia, influenciaram o conhecimento geográfico produzido até então (MENDONÇA, 2005).

O esforço de Reclus em produzir, ainda no final do século XIX, uma geografia de cunho ambientalista como a que se pretende produzir atualmente, foi algo bastante louvável, pois ele soube unir a militância política de cunho marxista a uma pretensa ciência – ponte entre o homem e a natureza (MENDONÇA, 2005).

A Geografia Física em seus trabalhos não desenvolvia a temática quanto às relações natureza e sociedade. As subáreas desta ciência não faziam nenhuma relação entre os conhecimentos das suas disciplinas. Ao se estudar o clima, por exemplo, os pesquisadores não o relacionavam com o relevo, a hidrografia na influência do regime fluvial, a vegetação em relação a disponibilidade de água e luz essenciais para a vegetação, a geologia como importante elemento na produção de sedimentos de uma bacia hidrográfica, desenvolviam-se análises setoriais sem considerar a integração dos elementos físicos no modelado das paisagens.

Diante dos entraves metodológicos gerados desta forma mecanicista de estudar a natureza é que surge na década de 1930 nos Estados Unidos uma nova concepção proposta pelo biólogo austríaco Bertalanffy. O autor se opunha ao método cartesiano de enxergar o mundo como uma máquina para uma ciência que pudesse estudar os fatos integrados englobando todos os campos do conhecimento (CHRISTOFOLETTI, 2000).

A Geografia Física no findar da década de 1950 precisava de um novo conceito teórico-metodológico que compreendesse os fenômenos naturais como um todo e não de uma forma fragmentada como era vista no modelo cartesiano. Rodriguez et al (2004) afirma que:

> As investigações foram evoluindo, descobrindo-se novos objetos de pesquisa e estudadas as relações entre eles, conduzindo à necessidade de analisar uma grande quantidade de variáveis, sendo impossível estudar tais situações complexas por métodos tradicionais. (Rodriguez et al, 2004:41).

Neste sentido, aparece a abordagem sistêmica como alternativa ou complemento ao pensamento cartesiano. Diz-se que é alternativa ou complemento porque esta nova abordagem não veio com o intuito de destituir tudo o que existia a respeito de métodos de investigação da ciência, mas para agrupá-los e deles buscar uma compreensão maior da realidade (LIMBERGER, 2006).

Bertalanffy propunha uma nova forma de se estudar a natureza entendendo o seu funcionamento orgânico. Para este autor é necessário compreender como os elementos físicos estão integrados, desempenhando funções,

organizados e interagindo entre si, e que o todo é muito mais do que o somatório das partes, segundo este autor:

> "É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo" (BERTALANFFY, 1973; p. 53).

Christofoletti (2000) define o sistema como sendo um conjunto de unidades com relações entre si. A palavra 'conjunto' implica que as unidades possuem propriedades comuns. Desta maneira, o conjunto encontra-se organizado em virtude das inter-relações entre as unidades, e o seu grau de organização permite que assuma a função de um todo que é maior que a soma das suas partes. Para o estudo dos sistemas entram em questão as abordagens holística e reducionista:

> A abordagem holística[1] sistêmica é necessária para compreender como as entidades ambientais físicas, por exemplo, expressando-se em organizações espaciais, se estruturam e funcionam como diferentes unidades complexas em si mesmas e na hierarquia de aninhamento. Simultânea e interativamente há necessidade de focalizar os subconjuntos e partes componentes em cada uma delas, a fim de melhor conhecer seus aspectos e as relações entre eles. A abordagem reducionista, também se enquadra como básica na pesquisa dos sistemas ambientais, sem contraposição com a holística (CHRISTOFOLETTI, 2000:01).

Segundo Christofoletti (2000), a compreensão dos sistemas passa pelo significado de três noções: unidade, totalidade e complexidade. A **unidade** representa a qualidade do que é um, único, só ou sem partes, sendo tudo o que pode ser considerado individualmente. A **totalidade** aplica-se às entidades constituídas por um conjunto de partes, cuja interação resulta numa composição diferente e específica, independente da somatória dos elementos componentes. A **complexidade** apresenta uma diversidade de elementos, encadeamentos, interações, fluxos e retroalimentação compondo uma entidade organizada.

Em relação aos sistemas, Forster et al (1957) citado por Christofoletti (2000) apresenta três tipos: sistemas isolados (não sofrem mais nenhuma perda nem recebem energia ou matéria do ambiente que os circundam, por exemplo ciclo

[1] Segundo Christofoletti (2000) o termo holismo foi utilizado por Jan Smuts, acadêmico sul-africano, em 1926, mas inicialmente foi sufocado por ideias envolvendo tanto o misticismo como o vitalismo, pois surgia como um conceito da metafísica. Posteriormente, o termo foi resgatado e atualmente vem sendo usado e aplicado em termos de componentes e relações internas de unidades inseridas em seus níveis hierárquicos.

de erosão), sistemas não-isolados que mantém relações com os demais sistemas do universo, podem ser abertos (ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo, exemplo bacia hidrográfica) ou fechados (há permuta de energia, mas não de matéria, o ciclo hidrológico é um exemplo).

Segundo Vicente e Perez-Filho (2003) a Teoria dos Sistemas baseada nos princípios das Leis da Termodinâmica na Física, fez sua aplicação inicialmente na Biologia, onde Tansley criou o conceito de Ecossistema em 1937. A partir da noção de sistemas e mais tarde por volta da década de 1950 a sua aplicação se fez presente na ciência geográfica na escola científica chamada de Nova Geografia (New Geography) ou Geografia Teorética, relacionada aos métodos quantitativos.

As características inerentes à Geografia como ciência são bastante favoráveis à utilização da abordagem sistêmica, uma vez que este ramo do conhecimento utiliza-se de interfaces dos meios físico, antrópico e biótico, com o intuito de compreender como se dá a organização espacial dos fenômenos (MORAGAS, 2005).

A Teoria dos Sistemas na Geografia tem início com Strahler nos Estados Unidos, na década de 1950, utilizando para o campo da hidrologia e na geomorfologia. Chorley (1971) se destacou pela aplicação desta teoria na geomorfologia. Conforme destaca Christofoletti (2000), assim como Marques-Neto (2008), citam Chorley e Kennedy (1971) que apresentaram uma classificação onde são distinguidos onze tipos de sistemas, quatro deles mais relevantes para o campo de atuação da Geografia Física. São eles: (1) sistemas morfológicos: compostos pela associação das propriedades físicas dos sistemas e seus elementos constituintes. Esses sistemas são ligados com os aspectos geométricos correspondem às formas, sobre os quais se podem escolher diversas variáveis a serem medidas (comprimento, altura, vertente, declividade, densidade e outras); (2) sistemas em sequência ou encadeantes: formados por subsistemas em cadeia que estabelecem uma relação de matéria e energia; (3) sistemas de processos-respostas: formados através da combinação de sistemas morfológicos e em sequência, na qual os sistemas em sequência indicam os processos e os sistemas morfológicos que representam a forma, a resposta a determinado funcionamento. (4) sistemas controlados: são aqueles que apresentam a atuação do homem sobre os elementos de processos-respostas.

O ser humano também faz parte do sistema, e como tal, influencia no equilíbrio dos fluxos de matéria e energia. Christofoletti (2000) afirma que os grupos humanos devem compreender as características e o funcionamento dos sistemas do meio ambiente e evitar introduzir ações que provoquem rupturas no equilíbrio, ocasionando os impactos ambientais que ultrapassem a estabilidade existente.

A Teoria Geral dos Sistemas se fez mais presente na Geografia através dos Geossistemas proposto inicialmente pelo russo Sotchava durante a década de 1960, e posteriormente pelo francês Bertrand em 1972.

A Teoria Geossistêmica disseminou-se pelos geógrafos como um novo enfoque teórico-metodológico de se analisar a paisagem de uma forma mais integrada, onde os componentes naturais e sociais apresentam-se como um fator importante. Segundo Rodriguez et al (2004) na literatura científica o termo geossistema tem sido utilizado fundamentalmente para as seguintes concepções:

- Como formação natural;
- Como funções terrestres complexas, que incluem a Natureza, a população e a economia;
- Como qualquer sistema terrestre;
- Como qualquer objeto estudado pelas Ciências da Terra.

Nos anos 60 do século XX, o pesquisador russo Victor Sotchava, pela primeira vez tentou elaborar a Teoria dos Geossistemas. Realmente, ele utilizou toda a teoria sobre paisagens (Landschaftskunde) elaborada pela Escola Russa. Ele interpretou essa herança sob uma visão da Teoria Geral de Sistemas. Isso significava que o conceito de Landschaftskunde (paisagem natural) foi considerado como sinônimo da noção de geossistema. Assim, a paisagem era considerada como uma formação sistêmica, formada por cinco atributos sistêmicos fundamentais: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação (SILVA E RODRIGUEZ, 2002).

A proposição teórico-metodológica e prática apresentada por Sotchava (precursor do Geossistema) e demais geógrafos da ex-URSS, inserida no modo russo-soviético de perceber a geografia física voltada para a aplicação, é uma mudança significativa dos geógrafos diante dos problemas de planejamento e desenvolvimento econômico e social, de um lado, e dos problemas ambientais, de outro (ROSS, 2006).

Sotchava, geógrafo soviético, realizava pesquisas na região da Sibéria com fins de planejamento do Estado Soviético quando formulou a Teoria dos Geossistemas. Para este autor, os geossistemas são um tipo peculiar de sistemas dinâmicos, complexos e organizados e foi uma forma encontrada de se estudar as paisagens complexas.

Para Sotchava (1963), os Geossistemas são sistemas naturais, de nível local, regional ou global, nos quais o substrato mineral, o clima, o solo, os seres vivos, a água estão interconectados pela troca de matéria e energia. Embora os geossistemas de Sotchava sejam naturais, o autor destaca que os fenômenos sociais e econômicos afetam a estrutura e peculiaridades espaciais.

Sotchava concebe que há três ordens de análises nos estudos dos Geossistemas, a saber: a planetária, a regional, e a topológica. Cada uma apresenta uma escala e uma dinâmica particular de análise, mas que, ao mesmo tempo, interagem. Os Geossistemas podem ser representados a partir dos geômeros e dos geócoros. O autor define os geômeros como Geossistemas com estrutura homogênea (a biogeocenose), enquanto os geócoros são Geossistemas com estrutura heterogênea.

Contudo, apesar deste avanço teórico-metodológico na Geografia Física, houve muitas críticas ao modelo proposto por Sotchava principalmente no que se refere à análise da escala. O pesquisador russo trabalhava na região da Sibéria, portanto uma área muito extensa, então os geossistemas de Sotchava representavam áreas muito grandes, centenas e milhares de quilômetros quadrados e apesar do próprio autor abordar a questão social em seus estudos a inserção desta temática é difícil para a escala proposta pelo autor. Segundo Nascimento e Sampaio (2003):

> Talvez a maior dificuldade da abordagem de escala geossistêmica seja a adoção das categorias de Geócoros e Geômeros, devido à magnitude de suas escalas, com difícil associação com a escala sócioeconômica, isto é, onde não é bem nítida a intervenção social, pois os Geômeros encontram-se em escalas zonais climáticas e os Geócoros se dão em escala regional. Dizem respeito aos níveis de escala na ordenação e organização espacial dentro da análise geossistêmica (NASCIMENTO E SAMPAIO, 2003:174)

Em 1968, Bertrand ao estudar os geossistemas deu-lhe uma conotação mais precisa do que a de Sotchava e a sua metodologia se tornou uma das mais difundidas na geografia. Este autor teve como base a Ciência da Paisagem para

elaborar os pressupostos dos geossistemas e afirmou que para se estudar a paisagem era necessário aplicar os métodos do geossistema.

Para Bertrand (1972), a definição de uma determinada unidade de paisagem está em função da escala situando na dupla perspectiva do tempo e do espaço e afirma que o sistema de classificação das paisagens comporta seis níveis taxonômicos têmporo-espaciais: zona, domínio e região (unidades superiores) e o geossistema, geofácies e geótopo (unidades inferiores). O autor francês ainda se utilizou da escala de perspectiva espaço-temporal de Cailleux e Tricart (1956) afirmando que as unidades inferiores se encontram na 4ª, 5ª ou 6ª grandeza e que estão em uma escala mais compatível com a socioeconômica. Bertrand (1972) afirma que os geossistemas inserem-se em uma categoria de análise da paisagem, inserida nas unidades inferiores. Afirma ainda que os geossistemas:

> Correspondem a dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitações, temperatura...) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, Ph das águas, tempos de ressecamento dos solos). É o potencial ecológico do geossistema (BERTRAND, 1972:18).

No interior de um mesmo geossistema, o geofácies corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo, situando-se na 6ª grandeza de escala de Cailleux e Tricart conforme ilustra o quadro 01. O geótopo corresponde à menor unidade geográfica homogênea discernível no terreno correspondendo à 7ª grandeza (BERTRAND, 1972).

Quadro 01: Escalas espaciais de grandeza de Cailleux e Tricart

Unidade de Paisagem	Escala Espaço-Temporal (Cailleux e Tricart)	Exemplo	Relevo	Elementos fundamentais
Zona	G.I (*): + 1.000.000 km^2	Intertropical	____	Climáticos e estruturais
Domínio	GII: 100.000 – 1000.000 mm^2	Caatingas	Domínio Estrutural	
Região	G III – IV: 1000 – 100000km^2	Depressão Sertaneja	Região Estrutural	
Geossistema	G IV – V : + 10 – 1km^2	Bacia Hidrográfica do rio Pirangi	Unidade estrutural	Biogeográfico e Antrópicos
Geofácies	G VI	Planície Fluvial, Litorânea		
Geótopo	G VII	Dunas, salinas		

Fonte: Adaptado de Bertrand (1972) e Nascimento e Sampaio (2003)

Vicente e Perez Filho (2003) fazendo uma análise do conceito de Geossistema proposto por Bertrand (1972), afirmam que esta abordagem simplifica e flexibiliza através da delimitação de unidades taxonômicas, utilizando uma escala físico-territorial. Sua proposta pressupõe limites mensuráveis (quilômetro, metro) para essas unidades, baseados numa escala de tempo (herança histórica da paisagem) e espaço (interação entre os Geossistemas), utilizando para isso, a cartografia como instrumento fundamental de análise.

Bertrand (1972) propôs uma classificação de geossistema segundo sua evolução e que engloba através disso todos os aspectos das paisagens. Esta classificação leva em consideração três elementos: o sistema de evolução, o estágio atingindo em relação ao clímax, o sentido geral da dinâmica (progressiva, regressiva e estabilidade. Esta tipologia proposta pelo autor baseia-se na teoria bioresistasia do pedólogo alemão Erhart.

Desta forma, os geossistemas classificam-se em dois grandes grupos segundo Bertrand (1972): os que estão em bioestasia e os que estão em resistasia. O primeiro grupo trata de paisagens em que a atividade geomorfogenética é fraca ou nula. A intervenção humana pode provocar uma dinâmica regressiva da vegetação e dos solos. Estes podem ainda ser subdivididos em: climáticos, plesioclimáticos ou subclimáticos, geossistemas degradados com dinâmica regressiva e geossistemas degradados com dinâmica progressiva.

Os geossistemas em resistasia, de acordo com Bertrand (1972), caracterizam-se por possuir uma forte predominância da morfogênese. Podem ser do tipo: geossistemas com geomorfogênese natural como, por exemplo, nas regiões áridas e semi-áridas, onde a erosão faz parte do clímax, isto é, contribui a limitar naturalmente o desenvolvimento da vegetação e dos solos; os geossistemas regressivos com geomorfogênese ligada à ação antrópica.

Esta classificação deve ser colocada na dupla perspectiva do tempo e do espaço. Segundo o autor, considerando no tempo as heranças, não só as de ordem geomorfológicas e pedológicas, mas também as florísticas e antrópicas e no espaço, a justaposição dos geossistemas.

Ao se estudar os geossistemas, deve-se levar em conta três questões estruturais no geossistema como afirma Ross (2006): a sua morfologia (expressão física do arranjo de seus elementos e da sua estrutura espacial), sua dinâmica (fluxo

de energia e matéria que circula dentro do sistema que variam no tempo e no espaço) e a exploração biológica (flora, fauna e o próprio homem).

Para análise geossistêmica é indispensável uma série de medidas que facilitam os estudos geográficos, segundo Nascimento e Sampaio (2003) como:

- Delimitar os elementos componentes;
- Identificar a estrutura, o arranjo espacial e a distribuição dos elementos;
- Observar as características dimensionais;
- Saber quais são as diversas relações entre os elementos;
- Estudar os fluxos de energia e matéria em sua saída e conhecimento dos fluxos internos entre as unidades;
- Verificar sua estabilização ou transformação;
- Saber o grau de importância para a sociedade;
- Verificar o grau de interferência das atividades humanas;

O Geossistema é um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem. Pela ação antrópica poderão ocorrer pequenas alterações no sistema, afetando algumas de suas características, porém estas serão perceptíveis apenas em micro-escala e nunca com tal intensidade que o Geossistema seja totalmente transformado, descaracterizado ou condenado a desaparecer (TROPPMAIR e GALINA, 2008).

Enfim, o geossistema constitui uma boa base para os estudos de organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana (Bertrand 1972).

Outra contribuição para os estudos integrados em Geografia Física é a proposta por Tricart (1977), a Ecodinâmica. Esta metodologia tem como característica o estudo da dinâmica do ambiente tendo como parâmetro básico a relação morfogênese e pedogênese.

A Ecodinâmica é essencial em projetos de planejamento de uso da terra, pois evidencia as características naturais dos ambientes, identificando as relações dos diversos componentes, e como estas relações são expressas no espaço. Com isso pode-se traçar medidas de uso mais adequada para o ambiente, propiciando

uma melhor conservação e desenvolvimento dos recursos naturais. Por isso, a relação morfogênese e pedogênese é importante na análise ecodinâmica, pois segundo Tricart (1977) os processos morfogênicos produzem instabilidade da superfície, que é um fator limitante muito importante do desenvolvimento dos seres vivos.

Ao propor a Ecodinâmica, Tricart teve como referência a Teoria dos Sistemas, enfocando as relações dos componentes através dos fluxos de energia e matéria no ambiente. Tricart (1977) definiu uma unidade ecodinâmica como aquela que se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses. Este autor definiu três tipos de meios morfodinâmicos: Estáveis, Instáveis e Intergrades ou de Transição.

Meios Estáveis: Esta noção de estabilidade aplica-se ao modelado, à interface atmosfera-litosfera. O modelado evolui lentamente, muitas vezes de maneira imperceptível. Os meios estáveis possuem condições como uma cobertura vegetal suficientemente fechada para opor um freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese. Dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem sapeamentos vigorosos dos rios, e vertentes de lenta evolução.

Meios Intergrades ou de Transição: estes meios, com efeito, asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis. Possui a interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço.

Meios Instáveis: neste meio, a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados. A degradação antrópica se acrescenta às causas naturais, particularmente eficazes nas regiões acidentadas onde o clima opõe fatores limitantes severos à vegetação.

Ao se estudar áreas classificando-as em instável e estável, as medidas de uso serão mais delineadas de acordo com o grau de estabilidade. Em áreas onde a morfogênese é acentuada, devem-se evitar ações que produzam uma instabilidade maior. As áreas com estabilidade, as medidas serão voltadas para uma sustentabilidade do local, com propostas que façam as áreas estáveis permanecerem nesta condição, evitando que ações inadequadas possam provocar uma instabilidade. Segundo Ross (2008), Tricart defende que a compreensão do

ambiente em que se deseja propor uso e conservação, deve-se inicialmente abordar em primeiro lugar a sua dinâmica.

Tricart (1977) descreve que estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a explotação dos recursos ecológicos que o meio oferece. Segundo o autor a análise é conduzida seguindo alguns aspectos:

1) Estudo do sistema morfogenético, que é em função das condições climáticas do relevo (comandado pelo quadro morfoestrutural) e da litologia (igualmente função do quadro morfoestrutural). Em função do sistema morfogenético, delimitam-se as unidades que constituem o quadro no qual se precede a análise. 2) O estudo dos processos atuais, que deve ser conduzida com base na perspectiva interdisciplinar, considerando três aspectos; a natureza dos processos naturais; a intensidade dos processos e a distribuição de diversos processos na área caracterizada por um mesmo sistema morfogênico. 3) As influências antrópicas vêm em seguida, importa, com efeito, conhecer as modalidades da dinâmica natural pra se poder compreender os mecanismos de degradação antrópica e apreciar sua amplitude. 4) O grau de estabilidade morfodinâmica, calculado a partir dos dados consignados que derivam da análise dos sistemas morfogenéticos, dos processos, e da degradação antrópica.

Através da Ecodinâmica é possível avaliar as condições de vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica, pois esta análise é em função das características genéticas dos sistemas ambientais. Para isso, é necessário realizar estudos integrados de clima, geologia, relevo, solo, vegetação e condições de uso.

A Ecodinâmica constitui a base teórica para a metodologia proposta por Crepani et al (2001) de vulnerabilidade natural e ambiental que será discutida mais adiante e que foi utilizada nesta pesquisa.

1.2 Análise Geoambiental e as abordagens em Bacias Hidrográficas

A Geografia Física apresenta um amplo campo de atuação possuindo teoria e método para a realização de suas pesquisas. Hoje com a necessidade de um planejamento ambiental voltado para a compatibilização do uso dos recursos naturais com as atividades socioeconômicas, a geografia se sobressai das demais

ciências devido a sua capacidade de síntese com uma visão holística, considerando os aspectos naturais e o contexto social presente no espaço.

Durante muito tempo o desenvolvimento da Geografia Física ficou atrelado a uma visão setorial e desconsiderando a atuação da sociedade como agente transformador das paisagens. Com a chegada da década de 1950, após a Segunda Guerra Mundial a Geografia teve que repensar as suas produções, pois o mundo se via diante de novos acontecimentos e as ciências em geral passaram também por uma revolução nos métodos empregados em seus trabalhos.

A emergência da questão ambiental, a divisão do mundo em dois blocos, o capitalismo e o socialismo, os movimentos sociais, a explosão demográfica, foram alguns acontecimentos que fizeram com que a Geografia Física passasse a abordar conjuntamente a natureza e a sociedade.

A abordagem geoambiental surge como uma nova forma de se estudar as paisagens enfocando os aspectos socioambientais. Segundo Granjeiro (2004) Souza desenvolveu uma adaptação com base na proposta de Bertrand (1969) na definição de unidades geoambientais e tipologia dos geossistemas; em Tricart (1977), para avaliar as condições de estabilidade/instabilidade dos ecossistemas e/ou dos geossistemas, definindo categorias como meios estáveis; meios de transição ou intergrades; e meios fortemente instáveis.

A análise geoambiental dá ênfase ao conhecimento integrado e à delimitação dos espaços territoriais modificados ou não pelos fatores econômicos e sociais (SOUZA, 2009).

A expressão “estudos integrados”, lançada pela Organização das Nações Unidas (ONU) no final dos anos 70, foi apropriada pela Geografia Física otimizando suas abordagens (AIRES, 2005).

Os estudos integrados dão-se por meio da unificação das ciências da terra em busca de uma percepção holística do meio. Tem como objetivo a análise dos elementos componentes da natureza de forma integrada, por meio de suas interconexões (NASCIMENTO e SAMPAIO, 2003).

De acordo com Souza (2000), os objetivos da Análise Integrada devem contemplar alguns aspectos fundamentais:

- Conhecer e avaliar os componentes geoambientais e os processos desenvolvidos no meio natural;
- Levantar e avaliar o potencial de recursos naturais das regiões;

- ❖ Executar mapeamentos temáticos setoriais ou integrados que tratam dos recursos naturais e do meio ambiente;
- ❖ Identificar as condições de uso e ocupação da terra e as implicações ambientais derivadas;
- ❖ Fazer cenários das perspectivas da evolução ambiental em função de impactos que têm sido produzidos; promover zoneamentos geoambientais e/ou socioambientais;
- ❖ Utilizar produtos de sensoriamento remoto para executar mapeamentos;
- ❖ Levantar problemas em áreas vulneráveis visando a recuperá-las ou conservá-las; e
- ❖ Promover avaliações integradas do meio físico natural.

Na análise geoambiental são analisados todos os componentes do meio físico e a partir disso realizar um diagnóstico integrado da paisagem. De acordo com Silva (1987), as funções de um diagnóstico integrado demandam dois enfoques principais: o holístico (totalizante) para integrar todos os fatores e processos que compõem o sistema e impedir que se faça apenas uma coleção de relatórios setoriais isolados e sem maiores relações; o sistêmico para que sejam destacadas as relações de interdependências entre os componentes.

Os estudos setoriais e integrados que compõem o diagnóstico geoambiental são fundamentais à avaliação dos recursos naturais. De acordo com Nascimento e Aires (2008), é esta a concepção teórica que melhor fornece elementos indispensáveis ao conhecimento sobre a dinâmica e o funcionamento da natureza, principalmente em trabalhos com escala de detalhe.

Nessa perspectiva, Silva (1987) propõe os seguintes níveis de abordagem: analítico, sintético e dialético:

- O analítico visa à identificação dos componentes elementares, definir os atributos e propriedades através da descrição/caracterização e à contextualização socioeconômica.
- O sintético procede à caracterização dos arranjos espaciais, os sistemas de uso e ocupação e as organizações introduzidas pelas atividades econômicas.
- O dialético realiza o confronto das potencialidades, limitações de cada unidade espacial, com as organizações sociais e os problemas da apropriação social do território.

Ainda segundo Souza, (2000), deve-se proceder a sucessivos níveis de sínteses, em consonância com as relações de causa e efeito entre os componentes do sistema. As condições a serem observadas são: as morfoestruturais; as morfoesculturais, as morfopedológicas e hidromorfológicas, e a resposta fitoecológica. Os traços característicos do uso e ocupação e do estado de conservação da vegetação revela a morfodinâmica derivada do antropismo. Todas estas informações devem ser organizadas em um quadro - síntese ou em uma matriz que permita caracterizar espacial e verticalmente os elementos e suas interações.

Desta forma, a pesquisa aqui desenvolvida buscou trabalhar com as concepções teóricas dos métodos explicitados anteriormente, buscando compreender o arranjo estrutural dos diversos componentes das unidades geoambientais da bacia hidrográfica. Procurando interpretar a dinâmica, as inter-relações e evolução e como as atividades antrópicas estão inseridas dentro do sistema e interagem na bacia.

A análise geombiental é uma das principais teorias que norteia as pesquisas relacionadas a bacias hidrográficas. Segundo Crispim (2011), os componentes geoambientais configurados na área, devem ser estudados mediante análise integrada, levando-se em conta componentes físicos, biológicos e as questões socioeconômicas.

E, adentrando a esta questão da bacia hidrográfica, entre os muitos temas abordados pela Geografia Física, a temática bacia hidrográfica com fins de planejamento ambiental vem sendo desenvolvida pelos geógrafos por permitir uma análise integrada da paisagem. Contudo, ressalta-se que não se enfoca apenas a questão do recurso hídrico, mas todos os fatores do meio físico como a geologia, geomorfologia, solos, vegetação e os de ordem socioeconômica, que podem influenciar na dinâmica natural da bacia, por isso, ela tem sido adotada como uma unidade de estudo de planejamento e gestão ambiental, já que se tem como objetivo a preservação e conservação dos recursos naturais.

Esta questão é vista pelos geógrafos desde a década de 1960, quando Chorley publicou seu célebre artigo “A bacia hidrográfica como unidade geomórfica fundamental”. Contudo, durante a década de 1980 ela foi, de fato, incorporada pelos profissionais não só da Geografia, mas de grandes áreas das chamadas Ciências Ambientais, em seus estudos e projetos de pesquisa (BOTELHO e SILVA, 2007).

Christofoletti (1979) considera as bacias hidrográficas como um dos sistemas abertos básicos em que ocorre a inter-relação dos elementos por meio da entrada de energia e matéria, que condiciona transformações, gerando assim um produto.

Ao longo da discussão sobre bacias hidrográficas, inúmeros conceitos foram elaborados para a definição do que seja uma bacia hidrográfica, e pode-se falar que segundo Guerra (1987), a bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Mas, a bacia é muito mais do que isso, pois envolve outros sistemas ambientais que contribuem para o modelado das diferentes paisagens presentes na bacia. Neste trabalho, adotam-se como referenciais de estudo alguns conceitos de bacias elaborados por autores como Moragas (2005), Barrela (2001), Rodrigues e Adami (2005).

A bacia hidrográfica segundo Moragas (2005) pode ser entendida como área drenada por uma rede de canais influenciada por várias características topográficas, litológicas, tectônicas, de vegetação, de uso e ocupação dos solos, dentre outras. A bacia hidrográfica representa, assim, um complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, sócio-econômicas e políticas.

Barrella (2001) definiu bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios. Esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

A bacia hidrográfica, de acordo com Rodrigues e Adami (2005), é um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximo à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e energia de um rio ou de uma série de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas da água e do material por ela transportado, que mantém relações com esses canais.

A bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema aberto, onde há a entrada e saída de matéria e energia. Segundo Lima e Zakia (2000), as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.

Segundo Zavoianu (1985) a precipitação é a forma mais importante de entrada de matéria numa bacia. Como qualquer massa em movimento, possui certa quantidade de energia que é consumida pelos processos que ocorrem na superfície da bacia.

De acordo com Cunha e Guerra (2009), os desequilíbrios ambientais originam-se, muitas vezes, da visão setorizada dentro de um conjunto de elementos que compõe a paisagem. A bacia hidrográfica, unidade integradora desses setores (naturais e sociais) deve ser administrada com esta função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados.

Na literatura científica aparecem ainda os termos sub-bacia e microbacia hidrográfica, porém, não apresentam as mesmas concepções teóricas do termo bacia hidrográfica, e por isso ainda existem discussões a respeito destas definições, especialmente no que se refere ao tamanho de uma sub-bacia e de uma micro-bacia e suas delimitações.

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal, para definir sua área, os autores utilizam-se de diferentes unidades de medida conforme Teodoro et al (2007), estes autores teceram importantes considerações sobre os termos bacias hidrográficas, sub-bacias e microbacias realizando um extenso levantamento bibliográfico, citando os dois autores abaixo relacionados no que diz respeito ao conceito de sub-bacia.

Para Faustino (1996), as sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km².

Para Santana (2004), as bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao

longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos.

Uma diferenciação entre esses conceitos é feita segundo o grau de hierarquização, de modo que a bacia hidrográfica refere-se à área de drenagem do rio principal; a sub-bacia abrange a área de drenagem de um tributário do rio principal e a microbacia abrange a área de drenagem de um tributário de um tributário do rio principal (MACHADO E TORRES, 2012).

Em relação ao conceito de micro-bacia e seu tamanho na literatura pode-se encontrar uma diversidade de conceitos e que alguns divergem entre si e alguns pode até ser confundido com o de bacia hidrográfica. De acordo com o Programa Nacional de Microbacia Hidrográfica (PNMH), através do Decreto-Lei n° 94.076, de 05 de março de 1987, a microbacia hidrográfica corresponde a uma área drenada por um curso d'água e seus afluentes, o montante de uma determinada seção transversal, para a qual convergem as águas que drenam a área considerada (BOTELHO, 1999). Este conceito assemelha-se com o de bacia hidrográfica, o programa não traz a diferenciação entre os dois termos.

Para Botelho e Silva (2007), micro-bacia é toda bacia hidrográfica cuja área seja suficientemente grande, para que se possam identificar as inter-relações existentes entre os diversos elementos do quadro socioambiental que a caracteriza, e pequena o suficiente para estar compatível com os recursos disponíveis (materiais, humanos e tempo), respondendo positivamente à relação custo/benefício existente em qualquer projeto de planejamento.

Existe, ainda, a noção de microbacia hidrográfica como uma "unidade espacial mínima", definida a partir da classificação de uma bacia de drenagem em seus diferentes níveis hierárquicos, subdividindo-a até a menor porção possível (BERTONI e LOMBARDI-NETO, 1993).

Conforme Calijuri e Bubel (2006) *apud* Teodoro et al (2007), micro-bacias são áreas de 1ª e 2ª ordem e, em alguns casos, de 3ª ordem, devendo ser definida como base na dinâmica dos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos. As micro-bacias são áreas frágeis e frequentemente ameaçadas por perturbações, nas quais as escalas espacial, temporal e observacional são fundamentais.

Conforme Faustino (1996), a micro-bacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam

uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km². Cecílio e Reis (2006) *apud* Teodoro et al (2007) definem a microbacia como uma sub-bacia hidrográfica de área reduzida, não havendo consenso de qual seria a área máxima (máximo varia entre 10 a 20.000 ha ou 0,1 km² a 200 km²). O quadro 02 relaciona o tamanho atribuído por autores quanto à bacia hidrográfica, sub-bacia e micro-bacia.

Quadro 02 - Área sugerida por autores para bacia hidrográfica, sub-bacia e micro-bacia.

AUTOR	BACIA (área)	SUB-BACIAS (área)	MICRO-BACIA (área)
Faustino	---	100 km² - 700 km²	< 100 km²
Cecílio e Reis	---	---	0,1 – 200km²
Botelho e Silva	5000 a 100.000 km²	---	20 a 50 km²
Rocha (1997)	---	200 km² a 300 km²	---

Organização: Juliana Maria Oliveira Silva com base nos autores estudados

Pode-se observar que não existe um consenso acerca do tamanho de bacia, sub-bacia e micro-bacia.

É cada vez maior o crescimento de estudos em bacias hidrográficas devido a um aumento de demanda hídrica em função de múltiplos usos. Considerando a bacia hidrográfica como uma unidade do espaço geográfico e que seus recursos são utilizados pela população, os conhecimentos dos aspectos naturais das bacias são extremamente importantes para fins de planejamento ambiental que visem a utilização do território. Na bacia hidrográfica é possível verificar de forma integrada as ações humanas, ou seja, o uso do solo, e a influência que este tem no funcionamento da dinâmica ambiental da bacia.

A bacia hidrográfica é, portanto, considerada como uma unidade de planejamento porque ela é analisada como um sistema natural que foi ocupado, podendo ser bem delimitada onde se podem observar os fenômenos ambientais e sociais que são integrados.

A princípio, as discussões sobre bacias hidrográficas estavam diretamente ligadas à solução de problemas ligados à hidrologia, sem levar em consideração o uso adequado dos outros recursos ambientais da bacia que também influenciam, quantitativamente e qualitativamente, na dinâmica ambiental da bacia.

A bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação ampla, uma vez que esta se constitui num sistema natural bem delimitado

geograficamente, onde os fenômenos e interações podem ser integrados a priori pelo input e output, assim, bacias hidrográficas podem ser tratadas como unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram. Além disso, constitui-se uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização (NASCIMENTO E VILLAÇA, 2008).

Neste contexto, de acordo com Cunha e Guerra (2009), as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas em qualquer parte da bacia podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvida), dentre outras consequências.

Embora existam outras unidades político-administrativas a serem consideradas, como os distritos, municípios, estados, regiões, estas unidades não apresentam necessariamente o caráter integrador da bacia hidrográfica, o que pode tornar a gestão parcial e ineficiente caso fossem adotadas (SALAMONI, 2008).

Então, o estudo em bacias ultrapassa as barreiras políticas dos municípios, os seus limites territoriais. Ao se pesquisar uma bacia hidrográfica, verifica-se o conjunto como um todo, e não apenas a nível municipal, pois, os problemas ambientais que ocorrem em determinada área podem estar relacionados a montante desde a nascente e que ao longo do percurso perpassa em outros municípios que contribuem para os impactos. Ao se analisar uma bacia hidrográfica é possível verificar a origem destes impactos e com isso traçar medidas mitigadoras que atenuem os problemas ambientais. Santos (2004) afirma que não há qualquer área de terra, por menor que seja que não se integre a uma bacia hidrográfica, sendo possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos no equilíbrio presente no sistema de uma bacia hidrográfica.

Daí a importância de estudos integrados do ambiente físico-ambiental em bacias Hidrográficas. Por abrangerem um mosaico diversificado do ponto de vista paisagístico e por terem seus limites bem definidos, em relação à abrangência espacial de bacias de drenagem, são considerados em suas estruturas os sistemas ecológicos, naturais e as atividades socioeconômicas que nela são exercidas, para fins de previsão de impactos de projetos a serem inseridos na trama de seu espaço total (AB'SABER, 2002).

O uso da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento da paisagem é eficaz, porque segundo Rodriguez et al (2011) a água, os rios, os lençóis freáticos, os objetos hidrográficos e a bacia não existem sozinhos na superfície terrestre; logo eles pertencem não só ao meio natural, como também a um meio social.

1.3 Vulnerabilidade Ambiental em Bacias Hidrográficas: Conceitos e Aplicações

Os termos vulnerabilidade e fragilidade ambiental tem se tornado um vocábulo constante na literatura geográfica, principalmente no que se refere aos estudos em bacias hidrográficas. Muitos são os conceitos e técnicas que trabalham com esta perspectiva. Hoje, com a necessidade de um planejamento ambiental que vise a utilização racional dos recursos naturais, os conhecimentos dos diferentes graus de vulnerabilidade e fragilidade que um ambiente apresenta se torna um elemento a se verificar nos projetos de planejamento e assim traçar medidas que se adequem as condições ambientais.

De acordo com Santos e Vitte (1998), o termo fragilidade tem sido citado com frequência na Geografia Física, vinculado normalmente como “fragilidade do meio físico”. A fragilidade sempre está ligada a “algo que a torna frágil”, ou a “suscetibilidade a algo”. No caso do meio físico, está ligada às causas dos desequilíbrios ambientais, que podem ter origens diversas, mas que frequentemente relacionam-se com a antropização do meio. Alheiros (1996), ao conceituar vulnerabilidade ambiental, refere-se ao conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, diante de atividades ocorrentes ou que venham se manifestar, poderá sofrer adversidades e afetar, de forma vital, total ou parcial, a estabilidade ecológica da região em que ocorre.

Para Santos (2006), a vulnerabilidade ambiental pode ser entendida como o grau de exposição que determinado ambiente está sujeito a diferentes fatores que podem acarretar efeitos adversos, tais como impactos e riscos, derivados ou não das atividades socioeconômicas.

Tagliani (2003) vulnerabilidade ambiental significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer, avaliada segundo três critérios:

a) Fragilidade estrutural intrínseca – condicionada por características inerentes ao substrato físico e que descrevem seus materiais, formas e processos, sintetizando suas relações.

b) Sensibilidade – condicionada pela proximidade de ecossistemas sensíveis, os quais sustentam e mantêm inúmeras funções ambientais (Groot, 1994).

c) Grau de maturidade dos ecossistemas – condicionada pelo tempo de evolução, uma das características que determinam a fragilidade relativa dos ecossistemas frente a perturbações antrópicas.

Os conceitos de vulnerabilidade natural e vulnerabilidade ambiental coincidem, mas ao mesmo tempo, distinguem-se quando há a inserção dos fatores antrópicos nos seus processos. As relações dos fatores físicos, como as condições geológicas, geomorfológicas, pedológicas e de cobertura vegetal natural indicam, pela sua própria classificação, a vulnerabilidade natural, pois desconsidera até aí, uma influência do homem como condicionante das vulnerabilidades. A inserção de uma avaliação de uso e ocupação do solo no sistema atribui um peso considerável na ponderação das vulnerabilidades, indicando aí, um processo de análise “ambiental” e não somente “natural” (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Oliveira (2011) a abordagem temática sobre vulnerabilidade/fragilidade natural/ambiental possui uma literatura com estudos de caso em diferentes ambientes. Alguns exemplos podem ser vistos, em Gonçalves et al. (2009), Kawakubo (2005), Tagliani (2003), Grigio (2003), Almeida; Santos; Martins (2009), Menezes et al. (2007), Oliveira et al. (2009), Lins-de-Barros (2005), Carvalho; Pinto (2009), Costa et al. (2008), Oliveira (2011).

Dentre muitas metodologias utilizadas para estes estudos, a de Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados proposta por Ross (1994) e a de Vulnerabilidade Ambiental de Erosão dos Solos preconizada por Crepani et al (2001) são as que tem merecido destaque, pois, ambas subsidiam projetos de planejamento, elaborando zoneamentos ambientais.

Pensando na complexidade que envolve as bacias hidrográficas, da necessidade de estudos que aprofundasse a dinâmica ambiental e as potencialidades/limitações das unidades geoambientais que compõe a bacia hidrográfica é que se buscou aqui desenvolver as proposições de Crepani et al (2001) de vulnerabilidade natural e ambiental. Segundo Sporl (2007), estes modelos

empíricos de vulnerabilidade como o de Crepani et al (2001) e Ross (1994) apesar de utilizarem praticamente as mesmas variáveis, apresentam diferentes formas de calcular a vulnerabilidade e “pesos” distintos para cada uma das variáveis envolvidas na obtenção dos graus de fragilidade.

A vulnerabilidade abordada nesta pesquisa se refere às áreas na bacia hidrográfica que em função de suas características físicas e uso do solo são consideradas vulneráveis à erosão dos solos. Este modelo de vulnerabilidade se dá através da análise da litologia, do relevo, solos, clima e uso e cobertura da terra. Para a análise da vulnerabilidade exige-se que esses conhecimentos sejam avaliados de forma integrada conforme Lima (2010) que abordou sobre a fragilidade, considerando a interrelação dos componentes. Segundo Souza (2000) é necessário considerar a ecodinâmica da paisagem associada ao uso e ocupação como critério básico para definição da vulnerabilidade ambiental existente nos diferentes sistemas ambientais.

Quadro 03: Condições de Vulnerabilidade associada ao balanço entre morfogênese e pedogênese

Ecodinâmica dos Ambientes	**Condições de Balanço entre Morfogênese e Pedogênese**	**Vulnerabilidade Natural**	**Sustentabilidade Natural**
Ambientes medianamente estáveis	A noção de estabilidade aplica-se ao modelado, à interface atmosfera-litosfera. O modelado evolui lentamente, de maneira insidiosa, dificilmente perceptível, onde há predomínio dos processos pedogenéticos. Apresentam fraco potencial erosivo decorrente da estabilidade morfogenética, favorecendo a pedogênese; a cobertura vegetal protege bem os solos contra os efeitos morfogenéticos e de dissecação e erosão moderada, pois está pouco degradada.	Vulnerabilidade muito baixa	Sustentabilidade Alta
Ambientes de Transição	Asseguram a passagem gradual entre os meios medianamente estáveis e os meios estáveis. Há uma interface permanente da morfogênese e da pedogênese efetuando-se de modo concorrente sobre um mesmo espaço, sem que exista nenhuma separação abrupta. A tendência para a situação de estabilidade ou de instabilidade pode ser, sobremaneira, influenciada pela ação da sociedade ensejada pelas atividades socioeconômicas.	Vulnerabilidade Moderada	Sustentabilidade Moderada
Ambientes Instáveis	A morfogênese é o elemento predominantemente da dinâmica atual, subordinando os demais componentes atuais. A deterioração ambiental é evidente e a capacidade produtiva dos recursos naturais está comprometida devido à intensa atividade do potencial erosivo que diminui a densidade	Vulnerabilidade Alta ou muito alta	Sustentabilidade Baixa a muito Baixa

	vegetacional, formando processos morfogenéticos mais atuantes, provocando a ablação dos solos; a morfogênese predomina fortemente, ocasionando rupturas do equilíbrio ecodinâmico; os recursos paisagísticos estão comprometidos ou severamente comprometidos.		

Fonte: SOUZA (2000)

Através destes estudos de vulnerabilidade natural e ambiental é possível um entendimento integrado destes sistemas ambientais que representam a expressão dos eventos naturais que atuaram no passado, dos atuais agentes que continuam a modelar estes sistemas e também dos usos do solo que podem causar modificações no seu funcionamento.

Segundo Ross et al (2008), essa dinâmica pretérita deixa legados no ambiente, os quais são utilizados e são parte da estrutura ecológica atual. Essas sucessões de dinâmicas ao longo do tempo, promovidas, sobretudo pelas mudanças climáticas, afetam indiretamente o problema do desenvolvimento frente à susceptibilidade do ambiente sob o ponto de vista do impacto da humanidade.

Importante ressaltar que ambas as metodologias os autores têm como base os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977). A seguir, discute-se um pouco sobre a questão da vulnerabilidade dos ambientes. A metodologia proposta por Crepani et al (2001) de vulnerabilidade ambiental das paisagens à perda do solo teve por objetivo subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia e de outras regiões do país, e está fundamentada na Ecodinâmica de Tricart (1977).

Através de estudos integrados de geologia, geomorfologia, pedologia, clima e cobertura vegetal e uso da terra, é possível determinar a vulnerabilidade.

A escala de vulnerabilidade das unidades geoambientais da pesquisa foram feitas a partir de sua caracterização morfodinâmica, e seguindo critérios desenvolvidos a partir dos princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977). Na metodologia de Crepani et al (2001) a partir dessa primeira aproximação, procura-se contemplar uma maior variedade de categorias morfodinâmicas, de forma a se construir uma **escala de vulnerabilidade** para situações que ocorram naturalmente. Desenvolveu-se então o modelo mostrado no Quadro 04, que estabelece 21 classes de vulnerabilidade à perda de solo. Para Crepani et al (2001) as classes são

distribuídas entre as situações onde há o predomínio dos processos de pedogênese (às quais se atribuem valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (às quais se atribuem valores ao redor de 2,0) e situações de predomínio dos processos de morfogênese (às quais se atribuem valores próximos de 3,0).

O modelo de Crepani et al (2001) é aplicado individualmente aos temas (Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima) que compõem cada unidade territorial básica, que recebe posteriormente um valor final, resultante da média aritmética dos valores individuais segundo uma equação empírica (figura 01), que busca representar a posição desta unidade dentro da escala de vulnerabilidade natural à perda de solo:

$$\text{VULNERABILIDADE} = \frac{(G + R + S + V + C)}{5}$$

Figura 01: Equação empírica da média dos valores individuais
onde:
G = vulnerabilidade para o tema Geologia
R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia
S = vulnerabilidade para o tema Solos
V= vulnerabilidade para o tema Vegetação
C = vulnerabilidade para o tema Clima
Fonte: Crepani et al (2001)

Ressalta-se que a utilização desta metodologia de Crepani et al (2001) tem algumas adaptações de acordo com a realidade da área de estudo.

Quadro 04: Escala de Vulnerabilidade das Unidades Territoriais Básicas

Classes de vulnerabilidade	Escala de Vulnerabilidade		Grau de Vulnerabilidade	GRAU DE SATURAÇÃO			
				VERM.	VERDE	AZUL	CORES
C1	▲	3,0		255	0	0	
C2		2,9	VULNERÁVEL	255	51	0	
C3		2,8	(Morfogênese)	255	102	0	
C4	V	2,7		255	153	0	
C5	U	2,6		255	204	0	
C6	L	2,5	E	MODERADAM.	255	255	0
C7	N	2,4	S	VULNERÁVEL	204	255	0
C8	E	2,3	T		153	255	0
C9	R	2,2	A		102	255	0
C10	A	2,1	B	MEDIANAM.	51	255	0
C11	B	2,0	I	ESTÁVEL/	0	255	0
C12	I	1,9	L	VULNERÁVEL	0	255	51
C13	L	1,8	I	(morfo/pedo)	0	255	102
C14	I	1,7	D		0	255	153
C15	D	1,6	A	MODERADAM.	0	255	204
C16	A	1,5	D	ESTÁVEL	0	255	255
C17	D	1,4	E		0	204	255
C18	E	1,3			0	153	255
C19		1,2		(Pedogênese)	0	102	255
C20		1,1		ESTÁVEL	0	51	255
C21		1,0	▼		0	0	255

Fonte: Crepani et al (2001)

Dentro desta escala de vulnerabilidade, Crepani determina que as unidades que apresentam maior estabilidade são representadas por valores mais próximos de 1,0, as unidades de estabilidade intermediária são representadas por valores ao redor de 2,0 enquanto que as unidades territoriais básicas mais vulneráveis apresentam valores mais próximos de 3,0 (quadro 05).

Quadro 05: Valores atribuídos às categorias morfodinâmicas

Categoria Morfodinâmica	Relação Morfogênese / Pedogênese	Valor
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Morfogênese / Pedogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Crepani et al (2001)

Destaca-se neste trabalho que alguma adaptações foram feitas com relação a aplicação deste modelo em função da escala da área de estudo. Muitos autores que trabalham com esta temática também realizam adaptações conforme sua área de

estudo e incluem também outras ariáveis que consideram importante para a avaliação da vulnerabilidade. O trabalho considera como vulnerabilidade natural a tendência que a bacia tem a erosão considerando os aspectos ambientais como geologia, geomorfologia, solos e vegetação. A variável clima (elemento precipitação) não foi utilizada, pois as séries históricas dos postos da bacia não coincindem com a mesma data, portanto, as análises relacionadas a esta variável para o estudo da vulnerabilidade poderiam ficar comprometidas, devido a falta de dados mais consistentes que pudessem indicar de forma mais fiel a tendência a erosão que a bacia possui em relação a quantidade pluviométrica. Em relação a vulnerabilidade ambiental, a pesquisa considera aquelas áreas que tem tendênca a processos erosivos com base em aspectos ambientais e de uso e ocupação, pois as atividades socioeconômicas dependendo da intensidade exercem uma influência no desencandeamento de processos erosivos.

1.4 Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas

A necessidade do uso dos recursos naturais e consequentemente a intensificação dos problemas ambientais, requer ações planejadas com base na capacidade de suporte e fragilidade dos sistemas ambientais. O planejamento ambiental surge como um importante caminho para o gerenciamento dos recursos naturais, tendo por objetivo minimizar os impactos ambientais da ação humana.

Em bacias hidrográficas, isto se torna essencial, visto que esta unidade integra os diversos componentes do meio físico, químico e biológico e é possível observar os múltiplos usos não só da água, mas do solo e da vegetação presentes em uma bacia hidrográfica e que são utilizadas pela população. Historicamente as comunidades se instalaram em bacias ao longo dos cursos fluviais, em busca de abastecimento e produção agríciola, portanto, é preciso uma regulamentação que gerencie melhor os recursos naturais.

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento formal iniciou-se nos Estados Unidos, conforme afirma Botelho (2007), com a criação da *Tennessee Valley Authority* (TVA), em 1933, e a partir de então é adotada no Reino Unido, França, Nigéria e restante do mundo. Nos Estados Unidos, foram criados comitês de bacias hidrográficas, embasadas na ideia de planificar o desenvolvimento das bacias como unidade de planejamento com a execução de

grandes obras hidráulicas. Mas, conforme Magalhães-Júnior (2007), as deficiências desse modelo não resolveram, e sim se somaram aos crescentes problemas de degradação ambiental resultantes do modelo nacional de desenvolvimento; os quais se agravariam nos anos 1970 e 1980.

No início, o processo de gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas visava basicamente a solução de problemas relacionados à água, com prioridade para o controle de inundações, para o abastecimento doméstico e industrial, para a irrigação ou para a navegação. O enfoque principal dessa estratégia continua, em muitos casos, sendo a água, sem atentar para o manejo adequado dos outros recursos ambientais da bacia hidrográfica que também influenciam, quantitativa e qualitativamente, o ciclo hidrológico (Pires & Santos,1995). Mas, o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas devem incorporar todos os recursos ambientais da área de drenagem da bacia e não apenas o hídrico.

No Brasil, através da Lei 9433 de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos em seu capítulo I, artigo 1 e inciso V, a bacia foi considerada a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A necessidade de planejar vem desde a antiguidade, onde as civilizações como a mesopotâmica e a egípcia ordenavam o seu espaço com base em alguns aspectos ambientais. Santos (2004) afirma que a preocupação sobre os impactos produzidos pelo homem em centros urbanos tornou-se mais evidente entre os gregos, sendo Aristótoles considerado o “grande teórico da cidade”. Esta visão perdurou desde a Grécia Antiga até a época da Revolução Industrial. Na Europa, no final do século XIX, eram poucos aqueles que se preocupavam com a construção das cidades aliada à conservação da natureza, conforme ainda a autora.

Santos (2004) afirma que uma visão um pouco mais diferenciada de planejamento surgiu na década de 1950 quando, nos Estados Unidos, a principal preocupação girava em torno da necessidade de se avaliar os impactos ambientais resultantes de grandes obras estatais. Durante quase vinte anos debateu-se no Congresso Americano a necessidade de se exigir estudos de impacto ambiental e, durante estas décadas, a idéia também passou a ser discutida nos outros países.

Os planejamentos devem incorporar outras premissas como a ambiental, avaliando os impactos produzidos por grandes obras e então elaborar medidas que

pudessem mitigar os efeitos adversos das construções. Através da questão ambiental iniciada em 1968 com o relatório do Clube de Roma, a realização da Conferência de Estocolmo em 1972 e o Relatório de Brundtland em 1988 que lançou o termo Desenvolvimento Sustentável, contribuíram para as discussões sobre os conceitos de planejamento.

Sonegatti e Machado (2007) comenta que o Planejamento Ambiental é uma expressão muito recente, que ganhou projeção na ECO-92, quando foi criada a Agenda 21, o maior projeto de planejamento ambiental já visto. Este projeto prevê um planejamento em cascata do nível global, para o nacional, regional (estadual), até o nível local (ou municipal), com o objetivo de melhoria da qualidade de vida do ser humano, e de conservação e preservação ambiental.

No Brasil, a preocupação com os impactos ambientais que as atividades humanas provocavam datam do Império, fato que surgiu as primeiras ideias vindas do engenheiro André Rebouças, de se criarem áreas protegidas como os parques nacionais. Segundo Santos (2004):

> É vital destacar que as observações acerca da conservação ambiental do Império no início do século XIX eram tratadas por naturalistas comumente desvinculados de compromissos com metas políticas ou com planejamento regional. Até o final do século, o meio natural era discutido sob o ponto de vista da solução de problemas específicos e localizados, da preservação e da formação de santuários que garantisse a manutenção dos ecossistemas naturais (SANTOS, 2004: 21).

Nos anos de 1930, com as primeiras legislações sobre o meio ambiente como o Código das Águas e o Código Florestal colaboraram para a política ambiental brasileira. A industrialização brasileira, especialmente na década de 1950, não se preocupava com o meio ambiente e incentivava a industrialização sem nenhum planejamento ambiental, fato abordado por muitos autores, como Santos (2004) que fez um amplo levantamento sobre planejamento ambiental.

A Política Nacional do Meio Ambiente promulgada em 1981 é um dos documentos referentes sobre a legislação ambiental brasileira, pois, formulou diretrizes para a avaliação de impactos ambientais, planejamento e gerenciamento, zoneamentos e instituiu o SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente) e o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Em 1986, com a Resolução 001 do CONAMA se criou a obrigatoriedade de estudos de impacto ambiental para cada atividade conforme a legislação (SANTOS, 2004).

O planejamento ambiental é hoje um poderoso instrumento no gerenciamento de recursos naturais de um determinado território e muitos conceitos foram formulados para definir o que seja planejamento ambiental.

O planejamento ambiental fundamenta-se na interação dos sistemas que compõem o ambiente. Tem o papel de estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, das necessidades socioculturais a atividades e interesses econômicos, a fim de manter a máxima integridade possível de seus elementos componentes. O planejador que trabalha sob esse prisma, de forma geral, tem uma visão sistêmica e holística, mas tende primeiro a compartimentar o espaço, para depois integrá-lo (SANTOS, 2004).

Rodriguez (1994) afirma que o Planejamento Ambiental é um instrumento dirigido a planejar e programar o uso do território, as atividades produtivas, o ordenamento dos assentamentos humanos e o desenvolvimento da sociedade, em congruência com a vocação natural da terra, o aproveitamento sustentável dos recursos e a proteção da qualidade do meio ambiente.

Para Botelho (1999) o Planejamento ambiental pode ser facilmente entendido como todo e qualquer projeto de planejamento de uma área que leve em consideração os fatores fisiográficos e socioeconômicos para avaliar as possibilidades de uso do território e seus recursos.

Nos estudos de Planejamento Ambiental torna-se fundamental seguir alguns procedimentos metodológicos como cita Rodriguez (1997): a definição dos objetivos e delimitação da área de estudo (fase da organização); o reconhecimento dos componentes do ambiente através da delimitação das unidades geoecológicas (fase de inventário); inter-relacionamento dos componentes ambientais (fase de análise); identificação da problemática ambiental da área (fase de diagnóstico); o estabelecimento de instrumentos administrativos, jurídicos, legais, sociais (fase propositiva); e por fim a elaboração de estratégias para a gestão e monitoramento das ações propostas (fase executiva).

Ao abordar planejamento ambiental não se pode esquecer das bacias hidrográficas, pois a maioria dos planejamentos tem como unidade básica as bacias e um dos documentos que se elabora é o Plano de Bacia.

O plano de manejo integrado de bacias hidrográficas é uma proposta que visa o uso dos recursos naturais para fins múltiplos conjuntamente com a ocupação ordenada dos ecossistemas, respeitando-se sua capacidade de suporte e suas

aptidões, atentando para a prevenção, correção e mitigação de prováveis impactos ambientais indesejáveis sob o ponto de vista econômico, social e ecológico (SOUZA e FERNANDES, 2000).

Na visão de Faustino (1996) os planos de bacia hidrográfica devem conter diretrizes gerais, a nível regional, capazes de orientar os planos diretores municipais, notadamente nos setores de crescimento urbano, localização industrial, proteção dos mananciais, exploração mineral, irrigação e saneamento, segundo as necessidades de recuperação, proteção e conservação dos recursos hídricos das bacias ou regiões hidrográficas correspondentes.

O planejamento territorial de uma bacia deve estar direcionado a integrar as diferentes concepções metodológicas necessárias ao estabelecimento de um plano de gestão, ou seja, os enfoques setoriais e integrativos. Ele deve indicar ações voltadas ao estabelecimento de diferentes concepções e objetos, em articulação com os sistemas espaciais da bacia (SILVA e RODRIGUEZ, 2010).

Para a efetivação destes planos é necessário um gerenciamento eficaz das ações programadas no planejamento, que aplique e monitore as atividades e para isso é que surge a atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Estes comitês são importantes instrumentos para a gestão já que são elementos jurídicos, compostos pelos diversos setores e usuários de água (vazanteiros, irrigantes, pescadores, abastecimento humano e animal), poder público municipal, instituições públicas estaduais e federais, indústrias com capacidade de deliberar sobre a Política de Recursos Hídricos, bem como de intermediar os conflitos relacionados à gestão e preservação da bacia (QUEIROZ, 2010).

De acordo com Teixeira (2004), esses comitês de bacias são colegiados deliberativos e consultivos, com atuação nas áreas de abrangência das bacias, sub-bacias ou regiões hidrográficas. Constitui-se como a instância mais importante de participação dos usuários de integração do planejamento e execução das ações na área de recursos hídricos.

No Estado do Ceará a composição destes colegiados foi estabelecida pelo Decreto nº 26.462/2001, com 30% das vagas para usuários, 30% para a sociedade civil e 40% para os poderes públicos, sendo metade para o Estado e a União e a outra metade para os municípios da bacia respectiva.

Esses comitês têm normalmente as seguintes atribuições:

- Aprovar a proposta referente à bacia hidrográfica respectiva para integrar o Plano de Recursos Hídricos e suas atualizações;
- Aprovar o Plano de atualização, conservação e proteção dos recursos hídricos da bacia hidrográfica;
- Promover entendimentos, cooperação e eventual conciliação entre usuários dos recursos hídricos;
- Proceder a estudos e debater, na região, programas prioritários de serviços e obras a serem realizadas no interesse da coletividade, definindo objetivos, metas, benefícios, custos e riscos sociais, ambientais e financeiros;
- Fornecer subsídios para a elaboração do relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- Executar as ações de controle a nível de bacias hidrográficas;
- Solicitar apoio do órgão gestor, quando necessário.

O Estado do Ceará conforme divisa oficial são onze bacias hidrográficas, divididas no espaço e para cada uma existe um comitê de bacia responsável pelo planejamento e gerenciamento e todas as ações são acompanhadas pela COGERH, a saber: Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Salgado, Banabuiú, Coreaú, Acaraú, Poti, Curu, Metropolitana e Litoral.

1.2 Procedimentos Técnicos

Para a realização desta pesquisa foi necessária uma série de procedimentos técnicos ilustrados na figura 02 que sintetiza os caminhos adotados na pesquisa que se estruturou em quatro partes que estão detalhadas a seguir:

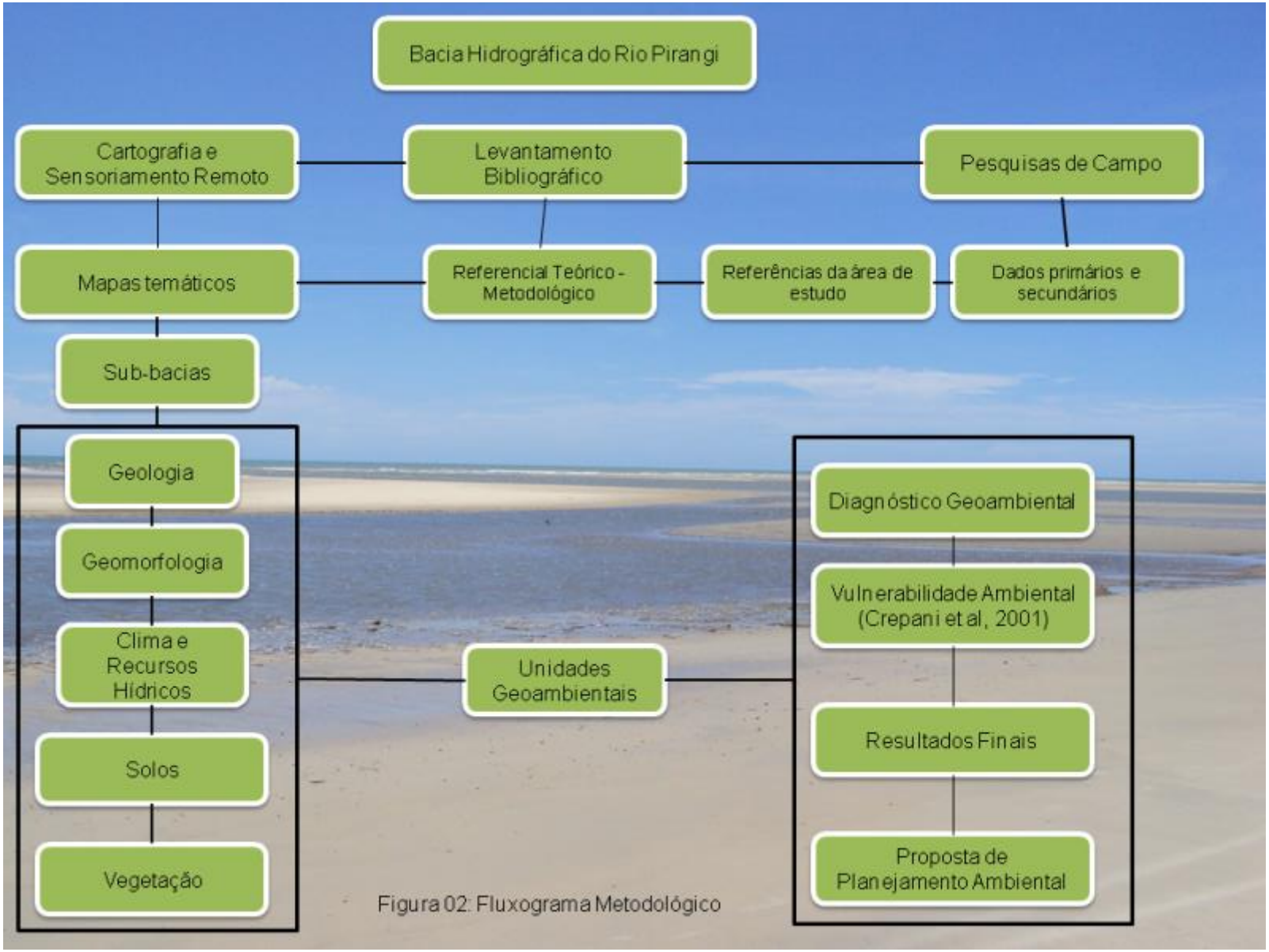


Figura 02: Fluxograma Metodológico

1.2.1 Levantamentos Bibliográficos

Nesta etapa buscou-se material referente à temática da pesquisa, desta forma, dividiu-se a bibliografia em temas que nortearam o desenvolvimento da tese:

- Teoria dos Sistemas, Geossistemas e Ecodinâmica
- Bacia hidrográfica;
- Vulnerabilidade Ambiental;
- Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas.

As bibliotecas centrais da Universidade Federal do Ceará (UFC) e da Universidade Estadual do Ceará (UECE) foram visitadas a fim de pesquisar sobre teses e dissertações referentes às temáticas explicitadas acima. Os *sites* do Portal Domínio Público CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior), e das Bibliotecas da USP, UFPR, UFPE dentre outras também foram consultados.

As revistas científicas e anais de encontros científicos também foram consultadas como a Mercator (Geografia / UFC), Caminhos da Geografia (UFU), Terra Livre (AGB), Revista Brasileira de Climatologia, Revista Brasileira de Geografia (publicação do IBGE), Revista do Departamento de Geografia e GeoUSP da Universidade de São Paulo, dentre outros periódicos. Os trabalhos do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Simpósio Nacional de Geomorfologia e Simpósio de Recursos Hídricos também foram consultados.

Diferentes órgãos públicos foram visitados a fim de colher informações sobre a área de estudo como a SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente), FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), IBAMA, (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis), COGERH (Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), SRH (Secretaria de Recursos Hídricos), CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), IPECE (Instituto de Pesquisa Econômica e Estratégica do Ceará). É importante ressaltar que alguns dados se encontravam disponíveis nos sites destes órgãos.

1.2.2 Cartografia Básica, Temática e Sensoriamento Remoto

Para a elaboração da cartografia básica que incluísse os municípios, distritos, estradas, açudes, curvas de nível que se encontravam dentro dos limites da área de estudo, adquiriu-se em meio digital em formato *dgn* do Estado do Ceará as cartas topográficas vetorizadas da SUDENE (1:100.000) pelo IBGE, as seguintes folhas:

- Folha Parajuru SB.24 – X – A – III;
- Folha Beberibe SB.24 – X – A – II;
- Folha Bonhu SB. 24 – X – A – V;
- Folha Aracati SB. 24 – X – A – VI;
- Folha Itapiúna SB. 24 – X – A – IV.

As imagens de satélites utilizadas foram:

- Imagens Geocover Landsat (ano 2008) com resolução de 15 metros nas bandas 1,2 e 3.
- Imagens CBERS (ano 2010) baixadas no site do INPE
- Imagens Landsat (ano 2008)

Foram adquiridas também os *shapes* referentes à área de estudo (delimitação da bacia, rios, açudes na escala de 1:100.000) com a COGERH, com isso foi possível fazer o cruzamento das informações existentes e assim elaborar a carta básica da bacia.

1.2.3 Dados Climáticos

Para a caracterização pluviométrica da bacia ocorreu, primeiramente, um recorte espacial em três setores (alto, médio e baixo curso), isso por conta das diferenças geoambientais existentes. O rio tem suas nascentes localizadas no sertão central do Ceará (em Quixadá) e no município de Ibaretama e sua foz no litoral entre os municípios de Beberibe e Fortim. Devido a um número grande de séries com falhas existentes é que se optou em utilizar a série temporal da FUNCEME disponível de quatro postos (quadro 06) localizados na bacia hidrográfica do rio Pirangi representativa da realidade geoambiental do alto, médio e baixo curso do rio.

Quadro 06 - Postos Pluviométricos localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi

POSTO	MUNICÍPIO	COORDENADAS	ALTITUDE (m)	SÉRIE
1 - Cristais	Cascavel	572110 / 9504413	50	1997-2010
2 - Santa Tereza	Aracati	625716/ 9491449	25	2000-2010*
3 - Pirangi	Ibaretama	535120/9482329	161	2000-2009*
6 - Faz. Niterói	Ibaretama	516631/9462070	100	2002-2011*
7 - Ibaretama	Ibaretama	520328/9467596	203	1990-2010
8 - Vila Pedra Branca	Aracoiaba	536978/9502594	101	2000-2008*
9 - Paripueira	Beberibe	620199/9517247	25	1998-2010*
10 - Serra do Félix	Beberibe	590597/9500709	150	1998-2010*
11 - Sítio Forquilha - Cogerh	Beberibe	607229/9493319	120	2002-2010*
12 - Itapeim	Beberibe	598015/9519126	30	1998-2008*
13 - Boqueirão do Cesário	Beberibe	586891/9493343	150	1983-2010*
14 - Patos dos Liberatos	Chorozinho	553634/9526535	50	2000-2008*
15 - Chorozinho	Chorozinho	555482/9524692	52	1988-2010*
16 - Palhano	Palhano	614598/9474882	20	1979-2010*
17 - Fortim	Fortim	634989/9508018	10	1990-2010
18 - Curupira	Ocara	549918/9498902	120	1998-2008
19 - Serragem	Ocara	555471/9508110	110	1997-2010*
20 - Faz. Nova Cioma	Ocara	549916/9504419	115	2003-2008*
21 - Ocara	Ocara	544375/9504433	125	1988-2010*
22 - Sereno de Cima	Ocara	542524/9500749	120	1998-2010*
23 - Novo Horizonte	Ocara	549923/9506272	120	1997-2010*
24 - Arisco dos Marianos	Ocara	549910/9486006	130	1997-2009*
25 - Patos	Morada Nova	566544/9482309	90	1998-2010*
26 - Aruaru	Morada Nova	572102/9495201	98	1988-2010*
27 - Boa Água	Morada Nova	555447/9473106	120	2000-2010*
28 - Lagoa Grande	Russas	588727/9482287	50	2000-2009*
29 - Daniel Queiroz	Quixadá	501848/9465756	185	1973-2008*
30 - Ibicuitinga	Ibicuitinga	540649/9451007	230	1988-2010*

Fonte: Funceme (2010) / * Posto com falhas ou sem dados

Ao analisar os postos disponíveis selecionou-se no baixo curso o Posto Fortim (1990-2010), no médio curso como a série disponível é de apenas 14 anos escolheu-se 02 postos o de Curupira/Ocara (1997-2010) e o de Cristais/Cascavel (1997-2010), e no alto curso o Posto de Ibaretama (1990-2010).

A escolha temporal para análise pluviométrica se justifica pela ausência de uma série histórica de 30 anos, período recomendado pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia) em alguns postos da área de estudo, logo a série eleita padroniza um recorte temporal dos postos localizados na bacia. Desta forma, utiliza-se o conceito da Normal Climatológica Provisória para o período estudado. Segundo

Galvani (2011) períodos inferiores a 30 anos de medidas podem e devem ser considerados nas análises climáticas, contudo sempre enfatizando que são Normais Climatológicas Provisórias e que compreendam no mínimo dez anos de observação e registro. A temperatura foi estimada através de um *software CELINA,* desenvolvida por Costa e Sales (2007).

A espacialização dos dados pluviométricos foi realizada através do software Arcgis 9.3 que dispõe da extensão "*Spatial Analyst*". Para isso, digitou-se no programa Excel os dados das precipitações com as colunas Posto, Coordenadas em UTM e a média anual de cada posto. Posteriormente, estes dados foram convertidos para o formato "*shapefile*" de pontos representando um mapa vetorial de pontos climatológicos. Através da extensão foi possível realizar a interpolação dos dados (*Interpolate Raster,* utilizando-se o método da *Krikagem*) com o intuito de gerar o mapa de dados médios anuais de precipitação. Com o arquivo gerado reclassificou-se a imagem gerada na etapa anterior em intervalos de precipitação variando de 100 em 100 mm.

1.2.4 Mapas Temáticos

Os mapas temáticos foram criados a partir da junção de outros mapas temáticos já elaborados para o Ceará e através dos trabalhos de campo e imagens de satélite. Desta forma, pode-se confeccionar os seguintes mapas.

Geológico: através dos shapes cedidos pela CPRM (2003) do Mapa geológico do Ceará na escala 1:500.000 e da vetorização do mapa geológico do Radam Brasil da Folha Jaguaribe/Natal escala 1:1000000.

Geomorfológico: A confecção deste mapa é de significativa importância, pois a partir deste é que foi possível delinear os sistemas ambientais da bacia e a proposta de um zoneamento para cada sistema. A metodologia do mapa geomorfológico foi baseada nas propostas de Ross (1992). O autor propõe a classificação taxonômica do relevo apoiando-se fundamentalmente no aspecto fisionômico das diferentes formas e tamanhos de relevo, baseado na gênese e na idade dessas formas, tendo em vista o significado morfogenético e as influências estruturais e esculturais no modelado.

A metodologia é baseada em seis níveis taxonômicos, sendo nesta pesquisa utilizadas apenas três níveis, em conformidade com a escala da bacia. O

primeiro táxon corresponde às unidades morfoestruturais, organizando a causa dos fatos geomorfológicos derivados de aspectos amplos da geologia como os estruturais. O segundo táxon trata das Unidades Morfoesculturais, representando os compartimentos e subcompartimentos do relevo pertencentes a uma determinada morfoestrutura. O terceiro táxon está relacionado com as Unidades Morfológicas ou padrões de formas semelhantes contidos nas unidades morfoesculturais. Estas unidades morfológicas podem ser segundo sua natureza genética, de dois tipos: Formas de Denudação e/ou Agradação.

O mapa geomorfológico foi derivado dos dados/produtos SRTMs, com o cruzamento das informações dos mapas anteriores do RadamBrasil (Folha Jaguaribe/Natal na escala). Importante ressaltar é que através das imagens SRTM foi possível elaborar a hipsometria e a declividade da área.

Inicialmente foi elaborado o mapa hipsométrico e de declividade para assim caracterizar melhor o modelado da área de estudo. Para criar-se estes dois mapas, primeiramente precisou-se elaborar o TIN.

A ferramenta “Triangular Irregular Network”, mais conhecida como TIN, é uma estrutura de grade triangular do tipo vetorial, apresenta topologia do tipo nó-arco que possibilita a representação de uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas. Cada um dos três vértices da face triangular armazena informações sobre a localização (x, y) e sobre os valores de altitude/elevação correspondente ao eixo z (COELHO, 2007).

Para se criar o TIN, foi necessário o uso das curvas de nível das cartas da SUDENE a partir da qual, extraiu-se as curvas de nível de 50 em 50 metros.

Para a construção do mapa de declividade, estabeleceu-se as classes de declividade predominantes na área de interesse. As classes foram adaptadas da metodologia de Ross (1990).

Pedológico: Utilizou-se os *shapes* cedidos pelo IDACE do mapeamento pedológico do estado do Ceará na escala 1:500.000. A partir das interpretações do relevo associados às cotas altimétricas (SRTM), foram determinadas as unidades de solos, com os dados SRTM gerou-se o modelo fisiográfico da área de estudo, a fim de determinar os diferentes tipos de solos. Os solos da bacia foram caracterizados e classificados de acordo com as recomendações da EMBRAPA (1999) juntamente com a sua descrição litológica, e a nomenclatura dos tipos de solos permitiram a separação dos mesmos em várias classes taxonômicas e unidades de mapeamento.

Vegetação e Uso e ocupação: Este mapa foi elaborado através do mapa de vegetação do projeto Radam Brasil folha Jaguaribe/Natal e a atualização foi feita através dos levantamentos de campo e imagens de satélite tendo como suporte a classificação supervisionada. Segundo Moragas (2005), consiste em um conjunto de procedimentos que auxiliam o usuário no mapeamento de feições da paisagem. A classificação envolve a associação de um conjunto de pixels relacionados a uma determinada “classe” de uso da terra e como estes alvos imageados respondem com níveis distintos de REM (Radiação Elétro-Magnética).

Utilizou-se ainda o material disponível em “*shapes*” no site do IBAMA do Programa de Monitoramento do Desmatamento do Bioma Caatinga (2008).

A classificação supervisionada das imagens foi possível através do software SPRING 5.0 com o *método Bat*tacharya. Segundo Cruz e Ribeiro (2008) Método Battacharya está baseado no índice de probabilidade das classes desejadas. Sempre trabalhando com um par de classes de cada vez, o método depende diretamente do treinamento supervisionado para organizar os segmentos de acordo com a menor distância de Bhattacharya encontrada com determinada classe, associando-o à mesma. As classes de uso da terra utilizadas na pesquisa foram adaptadas do Manual do Uso da Terra do IBGE (2008). Todos os mapas elaborados foram na escala de 1:450.000 utilizando-se a projeção cartográfica UTM (Universal Transverso de Mercator) tendo como datum geodésico o SAD 69 que é o datum utilizado pela cartografia brasileira.

1.2.5 Vulnerabilidade

A fim de averiguar as vulnerabilidades e as potencialidades da área da bacia, pretendeu-se analisar e correlacionar o uso da terra, relevo, solo e vegetação através do mapeamento, identificando as vulnerabilidades, potencialidades e limitações ambientais.

A determinação da vulnerabilidade ambiental da área de estudo foi possível com a colaboração dos métodos propostos por Ross (1994), Crepani et al. (1996, 2001), Tagliani (2003) e Grigio (2003), adaptando-os à realidade geoambiental a qual a área de estudo está submetida e à sua escala de análise.

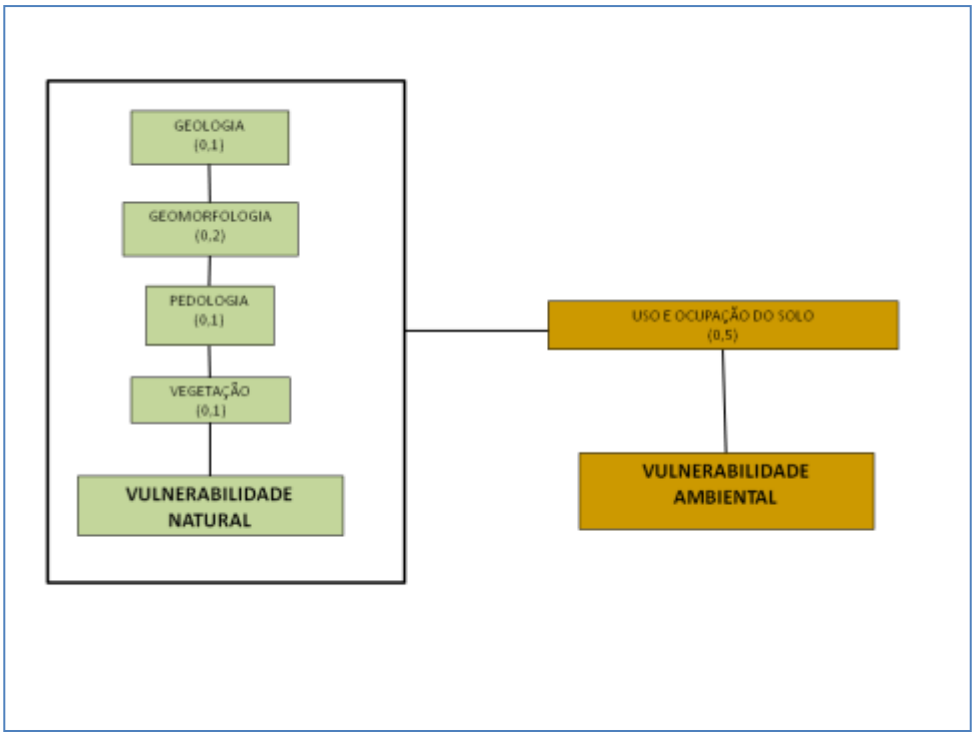
A hierarquização das vulnerabilidades de cada tema ou classe mapeada considerou-se a distribuição dos seus valores com variação entre 1,0 (meios estáveis) a 3,0 (meios fortemente instáveis) em intervalos de 0,5, por meio de

ponderações de valores ou pesos de caráter analítico e individual a cada tema, baseado em Oliveira (2011).

Todos os mapas temáticos foram convertidos para formato matricial (*raster*) a fim de que se pudesse utilizar a álgebra de mapas de forma mais consistente na ferramenta "*Raster Calculator*" inserida na extensão "*Spatial Analyst*" no *software* ArcGis 9.3. Segundo Oliveira (2011), o benefício da conversão dos dados vetoriais em dados raster se traduz no fato da possibilidade de uma maior gama de modelamentos geográficos e operações complexas.

A determinação da vulnerabilidade obedeceu a duas etapas de álgebra de mapas (figura 03). A primeira consistiu no cruzamento dos temas de Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Vegetação e resultou no mapa de Vulnerabilidade Natural. A segunda etapa consistiu no cruzamento de todos os temas da primeira etapa juntamente com o mapa de uso e ocupação do solo o que resultou no Mapa Vulnerabilidade Ambiental, distribuído hierarquicamente em cinco classes ou graus de vulnerabilidade. Nas etapas de álgebra de mapas determinou-se pesos de importância para cada tema, com base em Costa (2006). O quadro 07 indica os valores.

Figura 03: Etapas para a confecção dos mapas de vulnerabilidade



Quadro 07 - Pesos calculados para cada fator na análise de vulnerabilidade ambiental.

FATOR				
Geologia 0,1	Geomorfologia 0,2	Solos 0,1	Vegetação 0,1	Uso e Ocupação 0,5

Fonte: Costa et al (2006)

1.2.5.1 Valores de Vulnerabilidade

Para cada tema foi atribuído um valor de vulnerabilidade. Segundo Crepani et al., (2001), a participação da Geologia para a análise e definição morfodinâmica compreende as informações relativas ao grau de coesão das rochas que servem de suporte para a unidade geoambiental, como indica o quadro 08.

Quadro 08: Vulnerabilidade do tema Geologia

Unidades Geológicas na Bacia Hidrográfica	**Grau de Vulnerabilidade**
Sedimentos Cenozóicos (praia, mangue, dunas)	3,0
Formação Barreiras	1,5
Sedimentos Aluviais	2,5
Granitóides diversos	1,0
Unidade Mombaça	1,2
Formação Santarém	1,3
Unidade Canindé	1,0
Unidade Acopiara	1,0
Unidade Jaguaretama	1,5
Unidade Algodões	1,8

Fonte: Adaptado de Crepani et al, (2001)

Quanto à Geomorfologia, consideram-se, basicamente, as informações relativas à morfometria dos índices de dissecação do relevo do Radam Brasil, mas, considerando que a bacia do rio Pirangi se localiza predominantemente sobre relevos planos e pequenas cristas, não foram considerados os índices de dissecação do relevo, metodologia utilizada para determinação da vulnerabilidade geomorfológica. Levou-se em consideração conforme Lima (2010) a análise das características genéticas dos componentes quanto à susceptibilidade e vulnerabilidade a processos de alteração tanto naturais quanto sociais. Todas essas informações foram realizadas com base no levantamento geoambiental da área. Utilizou-se uma classificação com pesos atribuídos para as formas geomorfológicas na bacia (quadro 09)

Quadro 09: Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

Unidades geomorfológicas	Grau de vulnerabilidade
Planície Litorânea	3,0
Tabuleiro Pré-Litorâneo	1,5
Tabuleiros Interiores	1,0
Planície Fluvial	3,0
Depressão Sertaneja	2,0
Depressão Sertaneja (sertões de Quixadá e Ibaretama)	2,5
Cristas Residuais (Palhano e Félix)	2,8
Cristas Residuais (Azul) e Inselbergues	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001)

A Pedologia na concepção da metodologia de Crepani colabora na caracterização morfodinâmica através da maturidade e profundidade dos solos, produtos diretos do balanço morfogênese/pedogênese. O quadro 10 mostra os valores de vulnerabilidade atribuídos aos solos.

Quadro 10: Vulnerabilidade ao tema Solos

Unidades Pedológicas Mapeadas na Área de Estudo	**Grau de Vulnerabilidade**
Neosssolos Quartzarênicos Distróficos	2,5
Neossolos Quartzarênicos Eutróficos	3,0
Neossolos Flúvicos	2,5
Neossolos Litólicos	3,0
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	2,0
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	2,5
Gleyssolos	3,0
Luvissolos	2,0
Planossolo Solódico	2,5
Solonetz Solodizado	3,0
Vertissolo	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001)

A cobertura vegetal representa a proteção do solo contra os efeitos dos erosivos, e sua participação na caracterização morfodinâmica segundo a metodologia de vulnerabilidade utilizada na pesquisa das unidades está, portanto, relacionada à sua capacidade de proteção. Para a vegetação foram atribuídos valores de acordo com a proteção oferecida ao solo e, em função da densidade da cobertura vegetal, respeitando, entretanto, as limitações da escala do trabalho (quadro 11).

Quadro 11: Vulnerabilidade para o tema vegetação

Cobertura Vegetal	Grau de Vulnerabilidade
Sem Cobertura Vegetal	3
Sem Cobertura Vegetal (Dunas Móveis e faixa de praia)	3
Vegetação de Mangue	3,0
Vegetação Subperenifólia de Tabuleiro	1
Vegetação Subcaducifólia de Tabuleiro (interiores)	1,5
Vegetação de Caatinga	2,0

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001)

As alterações introduzidas pelo homem foram mapeadas junto com a cobertura vegetal recebendo valores em graus de vulnerabilidade acima de 2,0 (quadro 12), utilizado esse valor com base nos trabalhos sobre o tema citados no início.

Quadro 12: Vulnerabilidade do tema Uso e Ocupação

Unidade de Cobertura e Uso da Terra/Vegetação Mapeadas na Área de Estudo	**Grau de Vulnerabilidade**
Carcinicultura	2,5
Áreas urbanizadas	3,0
Agropecuária	2,0
Sem vegetação	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001)

1.2.6 Dados socioeconômicos

Os dados socioeconômicos como população, setor produtivo, uso e ocupação, posse da terra, legislação, cultura dos municípios que abrangem a área da bacia foram adquiridos através do site do IBGE: www.ibge.gov.br, acessando os portais: Cidades@, Censo Agropecuário, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), Pesquisa Nacional de Saneamento Básico e Censo Populacional de 2000 e 2010.

Para um detalhamento maior das condições socioeconômicas da bacia levou-se em consideração alguns aspectos referentes tais como abastecimento de água,

coleta de lixo e tipo de esgotamento sanitário, sendo estes dados coletados por distrito, devido a bacia possuir um número considerável de distritos, tendo apenas uma sede municipal a de Ibaretama dentro de sua área, por isso no item sobre infra-estrutura enfocou-se os distritos.

Em relação aos dados econômicos coletou-se sobre a produção agropecuária de cada município, pois são atividades que se utilizam de recursos naturais que estão inseridos na bacia hidrográfica.

1.2.7 Levantamento de Campo

O campo foi uma das etapas importante na pesquisa, pois pode corroborar os resultados do mapeamento e atualizar as informações referentes ao uso e ocupação, vegetação.

Foram realizados diferentes levantamentos de campo, onde o primeiro caracterizou-se pelo reconhecimento geral da área. Outros foram em pontos específicos do alto, médio e baixo curso, procurando coletar dados referentes ao uso e ocupação e grau de conservação dos sistemas ambientais.

Em todos os trabalhos de campo utilizaram-se equipamentos tais como GPS do tipo Garmim para a marcação de pontos importantes, imagens de satélites para a identificação, de formas que não estavam nítidas na imagem e que através do campo puderam ser visualizadas e caracterizadas.

Capítulo 02:

Retratos da Bacia: Contextualização Geoambiental

A Bacia Hidrográfica do rio Pirangi possui uma área de 4.367 km² é a mais oriental das bacia metropolitanas. A Bacia abrange os municípios de Quixadá, Ibaretama, Morada Nova, Ocara, Aracoiaba, Chorozinho, Cascavel, Beberibe, Aracati, Russas, Palhano e Fortim. O rio principal, Pirangi, estende-se por 177 km tem suas nascentes no distrito de Daniel de Queiróz em Quixadá e sua foz no litoral entre os municípios de Beberibe e Fortim.

Capítulo 02: Retratos da Bacia do Pirangi: Contextualização Geoambiental

Este capítulo teve por objetivo caracterizar a bacia em seus aspectos geoambientais, pois a compreensão inicial de como funciona este sistema passa pelo entendimento dos seus atributos físicos como geologia, clima, relevo, solos, rede de drenagem e vegetação.

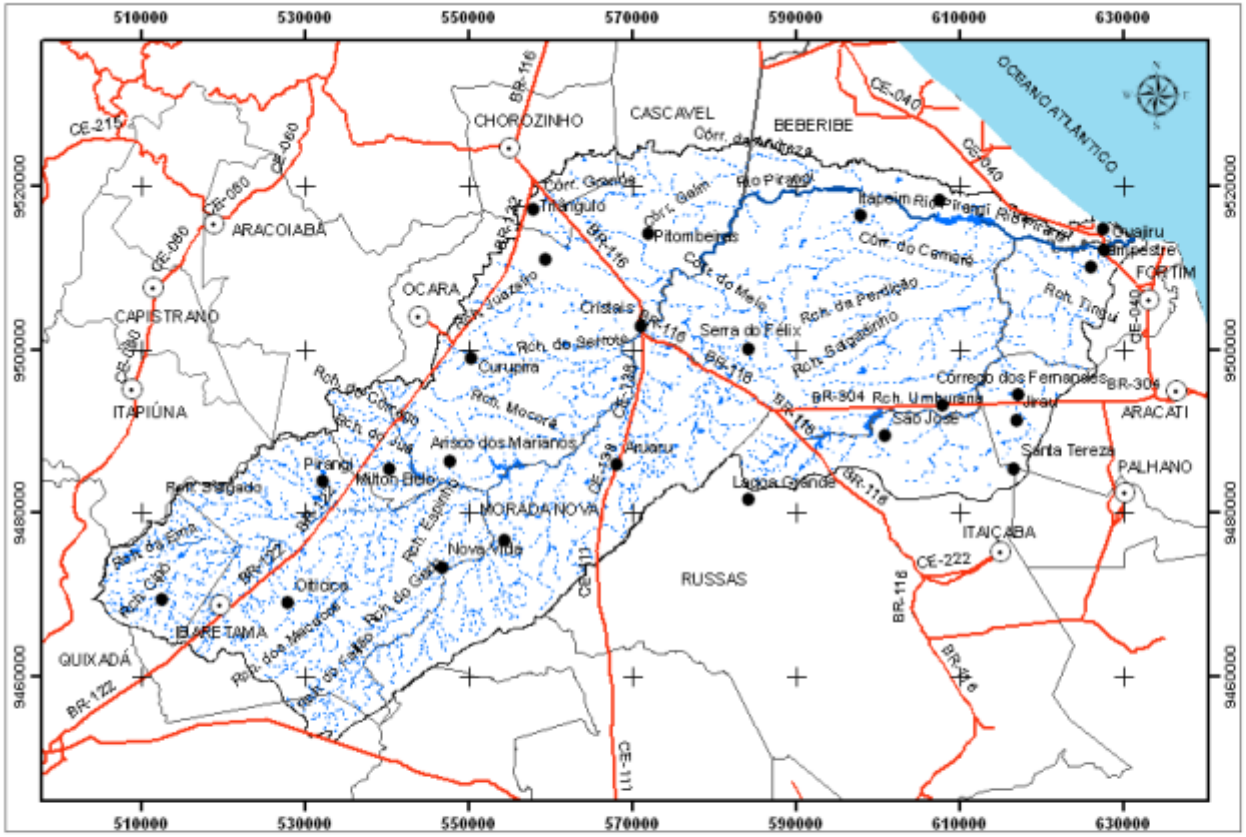
Através da interação destes elementos é que será possível avaliar as condições que proporciona os diferentes tipos de unidades geoambientais da bacia. A identificação destas unidades poderá fornecer conhecimentos sobre as potencialidades e limitações de uso e ocupação de uma determinada área propondo medidas de uso que se adequem à dinâmica da bacia.

2.1 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANGI

A Bacia Hidrográfica do rio Pirangi possui uma área de 4.373 km^2. É a mais oriental das bacias metropolitanas (mapa 01). A bacia abrange os municípios de Quixadá, Ibaretama, Morada Nova, Ocara, Aracoiaba, Chorozinho, Cascavel, Beberibe, Aracati, Russas, Palhano e Fortim. O rio principal, Pirangi, estende-se por 177 km, suas nascentes no distrito de Daniel de Queiróz em Quixadá e sua foz no litoral entre os municípios de Beberibe e Fortim.

O rio Pirangi nasce em uma região de pouca altitude e relevo moderado; aliás, a suavidade do relevo se apresenta como uma das maiores características desta bacia. Em cerca de 80% do talvegue a declividade é próxima de 0,05%, sendo que no trecho final ela praticamente se anula dando lugar a uma região de inúmeras lagoas de níveis altimétricos muito semelhantes (COGERH,2001).

Apesar da bacia abranger 12 municípios, nota-se que em alguns municípios, a área ocupada pela drenagem é bastante reduzida e que apenas uma sede municipal se encontra na área, que é a de Ibaretama. O quadro 13 demonstra o percentual ocupado pela bacia em cada município.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA

Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido

Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi/Ce: Subsídios ao Planejamento Ambiental

Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

MAPA 01: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA DO RIO PIRANGI

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- Sedes Distritais
- Rio Pirangi (Drenagem Perene)
- Rio Pirangi (Drenagem Intermitente)
- Estradas Pavimentadas
- Rios e riachos (Drenagem Intermitente)
- Limite Municipal
- Açudes e/ou Corpos d'água

SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL
SAD69 ZONA 24S

ESCALA: 1:700.000

0 4 8 16 24 32 Kilometers

Fonte: Base cartográfica adapatada da COGERH (2008)

Quadro 13: Municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Pirangi

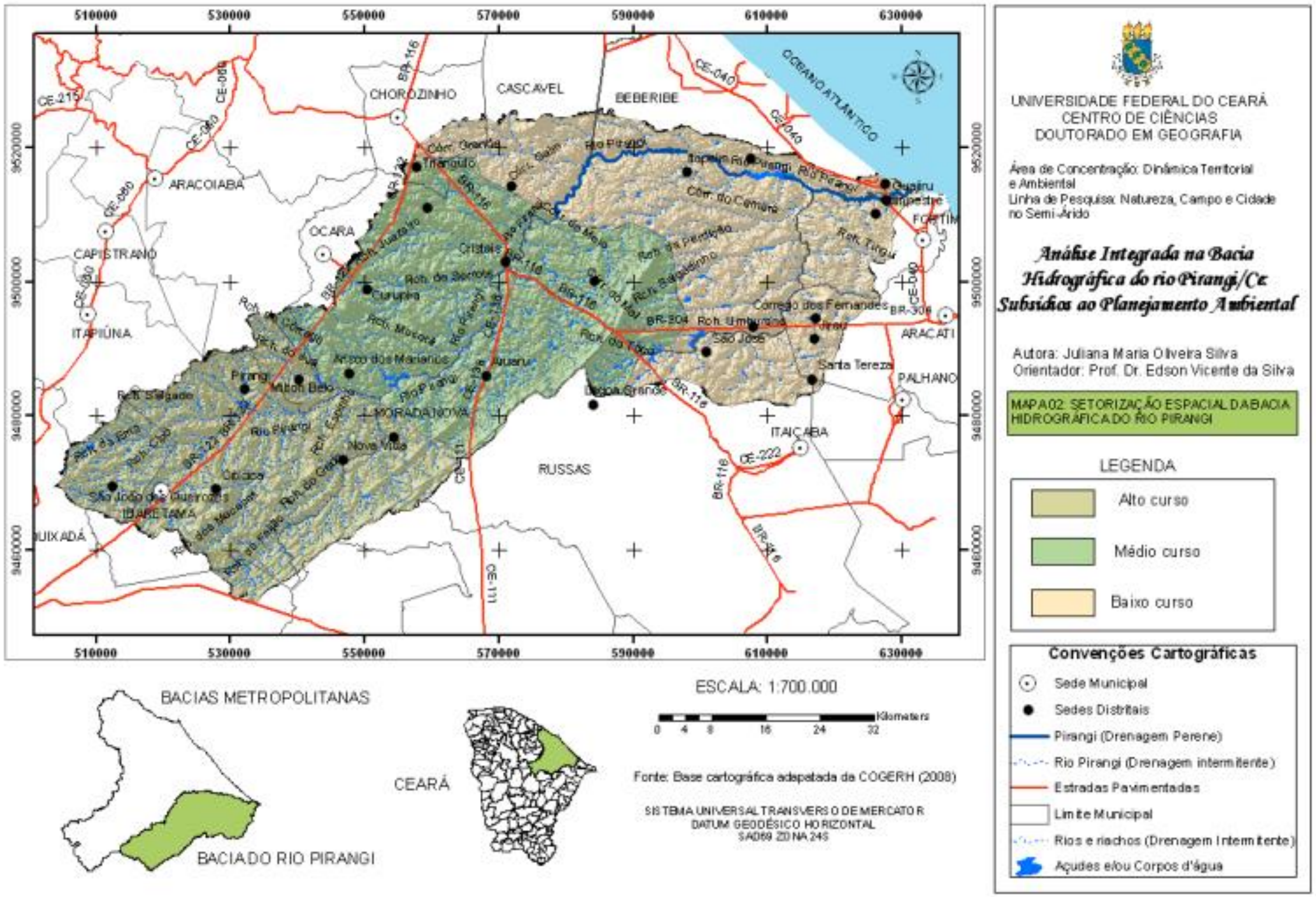
Setor da Bacia	Municípios	Área do município (Km^2)	Área ocupada pela bacia (Km^2)	Área ocupada pela bacia (percentual %)
Alto curso	Aracoiaba	656,2838	106,57	16,23
Alto curso	Ibaretama	879,8461	762,07	86,61
Alto curso	Quixadá	2024,447	66,7	10,34
Alto/médio curso	Morada Nova	2851,232	647,66	22,71
Médio curso	Ocara	766,6256	106,57	82,94
Médio/baixo curso	Chorozinho	277,6006	66,7	24,02
Médio curso	Cascavel	840,4204	277,15	32,97
Baixo curso	Aracati	1200,219	107,67	8,97
Baixo curso	Beberibe	1620,92	1125,91	69,46
Baixo curso	Fortim	277,915	182,74	65,75
Baixo curso	Palhano	454,0246	183,72	40,46

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Ao interpretar o mapa 01, percebe-se que os municípios de Ibaretama, Ocara e Beberibe são os que têm mais áreas na bacia, e os menos drenados são os de Aracati, Aracoiaba, Quixadá e Russas. O setor do baixo curso da bacia é o que possui mais municípios (5 no total), em seguida vem o médio e alto curso, cada um com 4 municípios. O mapa 02 demonstra a setorização da bacia em alto, médio e baixo curso com os municípios e distritos inseridos na área. Para a setorização da bacia, levou-se em conta critérios geomorfológicos como a altitude, as formas e alguns aspectos da litologia.

Destaca-se, que a bacia drena uma parcela significativa de distritos, sendo 27 sedes distritais, onde a maioria destas pertence principalmente aos municípios de Ocara, Ibaretama e Beberibe.

Os distritos de Itapeim, Forquilha e Serra do Félix em Beberibe, Cristais em Cascavel, Nova Vida, Pirangi e Oiticica em Ibaretama, Aruaru em Morada Nova, Arisco dos Marianos e Curupira em Ocara, São José em Palhano, são os que possuem 100% de suas áreas inseridas dentro da bacia de estudo. O quadro 14 indica os distritos existentes na área com suas respectivas área total e ocupada pela bacia e percentual drenado pela bacia do Pirangi.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido
Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi/Ce: Subsídios ao Planejamento Ambiental
Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
MAPA 02: SETORIZAÇÃO ESPACIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANGI
LEGENDA
Alto curso
Médio curso
Baixo curso
Convenções Cartográficas
Sede Municipal
Sedes Distritais
Pirangi (Drenagem Perene)
Rio Pirangi (Drenagem intermitente)
Estradas Pavimentadas
Limite Municipal
Rios e riachos (Drenagem Intermitente)
Açudes e/ou Corpos d'água
ESCALA: 1:700.000
Kilometers
0 4 8 16 24 32
Fonte: Base cartográfica adapatada da COGERH (2008)
SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL
SAD69 ZONA 24S
BACIAS METROPOLITANAS
BACIA DO RIO PIRANGI
CEARÁ
OCEANO ATLÂNTICO
CHOROZINHO
CASCAVEL
BEBERIBE
ARACOIABA
OCARA
CAPISTRANO
ITAPIÚNA
MORADA NOVA
RUSSAS
ITAIÇABA
PALHANO
ARACATI
FORTIM
QUIXADÁ
IBARETAMA
RIO PIRANGI
510000 530000 550000 570000 590000 610000 630000
9520000 9500000 9480000 9460000

Quadro 14: Distritos presentes na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi

SETOR DA BACIA	MUNICÍPIOS	DISTRITOS	Área dos distritos (Km^2)	Área ocupada pela bacia (Km^2)	Área ocupada pela bacia (percentual %)
Alto curso	ARACOIABA	Milton Belo	190,72	106,57	55,87
Alto curso	IBARETAMA	Nova Vida	197,96	197,96	100
		Oiticica	253,67	253,67	100
		Pirangi	238,49	238,49	100
Alto curso	QUIXADÁ	Daniel de Queiroz	138,36	0,21	0,1
		São João dos Queirozes	175,77	168,29	95
Médio curso	CHOROZINHO	Timbaúba dos Marinheiros	46,83	44,31	94,61
Médio curso	MORADA NOVA	Aruaru	479,24	479,24	100
		Boa Água	312,92	168,42	52,64
Médio curso	OCARA	Arisco dos Marianos	97,06	97,06	100
		Curupira	383,61	383,61	100
		Serragem	148,35	120,19	2,75
Médio curso	BEBERIBE	Serra do Félix	442,11	442,11	100
Médio curso	CASCAVEL	Cristais	5,53	5,53	100
		Pitombeiras	293,65	212,29	72,29
Baixo curso	ARACATI	Córrego dos Fernandes	77,81	60,26	77,44
		Jirau	41,13	34,08	82,85
		Santa Tereza	83,27	13,33	16
Baixo curso	BEBERIBE	Itapeim	267,07	267,07	100
		Paripueira	116,03	68,46	59
		Parajuru	287,99	274,47	95,30
		Forquilha	94	94	100
		Cedro	54,92	18,59	33,84
Baixo curso	FORTIM	Campestre	18,92	18,84	99,57
		Guajiru	27,02	17,23	63,76
		Pirangi	234,52	234,52	100
		Oiticica	253,67	248,95	95
		Curupira	382,87	382,87	100
		Serragem	148,35	120,19	81,01
Baixo curso	PALHANO	São José	47,15	42,15	100

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

O baixo curso da bacia é o que possui mais distritos (12), em seguida o médio curso com 09 distritos e o alto curso com 06 distritos.

O acesso aos locais onde se pode observar o curso do rio Pirangi faz-se preferencialmente pela CE-040 (baixo curso, nos municípios de Beberibe e Fortim, conhecida pela estrada da Costa do Sol Nascente). A BR-116 no médio curso, passando pelos municípios de Ocara e interiores de Cascavel e Beberibe. A CE-038, que abrange os distritos de Aruaru em Morada Nova. A BR-122 passando por alguns distritos de Ocara como Curupira e o município de Ibaretama incluindo o distrito de Pirangi, e a CE-060 que permite o acesso ao município de Quixadá.

2.2 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANGI

A bacia tem dois domínios geológico-geomorfológicos bem definidos: a do Embasamento Cristalino, ocorrendo como formas geomorfológicas a Depressão Sertaneja, as Cristas Residuais e Agrupamento de Inselbergues presentes no alto e médio curso. O Domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozóicos tendo a Planície Litorânea, Tabuleiro Litorâneo e Planície Fluvial como principais feições de relevo no baixo curso, com exceção da Planície Fluvial que ocorre no alto e médio curso, e os Tabuleiros Interiores no médio curso.

Esta diversidade confere à bacia características naturais dominantes como por exemplo, o clima, que se apresenta diferente no alto/médio com uma predominância semi-árida, e no baixo curso um clima sub-úmido devido a proximidade do oceano, e esta heterogeneidade climática se reflete nos tipos de solo e vegetação.

A drenagem exibe padrões diferenciados conforme a litologia, sendo mais dentrítica no embasamento cristalino e sub-paralela nos depósitos sedimentares e devido ao clima semi-árido, os rios tem um regime intermitente. O rio Pirangi apresenta uma perenidade a partir do médio curso (Cristais/Cascavel). Essa perenidade deve-se à presença de alguns açudes e quando o rio adentra o litoral, uma área sedimentar que favorece o afloramento do lençol freático, e a proximidade do oceano confere a sua perenidade bem mais desenvolvida no baixo curso.

A caracterização geoambiental está baseada em trabalhos publicados sobre o Estado do Ceará. Para esta área foram consultados trabalhos elaborados por: SOUZA (1988 E 2000), AB'SABER (2003), CPRM (2003), COGERH (2001), FERNANDES (1990), FUNCEME (2009) e levantamentos de campo para a coleta de informações inexistentes.

2.1- Aspectos da Geologia, Geomorfologia e Pedologia.

No planejamento ambiental em bacias hidrográficas a temática geologia é um dos primeiros aspectos a ser abordado no diagnóstico geoambiental, pois apresenta as informações relativas à formação da área, auxiliando a compreensão acerca da evolução e estabilidade do terreno.

Através das informações geológicas é possível a interpretação no que diz respeito ao relevo, solos, processos erosivos. A natureza e o arranjo espacial das

rochas do substrato das bacias hidrográficas exercem um papel fundamental em relação ao sentido do fluxo das águas nos seus cursos. O padrão de drenagem desenvolvido é em grande parte função da relação infiltração/escoamento que está atrelada com as características geológicas aliada ao solo, clima, relevo e cobertura vegetal (SANTOS, 2004). As informações referentes à composição das rochas poderão demonstrar aspectos relativos à capacidade de suporte em relação às ocupações sobre o meio físico.

A geologia está caracterizada através da delimitação das unidades litoestratigráficas acompanhada de sua descrição litológica e idade geológica. De acordo com o Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (1986), uma unidade litoestratigráfica é um conjunto de rochas distinguido e delimitado com base em seus caracteres litológicos, independentemente da história geológica ou de conceitos de tempo. As categorias de unidades formais são: Supergrupo, Grupo, Subgrupo, Formação, Camada, Complexo, Suíte e Corpo. Em termos geológicos, segundo o mapa geológico da CPRM (2003) e dos estudos da COGERH (2001) a área da bacia é formada por dois grandes domínios litológicos, as rochas pré-cambrianas do Embasamento Cristalino formada pelas seguintes unidades litoestratigráficas: Complexo Ceará – Unidade Canindé, Acopiara, Algodões, Jaguaretama, Orós (Formação Santarém) e os Granitóides Diversos. As coberturas sedimentares cenozóicas representadas pelas seguintes unidades litoestratigráficas: Formação Barreiras, Depósitos Aluviais e Depósitos Litorâneos. O mapa 03 mostra a distribuição geológica na área de estudo.

A Unidade Algodões da Era Paleoproterozóica do período Riaciano com idade entre 2,5 - 2,0 Ga (CPRM, 2003) ocorre nas nascentes da bacia no município de Quixadá e Ibaretama com uma área de 68,12 km^2, correspondendo a 1,55% da bacia. Esta unidade é formada por paragnaisses diversos, metabasaltos, anfibolitos, metaultramáficas e formações ferríferas, por vezes associados a ortognaisses leucocráticos e mesotipos, e ocorrem também algumas lentes de anfibolitos.

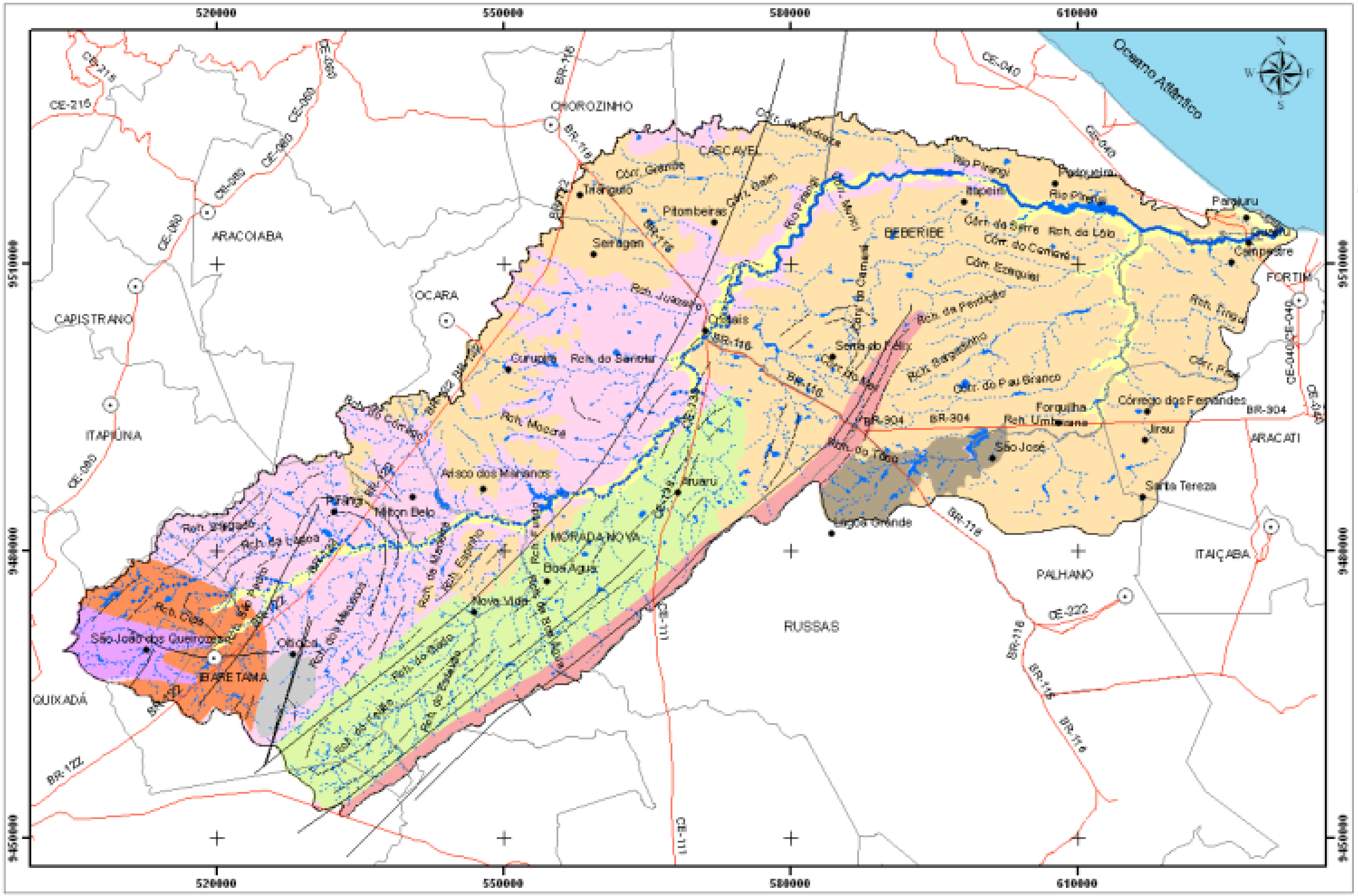
A Unidade Acopiara da Era Paleoproterozóica do período Riaciano, com idade entre 2,5 - 2,0 Ga (CPRM, 2003), aparece nos municípios de Russas, Morada Nova e Ibaretama com litologias de paragnaisses e ortognaisses, parcialmente migmatíticos, incluindo, subordinadamente, micaxistos grafitosos, anfibolitos, rochas calcissilicáticas, metaultramáficas e quartzitos. Possui uma área de 585,64 km^2 correspondendo a 13,40% da bacia.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido

Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi/Ce: Subsídos para o Planejamento Ambiental

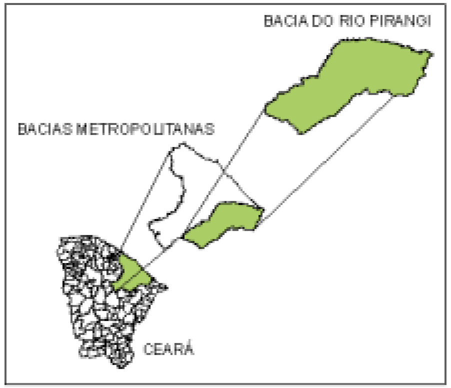
Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

MAPA 03: GEOLOGIA DA BACIA DO RIO PIRANGI



LEGENDA

Era	Período	Unidade Litoestratigráfica e Descrição Litológica
CENOZÓICA	Holoceno (1,75 Ma)	Depósito Aluvial: Argilas, areias argilosas, quartzosas e Quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas.
		Depósitos Sedimentares Cenozóicos: Areias esbranquiçadas, quartzosas.
	Tércio-Quaternário (23,5 Ma)	Barreira Indiviso: Arenitos argilosos de tonalidade variada com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base.
NEOPROTEROZÓICA	Criogeniano (850 Ma)	Granitóides Diversos: Granitóides cinzentos, geralmente de granulometria média a grossa de composição granítica dominante, em parte com enclaves dioríticos.
		Unidade Mombaça: Migmatitos associados a ortognaisses granodioríticos.
PALEOPROTEROZÓICA	Estateriano (1.800 - 1.600 Ga)	Formação Santarém: Micaxistos diversos, localmente com estreitas intercalações de metamagmatitos ácidos a básicos; quartzitos, por vezes associados a metacherts ferríferos e xistos; filitos, metassiltitos, metacarbonatos.
	Riaciano (2,5 - 2,0 Ga)	Complexo Ceará – Unidade Canindé: Paragnaisses em níveis distintos de metamorfismo-migmatização, incluindo ortognaisses ácidos, rochas metabásicas, gnaisses dioríticos, metagabros, metaultramáficas quartzitos e metacalcários.
		Unidade Acopiara: Paragnaisses e ortognaisses, parcialmente migmatíticos, incluindo, subordinadamente, micaxistos grafitosos, anfibolitos, rochas calcissilicáticas, metaultramáficas e quartzitos.
		Unidade Jaguaretama: Ortognaisses migmatizados com importante participação de metamorfitos de derivação sedimentar, incluindo lentes de metacalcários.
		Unidade Algodões: Paragnaisses diversos, metabasaltos, anfibolitos, metaultramáficas e formações ferríferas, por vezes associados a ortognaisses leucocráticos e mesotipos.



SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24 S

Escala gráfica

ESCALA 1:450.000

Convenções Cartográficas
- Sedes Distritais
- Sede Municipal
- Rio Pirangi (Drenagem Perene)
- Rio Pirangi (Drenagem Intermitente)
- Falhas
- Alinhamentos
- Estradas Pavimentadas
- Açudes e Corpos d'água
- Rios e Riachos (Drenagem Intermitente)
- Limites Municipais

Fonte: Atlas Geológico do Ceará da CPRM (2003)
Base Cartografica do Rio Pirangi adaptada da COGERH (2008)

A Unidade Jaguaretama da Era Paleoproterozóica do período Riaciano, com idade entre 2,5 - 2,0 Ga (CPRM, 2003) ocorre nos municípios de Russas e Palhano com Ortognaisses migmatizados com importante participação de matamorfitos de derivação sedimentar, incluindo lentes de metacalcários. Esta unidade possui uma área de 97,91 km^2 o que equivale a 2,24% da bacia.

O Complexo Ceará pertence à Era Paleoproterozóica do período Riaciano, com idade entre (2,5 - 2,0 Ga) (CPRM, 2003). É uma sequência dominantemente ectinítica constituída de quartzito seguido de gnaisses, xistos e filitos com níveis de rochas carbonáticas intercalados, preferencialmente, no topo da unidade. Este complexo Ceará subdivide-se em duas unidades: Unidade Independência (que não se encontra na área de estudo) e a Unidade Canindé constituída por paragnaisses em níves distintos de metamorfismo-migmatização, incluindo ortognaisses ácidos, rochas metabásicas, gnaisses dioríticos, metagabros, quartzitos e metacalcários. Ocorre na depressão sertaneja dos municípios de Quixadá, Ibaretama, Aracoiaba, Ocara, Morada Nova e Cascavel com uma área de 718,63 km^2 , cerca de 16,45% da bacia de estudo.

A Unidade Orós aparece através da Formação Santarém na borda da bacia do Pirangi limitando com a bacia do rio Jaguaribe. Pertence à Era Paleoproterozóica do Período Estateriano, com idade entre 2,5 e 2,0 Ga (CPRM, 2003), com a presença de Micaxistos diversos, localmente com estreitas intercalações de metamagmatitos ácidos a básicos; quartzitos, por vezes associados a metachertes ferríferos e xistos; filitos, metassiltitos, metacarbonatos.

A exposição desta unidade ocorre no Boqueirão de Cesário e Ibicuitinga margeando o limite da bacia do rio Pirangi, formando a Serra do Félix e a Serra do Palhano com uma área de 142,86 km^2, correspondendo a 3,27% da bacia.

Os clásticos basais, sob a atuação do metamorfismo regional, originaram quartzitos bem recristalizados, com laminação pronunciada, muscovitos, de coloração creme amarelada, com espessuras delgadas, já o Boqueirão de Cesário, as os clásticos representam-se excepcionalmente mais espessos (COGERH,2001).

Os Granitóides Diversos do Neoproterozóico- do período Criogeniano com idade de 850 M.A (CPRM, 2003), ocorrem no Município de Ibaretama formando a Serra Azul, é composto geralmente de granulometria média a grossa de composição granítica dominante, em parte com enclaves dioríticos, feldspato e

biotita. Tem uma área de 35,67 km^2 representando 0,81% da área de estudo. É a menor unidade litoestratigráfica presente na bacia.

O granitóide da área tem uma forma elipsoidal, alinhado segundo a direção NE-SW. Segundo dados da COGERH (2001), a borda oriental do granitóide Serra Azul dista 1,5km da falha de Senador Pompeu, apresentando indícios de deformação tectônica, como deslocamento e quebramentos dos componentes minerais.

A Unidade Mombaça do Neoproterozóico- do período Criogeniano, com idade de 850 M.A (CPRM, 2003), possui área de 166,49 km^2 com 3,81% da área da bacia e aparece no município de Quixadá com a presença de migmatitos associados a ortognaisses granodioríticos.

A Formação Barreiras da Era Cenozóica do Período Tércio-Quaternário 23,5 Ma (CPRM, 2003) é formado de arenitos areno-argilosos de tonalidade variada, com matrizes avermelhadas, creme ou amarelados. A granulação varia de fina a média com horizontes conglomeráticos e nódulos lateríticos na base. Ocupam uma área de 1963,04,04 km^2 e 44% da área da bacia.

Segundo Souza (2000), em geral, a Formação Barreiras encerra uma certa complexidade de fácies sedimentares, distribuindo-se de maneira contínua paralelamente à faixa costeira. Sua largura é bastante variável, alargando-se próximo aos baixos vales dos rios Jaguaribe e do Acaraú, estreitando-se nas circundjacências do litoral de Fortaleza.

Apresenta largura variável. Ocorre na faixa costeira da bacia do Pirangi, no município de Beberibe, recobrindo as rochas do embasamento cristalino, mas também adentra o interior chegando a aparecer em manchas dispersas nos municípios de Ocara, Morada Nova e Russas. Segundo Souza (2000), estas coberturas que adentram o interior comprovam que a abrangência do Barreiras chegou a ter uma maior abrangência espacial e restaram alguns testemunhos *out liers* como se verifica em Quixadá, no Médio Jaguaribe, no Médio-Baixo Acaraú, entre outros locais.

A Unidade formada no Período do Holoceno com idade de 1,75 Ma (CPRM, 2003) é constituída pelos depósitos litorâneos, formada de sedimentos quaternários com areias de granulação fina a média. Esta unidade integra a planície litorânea de Parajuru, no município de Beberibe, na desembocadura do rio Pirangi com as respectivas unidades morfológicas: faixa de praia, pós-praia, dunas móveis,

dunas fixas e planície flúvio-marinha, e as planícies fluviais e lacustre. Esta unidade possui uma área de 75,86 km^2 correspondendo a 1,73%.

Os sedimentos encontrados na faixa de praia e nas dunas são constituídos por areia fina. Nas dunas fixas, os sedimentos eólicos são selecionados e formados por areias quartzozas. A planície lacustre agrega sedimentos lagunares areno-argilosos.

Os Depósitos Aluviais, unidade em formação, constituída litologicamente por argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas. Estes aluviões apresentam largura de acordo com o volume e a energia da água, no médio curso são constituídos por areia grossa, seixos e cascalhos e no baixo curso predominam as areias mais finas, com teores elevados de argila. Os depósitos aluviais ocupam uma área de 234,71 km^2, correspondendo a 5,32% da área da bacia.

2.1.1 Geomorfologia

Os estudos relacionados às bacias hidrográficas têm como base os conhecimentos geomorfológicos devido a dinâmica dos canais fluviais. Os rios são importantes agentes geomorfológicos que atuam no modelado do relevo através do transporte e deposição de sedimentos.

A análise do relevo permite sintetizar a história das interações dinâmicas que ocorrem entre o substrato litólico, a tectônica de placas e as variações climáticas. O estudo da conformação do relevo permite deduzir a tipologia e intensidade dos processos erosivos e deposicionais, a distribuição, textura e composição dos solos, bem como a capacidade potencial de uso (SANTOS,2004).

Através do modelado do terreno pode-se obter informações sobre os fenômenos hidrológicos (escoamento superficial), declividade, velocidade de drenagem. Os dados geomorfológicos permitem interpretar uma questão indispensável para o planejamento ambiental segundo Santos (200): a relação entre as configurações superficiais do terreno, a distribuição dos aglomerados urbanos e dos usos do solo em função das limitações impostas pelo relevo.

A compartimentação do relevo da bacia é representada por cinco domínios geomorfológicos: Planície Litorânea, Tabuleiros Litorâneos, Depressão Sertaneja, Cristas/Maciços Residuais e Planície Fluvial. Para a representação do modelado da bacia, inicialmente foi elaborado o mapa de declividade (mapa 04).

Para a construção do mapa de declividade, foi preciso estabelecer as classes de declividade predominantes na área. As classes foram adaptadas da metodologia de Ross (1992), conforme mostra o quadro 15:

Quadro 15 - Classes de Declividade da bacia

Classes	Intervalos de declividade (%)	Características do relevo	Fragilidade do relevo
A	< 5 %	Plano e suave	Muito Fraca
B	5 -10%	Suave ondulado	Fraca
C	10 a 25%	Ondulado	Média
D	25 a 30%	Forte ondulado	Forte
E	30 a 45%	Montanhoso/escarpado	Muito Forte

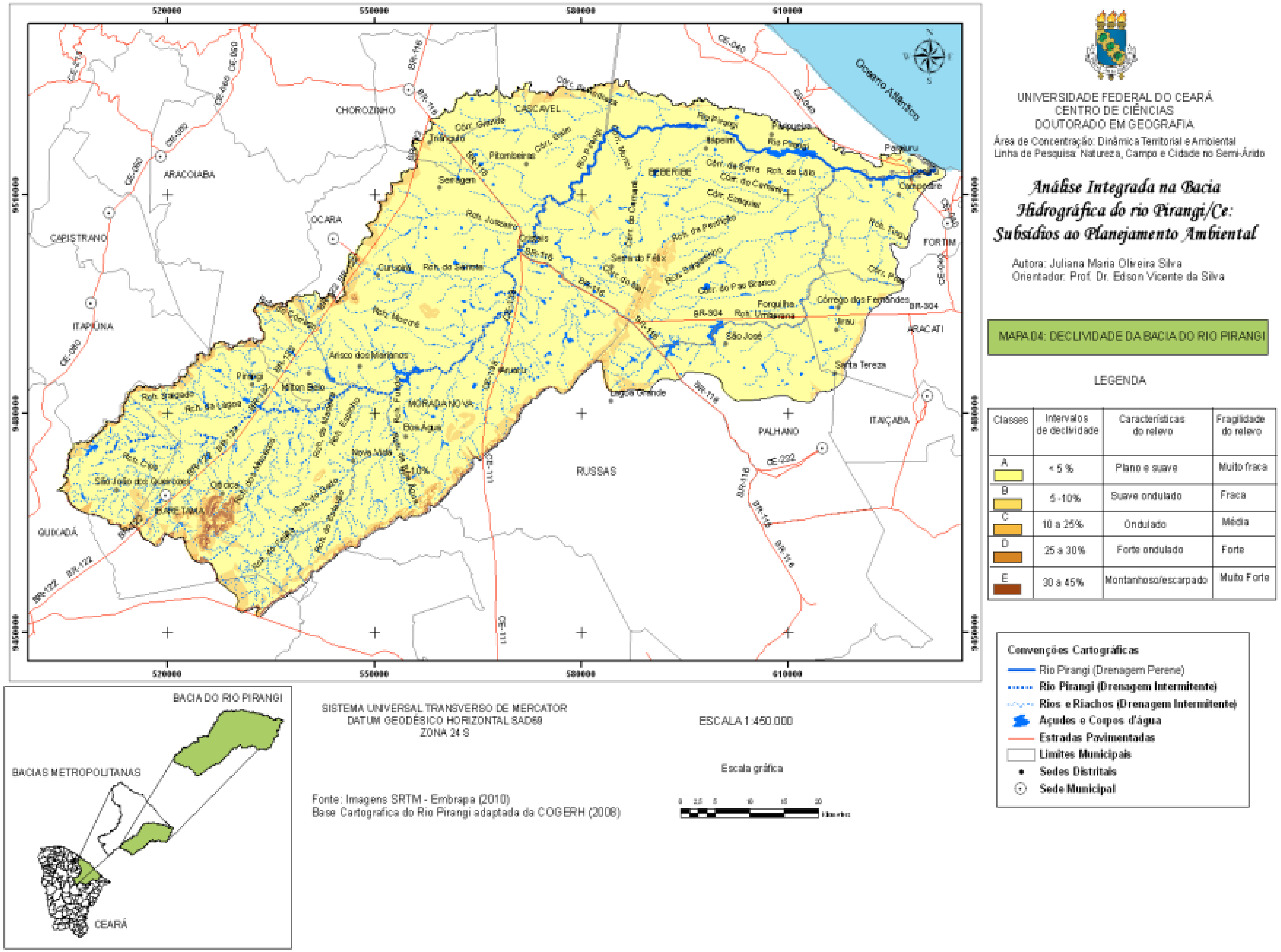
Fonte - Adaptado de Ross (1992)

Através da análise do relevo pode-se perceber que a área da bacia possui um modelado plano com altitudes que vão de 0 a 300m, mas a maior parte da bacia encontra-se em altitudes de até 200 metros e nas áreas das serras entre 250-300 metros.

A determinação do mapa de declividade são formas de representação do relevo, pois conforme Queiroz (2010) indicam a inclinação das vertentes e aspectos relativos à dissecação do relevo. Através destas variáveis é possível analisar o uso que lhe é atribuído e até mesmo planejar sua ocupação. Segundo Santos (2004):

> A declividade é avaliada em planejamento com o objetivo de observar as inclinações de um terreno em relação a um eixo horizontal. Esse tema permite inferir informações como formas de paisagem, erosão, potencialidades para uso agrícola, restrições para ocupação urbana, manejos e práticas conservacionistas. (SANTOS, 2004: 83).

A área não possui declividades elevadas que impossibilitem as atividades de uso do solo. A maior parte da área se encontra entre a declividade de 0 a 5%. Na borda da bacia a declividade assume um valor maior que 5%, nas cristas é que a declividade fica em torno de 10 a 30% (na serra Azul), entre 10 e 25% na serra do Félix e na do Palhano (10 a 25%)


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido
Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi/Ce: Subsídios ao Planejamento Ambiental
Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
MAPA 04: DECLIVIDADE DA BACIA DO RIO PIRANGI
LEGENDA
Classes | Intervalos de declividade | Características do relevo | Fragilidade do relevo
A | < 5 % | Plano e suave | Muito fraca
B | 5 -10% | Suave ondulado | Fraca
C | 10 a 25% | Ondulado | Média
D | 25 a 30% | Forte ondulado | Forte
E | 30 a 45% | Montanhoso/escarpado | Muito Forte
Convenções Cartográficas
Rio Pirangi (Drenagem Perene)
Rio Pirangi (Drenagem Intermitente)
Rios e Riachos (Drenagem Intermitente)
Açudes e Corpos d'água
Estradas Pavimentadas
Limites Municipais
Sedes Distritais
Sede Municipal
Oceano Atlântico
CHOROZINHO
CASCAVEL
ARACOIABA
OCARA
CAPISTRANO
ITAPIÚNA
QUIXADÁ
RUSSAS
PALHANO
ITAIÇABA
ARACATI
FORTIM
BEBERIBE
MORADA NOVA
SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24 S
ESCALA 1:450.000
Escala gráfica
Fonte: Imagens SRTM - Embrapa (2010)
Base Cartografica do Rio Pirangi adaptada da COGERH (2008)
BACIA DO RIO PIRANGI
BACIAS METROPOLITANAS
CEARÁ

A caracterização das classes são baseadas em Queiroz (2010): A classe A*:* 0 até 5%- (relevo plano e suave)- é formada por áreas planas ou quase planas, onde o escoamento superficial é bastante lento. A declividade do terreno não oferece restrição ao uso, não havendo erosão hídrica significativa. A classe B**:** 5 a 10%- (relevo suave ondulado)- abrange áreas com declives suaves, nos quais, na maior parte dos solos o escoamento superficial é lento ou médio. A classe C: 10 a 25% (relevo ondulado)- são áreas onde o relevo é ligeiramente inclinado, nos quais o escoamento superficial para a maior parte dos solos é médio ou rápido. A classe D: 25 a 30% (relevo forte ondulado) abrange áreas bastante inclinadas, onde o escoamento superficial é muito rápido em boa parte dos solos. A classe **E**: 30 a 45%,(relevo montanhoso) representa as áreas com altas suscetibilidades à erosão, não sendo recomendadas para o uso agrícola. A classificação taxonômica proposta para a bacia está baseada no mapeamento geomorfológico proposto por Ross (1992) e foi elaborado a partir da identificação de elementos do modelado presentes na bacia dividida em 3 táxons. O 1º táxon com duas Morfoestruturas, o 2º com três Morfoesculturas e o 3º com as Unidades Morfológicas representadas por 07 unidades de relevo. Segundo Ross (1992) as unidades morfoestruturais são organizadas de acordo com a causa dos fatos geomorfológicos derivados de aspectos amplos da geologia como os estruturais. As morfoesculturas representam os compartimentos e subcompartimentos do relevo (ou regiões) pertencentes a uma determinada morfoestrutura. As Unidades Morfológicas ou padrões de formas semelhantes contidos nas unidades morfoesculturais, correspondem às manchas de menor extensão territorial, definidas por um conjunto de formas de relevos, que guardam em si elevado grau de semelhança de tamanho e aspecto fisionômico. Estas apresentam diferentes intensidades de dissecação ou rugosidade topográfica, por influência de canais de drenagem temporários e perenes. Estas unidades morfológicas podem ser, segundo sua natureza genética, de dois tipos: Formas de Denudação e/ou Agradação. O primeiro táxon da área em estudo é formado por dois domínios morfoestruturais classificados por Souza (1988, 2000) para o Estado do Ceará: O Domínio dos Escudos e Maciços Antigos: Planaltos Residuais e Depressões Sertanejas e Domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozóicos: Planícies e Terraços Fluviais; as Formas Litorâneas e Tabuleiros.

O primeiro domínio morfoestrutural é caracterizado por Souza (2000) como sendo o domínio de maior abrangência espacial do Ceará ocupando um pouco

mais de 2/3 de seu território. A maior parte da área é composta de litologias datadas do Pré-Cambriano. As formas de relevo que o integram exibem reflexos de eventos tectônico-estruturais remotos. Este domínio ocupa uma parcela significativa da bacia. Nesta morfoestrutura, encontra-se o alto e médio curso da bacia do rio, desde a nascente em Quixadá até o seu médio curso nos sertões Ocara e Morada Nova.

O segundo domínio morfoestrutural é constituído pelas exposições tércio-quaternárias da Formação Barreiras e pela ocorrência sub-atuais das paleodunas, colúvios, sedimentos de praia e aluviões. A bacia está compartimentada sobre este domínio no baixo curso do rio, abrangendo os tabuleiros costeiros e a planície costeira dos municípios de Beberibe e Fortim. O segundo táxon refere-se às Unidades Morfoesculturais, dividido em três grupos, e às Unidades Morfológicas, divididas em sete unidades de relevo, conforme o quadro 16. O Mapa 05 ilustra as formas geomorfológicas presentes na bacia.

Quadro 16 - Síntese das unidades de relevo presente na área de estudo

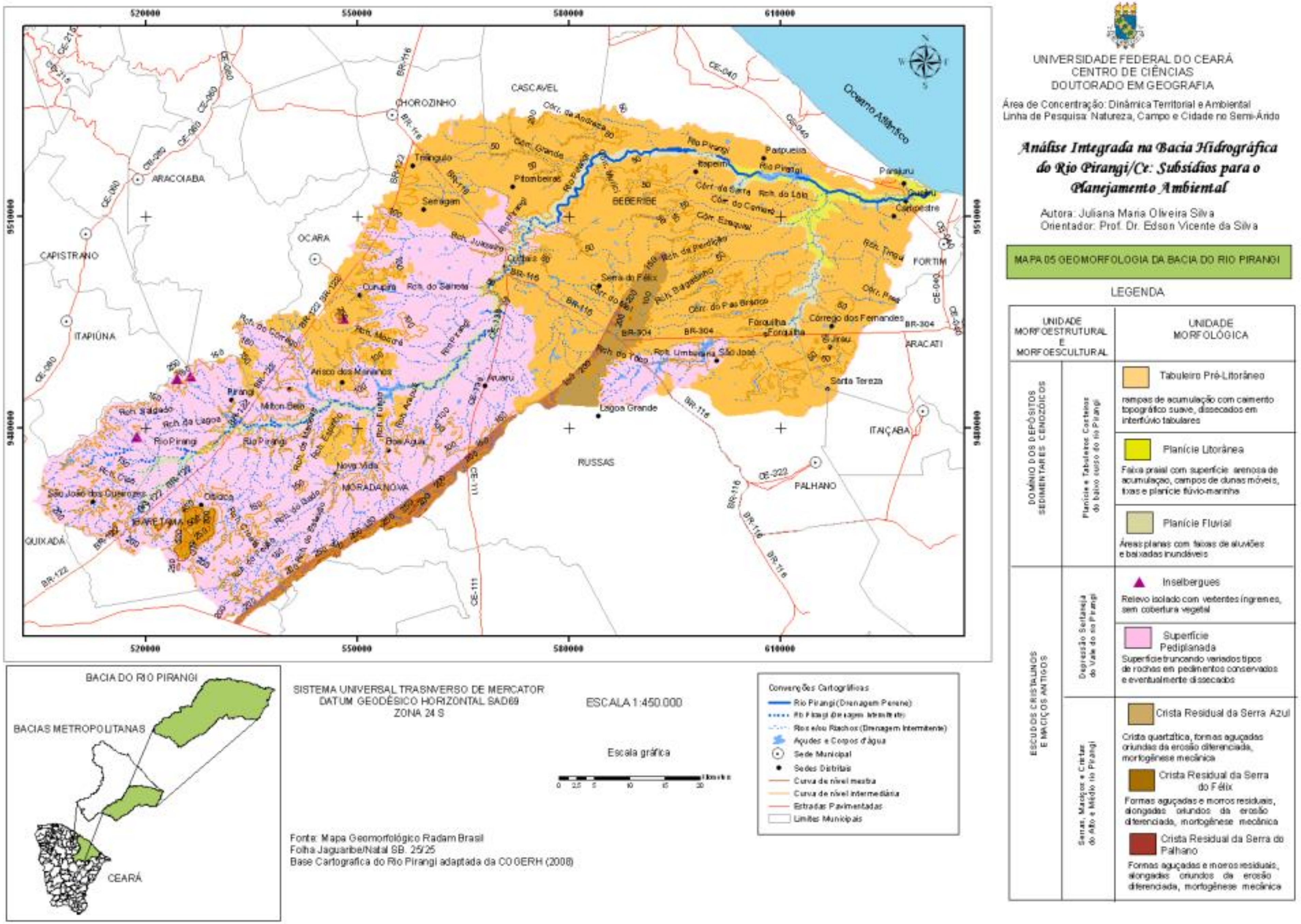
UNIDADES MORFOESTRUTURAIS	UNIDADES MORFOESCULTURAIS	UNIDADES MORFOLÓGICAS	PADRÃO DOMINANTE
DEPÓSITOS SEDIMENTARES CENOZÓICOS	Planície e Tabuleiros Costeiros do baixo curso do rio Pirangi	Planície Litorânea	Ad, Apfm, Adf
		Planície Fluvial	Apf
		Tabuleiro Pré-Litorâneo	Dp
ESCUDOS CRISTALINOS E CRISTAS RESIDUAIS E AGRUPAMENTO DE INSELBERGUES	Depressão Sertaneja do Vale do rio Pirangi	Superfície Pediplanada	Dp
		Inselbergues	Dv
	Cristas e Maciços do Alto rio Pirangi	Crista da Serra Azul	Da
	Cristas e Maciços do Médio rio Pirangi	Crista da Serra do Félix e Serra do Palhano	Da

Fonte: Adaptado de ROSS (1992)

ONDE:

FORMAS DE DENUDAÇÃO
D – Denudação (erosão)
Da – Formas com topos aguçados
Dp – Formas de superfícies planas
Dv – Formas de vertentes

FORMAS DE AGRADAÇÃO
A – Acumulação
Apf – Formas de planície fluvial
Apm – Formas de planície marinha
Apl – Formas de planície lacustre
Ad – Formas de campos de dunas


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido
Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi/Ce: Subsídios para o Planejamento Ambiental
Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
MAPA 05 GEOMORFOLOGIA DA BACIA DO RIO PIRANGI
LEGENDA
UNIDADE MORFOESTRUTURAL E MORFOESCULTURAL
UNIDADE MORFOLÓGICA
DOMÍNIO DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES CENOZÓICOS
Planície e Tabuleiros Costeiros do baixo curso do rio Pirangi
Tabuleiro Pré-Litorâneo
rampas de acumulação com caimento topográfico suave, dissecados em interflúvio tabulares
Planície Litorânea
Faixa praial com superfície arenosa de acumulação, campos de dunas móveis, fixas e planície flúvio-marinha
Planície Fluvial
Áreas planas com faixas de aluviões e baixadas inundáveis
ESCUDOS CRISTALINOS E MACIÇOS ANTIGOS
Depressão Sertaneja do Vale do rio Pirangi
Inselbergues
Relevo isolado com vertentes íngremes, sem cobertura vegetal
Superfície Pediplanada
Superfície truncando variados tipos de rochas em pedimentos conservados e eventualmente dissecados
Serras, Maciços e Cristas do Alto e Médio rio Pirangi
Crista Residual da Serra Azul
Crista quartzítica, formas aguçadas oriundas da erosão diferenciada, morfogênese mecânica
Crista Residual da Serra do Félix
Formas aguçadas e morros residuais, alongadas oriundos da erosão diferenciada, morfogênese mecânica
Crista Residual da Serra do Palhano
Formas aguçadas e morros residuais, alongadas oriundos da erosão diferenciada, morfogênese mecânica
SISTEMA UNIVERSAL TRASNVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24 S
ESCALA 1:450.000
Escala gráfica
Convenções Cartográficas
Rio Pirangi (Drenagem Perene)
Rios e/ou Riachos (Drenagem Intermitente)
Açudes e Corpos d'água
Sede Municipal
Sedes Distritais
Curva de nível mestra
Curva de nível intermediária
Estradas Pavimentadas
Limites Municipais
Fonte: Mapa Geomorfológico Radam Brasil
Folha Jaguaribe/Natal SB. 25/25
Base Cartografica do Rio Pirangi adaptada da COGERH (2008)
BACIA DO RIO PIRANGI
BACIAS METROPOLITANAS
CEARÁ
Oceano Atlântico
CASCAVEL
CHOROZINHO
ARACOIABA
CAPISTRANO
ITAPIÚNA
OCARA
QUIXADÁ
BEBERIBE
FORTIM
ARACATI
ITAIÇABA
RUSSAS
PALHANO
MORADA NOVA
520000
550000
580000
610000
9510000
9480000

No baixo curso do rio Pirangi as duas grandes unidades de relevo são a Planície Litorânea e Tabuleiros Litorâneos.

Na planície litorânea observam-se formas de acumulação (faixa de praia/pós-praia, dunas e planície flúvio-marinha), com um modelado predominantemente plano a suave ondulado, com altitudes que não ultrapassam 50 metros. Nas dunas, encontram-se depósitos de origem marinha e continental remodelados pelos ventos. A planície flúvio-marinha é uma área plana resultante da ação de acumulação fluvial e marinha, sujeita a inundações periódicas, com vegetação de mangue. Devido a escala do mapa não foi possível cartografar as sub-unidades da planície litorânea (faixa de praia, dunas, planície flúvio-marinha). No capítulo seguinte, destacam-se as unidades geoambientais do baixo curso, onde foi possível observar as formas mencionadas. A planície litorânea tem uma área de 75,86 km^2, o que corresponde territorialmente a 1,76% da bacia de estudo.

Na planície litorânea de Parajuru foram encontradas evidências de variações relativas do nível do mar (figuras 04 e 05) e processos dinâmicos associados, representadas por uma sequência de terraços marinhos e flúvio-marinhos, depósitos de paleomangues que atualmente localizam-se ao longo da zona de estirâncio.

Figura 04 - Faixa de praia com depósitos de paleomangues – Praia de Parajuru (2010)

Fonte: Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 05 - Desembocadura do rio Pirangi com depósitos de paleomangues – Praia de Parajuru (2010)

Fonte: Juliana Maria Oliveira Silva

Os terraços flúvio-marinhos encontram-se associados às margens do rio Pirangi e representam uma unidade morfológica onde as oscilações de maré atuam como principal agente modelador. Evidenciam associações com processos transgressivos quando ocorrem em áreas mais afastadas do canal estuarino, em contato com sedimentos da Formação Barreiras.

O ambiente lagunar ocorre no centro da planície e relaciona-se diretamente com pequenos riachos originados em exutório das dunas fixas e interligados com a zona de estirâncio.

Os tabuleiros pré-litorâneos da área de estudo estão presentes após os campos de dunas. Tem altitudes que variam normalmente entre 30 e 50 metros, possuindo um modelado plano e com declividade menor que 5%. Ocupam 1963,04 km^2 da bacia, correspondendo a 45% da área de estudo. Importante destacar é que as duas unidades geomorfológicas dos Tabuleiros e da Depressão Sertaneja ocupam a maior parte da bacia, tendo importância para os processos geodinâmicos na área.

A planície fluvial é a única unidade morfológica que está presente nos dois domínios morfoestruturais, tendo o seu início na depressão sertaneja até os tabuleiros pré-litorâneos. É uma área plana resultante da acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, não apresentando altitudes superiores a 100m. Segundo Souza (2000), as planícies fluviais constituem, em geral, áreas de diferenciação regional nos sertões semi-áridos, por abrigarem melhores condições de solos e de disponibilidade hídrica. Esta unidade ocupa uma área de 234,71 km^2, cerca de 5,37% da bacia.

A depressão sertaneja ocupa os municípios de Quixadá, Morada Nova até os sertões de Ocara, Cascavel e Beberibe com níveis altimétricos inferiores a 300 metros. Possui uma topografia plana a suave ondulada e declividade até 5%. Ocupam 1976,93 km^2 com 45% da bacia, dividindo com o tabuleiro litorâneo a posição de maior destaque, juntas estas unidades ocupam 90% da área de estudo.

A depressão sertaneja é submetida na maior parte do ano às deficiências hídricas de ordem climática. É uma unidade alongada que acompanha todo o traçado do rio Pirangi e de seus tributários. A unidade morfológica pediplanada é uma superfície plana elaborada pelos processos de pediplanação, ocorrendo em diversos tipos de litologias. Em meio a depressão, surgem os inselbergues (figura 06) em Quixadá, que segundo Ab'Saber (2003) são relevos residuais que resistiram

aos antigos processos desnudacionais, responsáveis pelas superfícies aplanadas dos sertões, ocorridos do fim do Terciário ao início do Quaternário. Outra forma geomorfológica presente são os serrotes (figura 07), destaca-se entre eles o serrote Curupira no distrito de Curupira em Ocara.

Figura 06 - Inselbergues em Quixadá (2010)

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 07 - Serrote Curupira em Ocara

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

As cristas residuais da área de estudo são representadas pela Serra Azul e pelo alinhamento de cristas formando a serra do Félix e a do Palhano. Estas pequenas elevações possuem condições ambientais que se assemelham mais com as características físicas das superfícies rebaixadas do sertão, sendo então consideradas serras secas. Segundo Souza (2000) as cristas expõem-se isoladas e alongadas resultados da erosão diferencial. Posicionam-se como níveis intermediários entre os planaltos elevados – cristalinos e sedimentares e as depressões sertanejas.

As unidades morfológicas do alto rio Pirangi estão representadas pela crista da serra Azul (área de 35,67km^2 e 0,81% da área da bacia), possui altitudes de 200m a 350 m, com declividades de 30 a 45%.

A crista que forma as serras do Félix e do Palhano (área de 184,84 km2 e 5,94% da área da bacia) representa a outra unidade morfológica que está presente na morfoescultura das Cristas Residuais do Médio Pirangi, possuindo altitudes modestas entre 150m e 200m e declividade de 20 – 30%. O quadro 17 resume as informações geológicas-geomorfológicas da área de estudo. As figuras 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 demonstram algumas formas de relevo da bacia.

Figura 08 - Serra Azul no distrito de Oiticica, em Ibaretama.

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 09 - Rio Pirangi na depressão sertaneja, no município de Quixadá.

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 10 - Serra do Palhano no distrito de Aruaru, em Morada Nova

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 11: Afloramentos rochosos no município de Ocara.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 12- Rio Pirangi nos tabuleiros costeiros de Beberibe (2010).

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 13 - Área de várzea no município de Beberibe.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 14: Serra do Félix no distrito de mesmo nome, no município de Beberibe.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 15: Aspectos da planície flúvio-marinha na praia de Parajuru, no município de Beberibe

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Quadro 17: Síntese da compartimentação geológica-geomorfológica da bacia

GEOLOGIA				GEOMORFOLOGIA					
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	**Área (km²**	**(%)**	**PERÍODO**	**DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL**	**UNIDADES MORFOLÓGICAS**	**Área (km²**	**(%)**	**DECLIVIDADE**	**CLASSIFICAÇÃO DAS FORMAS**
Depósitos Litorâneos	75,86	1,73	Holoceno (1,75 Ma)	DOMÍNIO DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES CENOZÓICOS	Faixa de praia, Pós-praia, Campos de dunas móveis e fixas e planície flúvio-marinha	75,86	1,76	0 – 3%	Formas de acumulação
Aluviões	234,71	5,32	Holoceno (1, 75 Ma		Planície fluvial	234,71	5,37	0 – 3%	Formas de acumulação
Formação Barreiras	1963,04	45	Tércio-Quaternário (23,5 Ma)		Tabuleiros Litorâneos	1963,93	45	0 – 5%	Formas dissecadas com fraco entalhe de drenagem

Fonte: Organização própria, adaptado da CPRM (2003) e Radam Brasil (1985).

Quadro 17: Síntese da compartimentação geológica-geomorfológica da bacia

GEOLOGIA				GEOMORFOLOGIA					
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	**Área (km²**	**(%)**	**PERÍODO**	**DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL**	**UNIDADES MORFOLÓGICAS**	**Área (km²**	**(%)**	**DECLIVIDADE**	**CLASSIFICAÇÃO DAS FORMAS**
Granitóides Diversos	35,67	0,81	Criogeniano (850 Ma)	DOMÍNIOS DOS MACICOS, CRISTAS E ESCUDOS CRISTALINOS.	Serra Azul	35,67	0,81	30 – 45%	Formas residuais dissecadas
Unidade Mombaça	166,49	3,81							
Formação Santarém	142,86	3,27	Estateriano (1,8 – 1,6 Ga)		Serra do Félix e Palhano	184,84	5,94	30 – 45%	Formas residuais dissecadas
Unidade Canindé	718,63	16,45	Riaciano (2,5 – 2,0 Ga)		Depressão Sertaneja (sertões de Quixadá, Aracoiaba, Ocara, Ibaretama e Morada Nova)	1976,93	45	3 – 20%	Formas deprimidas com superfícies erosivas planas e/ou ligeiramente dissecadas
Unidade Acopiara	585,64	13,40							
Unidade Jaguaretama	97,91	2,24							
Unidade Algodões	68,12	1,55							
					Inselbergues / serrotes	----	----	20-30%	Formas residuais dissecadas

Fonte: Organização própria, adaptado da CPRM (2003) e Radam Brasil (1985).

Conforme o quadro acima, a bacia hidrográfica do rio Pirangi apresenta uma variação geológica e geomorfológica e isto confere uma diferenciação na paisagem que vai desde o alto curso da bacia até o baixo curso. Por isso, os dados geológico-geomorfológicos são essenciais em projetos de planejamento, porque influenciam na compreensão da evolução dos processos morfogenéticos que atuaram na bacia e que influenciaram nos seus aspectos hidrológicos.

Destaca-se também o papel da água na esculturação do relevo. Segundo Lorandi e Cançado (2008), dentre as múltiplas funções da água, destaca-se seu papel como agente modelador e transformador do relevo da superfície terrestre no que tange ao controle e ao comportamento mecânico das camadas de solos e rochas. O rio Pirangi ao longo do seu percurso é possível identificar as formas resultantes de sua ação no relevo. O relevo é uma das principais informações para o estabelecimento de propostas de uso nas bacias, sendo base para a delimitação das unidades geoambientais e para o zoneamento.

2.1.2 Aspectos Pedológicos

O solo em planejamento ambiental é o principal recurso natural para a utilização agrícola. O mau uso deste recurso pode acelerar o processo erosivo e com o tempo o tornar degradado. As características físicas do solo podem indicar suas potencialidades e fragilidades quanto à sua utilização para as atividades humanas e os desgastes naturais que este possa a ter com o tempo.

Os solos ocupam uma posição de destaque porque é o resultado da ação conjunta de vários fatores ambientais como a geologia, o clima, relevo. A influência da geologia (material de origem) nos solos é importante ao oferecer condições de se predizer características e propriedades dos solos formados, considerando os fatores de formação que atuam no processo pedogenético (SANTOS, 2004).

A classificação e caracterização das classes de solos da bacia estão baseadas em estudos pedológicos para o Ceará, publicados por Pereira e Silva (2005) e Cogerh (2001). As classes de solos encontram-se descritas a seguir, convertidas para o novo Sistema de Classificação de Solos, segundo EMBRAPA (1999). São encontradas nesse setor as seguintes Associações de solo da bacia: Argissolos Vermelho Amarelo Eutrófico e Distrófico, Planossolo Solódico, Vertissolo, Gleyssolos, Neossolos Litólicos, Luvissolos, Neossolos Fluvicos, Planossolo Nátrico e os Neossolos Quartzarênicos.

Os Argissolos Vermelho Amarelo Eutróficos com área de 147,37 km², correspondendo a 33,74% área da bacia, apresentam perfis profundos com sequência de horizontes A, Bt e C, textura média e argilosa, sendo que o horizonte Bt possui elevados teores de argila, e o horizonte A é mais arenoso, possui média a alta saturação de bases e baixa saturação com alumínio. São solos moderadamente ou bem arenosos, excetuando-se os solos rasos que exibem drenagem moderada/imperfeita.

Quimicamente são solos ácidos a moderadamente ácidos, e podem apresentar baixa ou alta fertilidade natural, sendo assim distróficos (desprovidos de reservas de nutrientes), ou eutróficos (quando possuem melhores condições de fertilidade) (PEREIRA e SILVA, 2005).

Estes solos possuem média a alta fertilidade natural, apresentando em determinadas áreas, regular quantidade de minerais primários facilmente decompostos, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas, prestando-se para culturas de ciclo ou adaptadas às condições climáticas.

Os Argissolos Vermelho Amarelo Distrófico distribuem-se na área pré-litorânea, em relevo plano a suave ondulado, são profundos ou medianamente profundos, geralmente bem drenados, ácidos, porosos e de textura variando de média a argilosa. A coloração é muito variada, indo de tonalidades vermelho-amareladas até bruno-acinzentadas. Ocupam uma área em torno de 110,60 km², cerca de 2,63% da área de estudo.

Os Planossolos Solódico estão desenvolvidos nos relevos plano da superfície pediplanada, estando desenvolvidos sobre os litotipos da sequência gnáissica-migmatítica, estando associados frequentemente a solos halomórficos (Planossolo Nátrico) e Litólicos Eutróficos.

São moderadamente ácidos e praticamente neutros, bastante susceptíveis a erosão, imperfeitamente drenados e de baixa permeabilidade, sofrendo encharcamento durante os períodos chuvosos e fendilhamento nas épocas secas. As cores variam de bruno-acizentado a bruno escuro, mostrando também mosqueado e/ou cores de redução devido a drenagem imperfeita. Apresentam elevados teores de sódio nos horizontes subsuperficiais (PEREIRA e SILVA, 2005).

As características físicas e químicas desfavoráveis, além da deficiência de água, levam estes solos a apresentarem fortes limitações para o uso agrícola, sendo, contudo aproveitados para uso na pecuária e pastagem. Estes solos possuem uma área de 542,83 km^2, equivalendo a 12,42% da bacia.

Vertissolos compreende solos AC, argilosos a muito argilosos, com alto teor de argila, que provoca expansões e contrações da massa de solo. Os vertissolos ocupam 5,28 km^2 cerca de 1,20% da bacia.

Quimicamente possuem solos de elevada fertilidade natural (eutróficos), e de PH de neutro a alcalino. Apesar das condições físicas desfavoráveis tem grande potencial agrícola, sendo usados com culturas de subsistência (PEREIRA E SILVA, 2005).

Os Gleyssolos **c**ompreendem solos halomórficos, alagados, sob influência das marés e com vegetação de mangue. São solos gleyzados, não ou muito pouco desenvolvidos, mal drenados, com alto conteúdo de sais devido a presença do mar e de compostos de enxofre. Não possuem diferenciação de horizontes, apresentam textura variável desde a argila até a areia. Estes solos ocupam 66 km² e 1,51% de área na bacia.

Quimicamente possuem teores muito elevados de sais, seja por excesso de sódio e/ou composto de enxofre que comprometem a sua fertilidade, tornando-os impróprios para o cultivo (PEREIRA e SILVA, 2005).

Os Luvissolos são solos rasos ou moderadamente profundos, de alta fertilidade natural, moderado a imperfeitamente drenados, ácidos a praticamente neutros e com grande quantidade de minerais primários no perfil (COGERH, 2001). Possuem uma área de 34,94 km^2 ocupando 0,79% da bacia de estudo. Apresentam uma pedregosidade superficial, com argila de atividade alta, saturação por base alta e horizonte B textural ou B nítico imediatamente abaixo de horizonte A fraco, ou moderado, ou horizonte E.

Nas épocas secas podem apresentar fendilhamento devido à presença de argila do tipo montmorilonita, que tem a propriedade de contrair-se nestes períodos e expandir-se nas épocas úmidas. Possuem boa capacidade de uso para pecuária, lavoura de ciclo curto e pastagem, tendo, porém limitações pela forte deficiência de água, pouca profundidade, presença de pedrogosidade e suscetibilidade à erosão (PEREIRA e SILVA, 2005).

Solos de fraca evolução pedológica, os Neossolos Litólicos são rasos com profundidade inferiores a 50 cm, textura arenosa ou média cascalhenta, drenagem de moderada a acentuada. Apresentam um horizonte A diretamente sobre a rocha, possui pedregosidade na superfície. Estes solos ocupam uma área de 126,85 km^2, o que equivale a 2,90% da bacia.

Quimicamente podem ser de alta ou baixa fertilidade natural (eutróficos ou distróficos), com reação variando de fortemente ácido a praticamente neutro. Apresentam fortes limitações ao uso agrícola devido a vários fatores, como alta susceptibilidade à erosão, pedregosidade, rochosidade, pouca profundidade, falta d'água (PEREIRA e SILVA, 2005).

Este tipo de solo apresenta uma área de 234,71 km^2, ocupando 5,37% da bacia, os Neossolos Flúvicos ocorrem nas áreas rebaixadas da planície fluvial e nas pequenas planícies alveolares. São imperfeitamente ou moderadamente drenados, com textura variável – textura indiscriminada apresentando alta fertilidade natural. Tem ph variando de moderadamente ácido a moderadamente alcalino. Constituem, de modo geral, solos com grande potencial agrícola, pois possui fertilidade natural, tem boas reservas de minerais primários.

Os Planossolo Nátrico são solos halomórficos com horizonte B solonétzico ou nátrico, alto teor de sódio nos horizontes subsuperficiais. São solos rasos a pouco profundos, imperfeitamente a mal drenados e bastantes susceptíveis à erosão. Situam-se em áreas de relevo plano que acompanham os principais eixos de drenagem da bacia do Pirangi, com uma área de 664,48 km^2 correspondendo a 15,21% da bacia de estudo.

Quimicamente apresentam reação moderada a ligeiramente ácida no horizonte A e neutra a alcalina nos horizontes subsuperficiais, os quais apresentam, também, elevados valores para somas de bases trocáveis, saturação de bases e saturação com sódio trocável, principalmente no horizonte C (PEREIRA E SILVA, 2005).

Os Neossolos Quartzarênicos compreendem solos arenosos AC, essencialmente quartzosos, muito profundos, excessivamente drenados, forte a moderadamente ácidos e de baixa a muito baixa fertilidade natural. Para Pereira e Silva (2005), estes solos são originados a partir de sedimentos arenosos da Formação Barreiras (tercio-quaternário), ou arenitos referidos ao Cretáceo e Soluriano- Devoniano. Neste setor da bacia ocupam 1242,35 km^2, correspondendo a 28,44% da bacia. Estão presentes na planície litorânea de Parajuru na foz do rio e nos tabuleiros sendo constituído de sedimentos arenosos. São solos minerais, hidromórficos ou não, essencialmente quartzozas. Os solos são drenados com horizontes A-C, pouco desenvolvidos e distróficos (baixa fertilidade natural), e ph de 4,5 a 5,5, de forte a pouco ácidos.

Estes solos não são indicados para as atividades agrícolas por causa de sua baixa fertilidade natural, porém observam-se neles cultivos de agricultura de subsistência em alguns setores de dunas fixas, pois estas apresentam uma maior atividade biológica, propiciando a agricultura. Por serem solos arenosos, as principais espécies que se adaptam nestes solos são o cajueiro e o coqueiro.

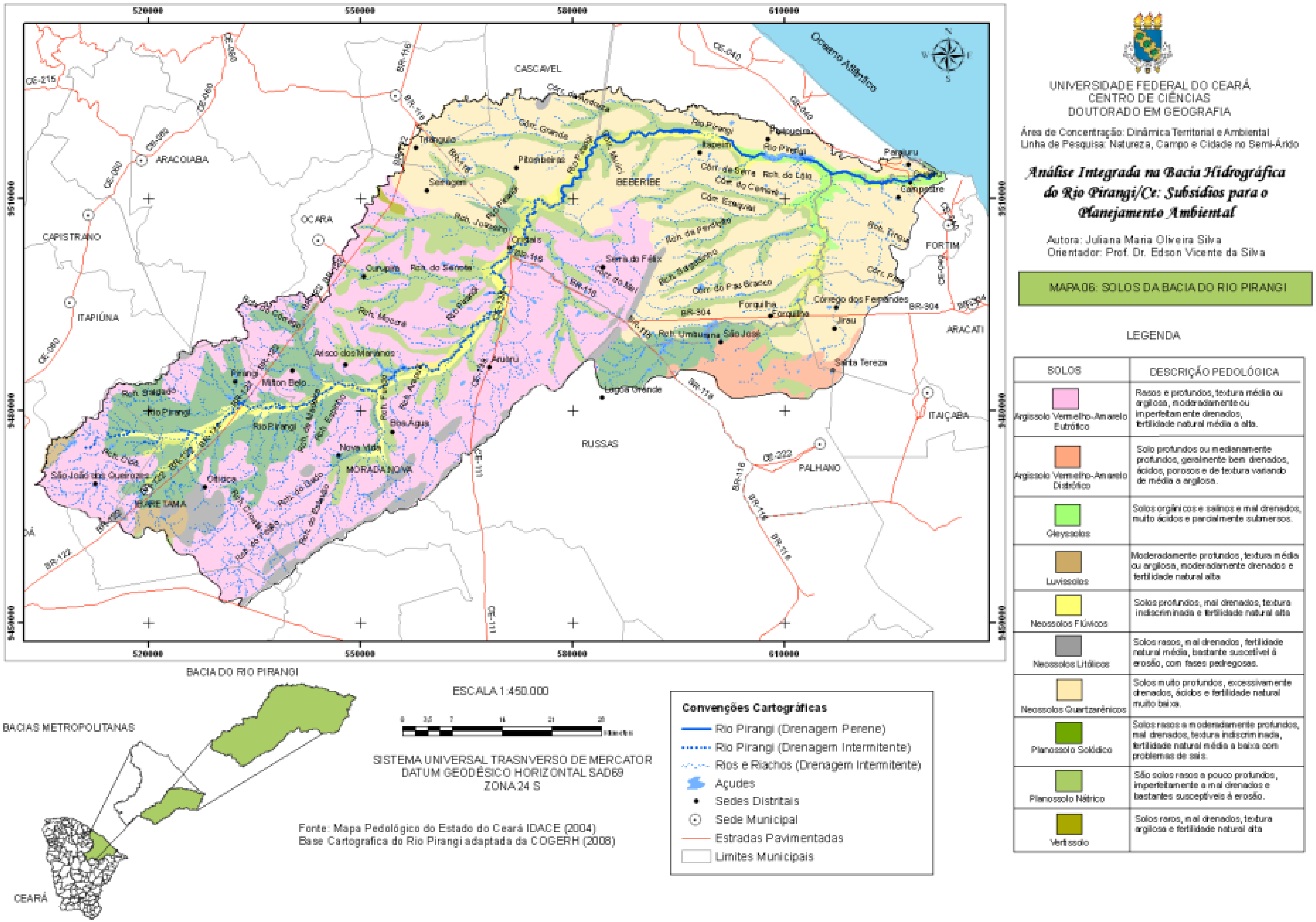
Na área de estudo, as areias quartzozas estão presentes na faixa de praia, dunas móveis e fixas, nas margens das planícies flúvio-lacustre da lagoa do Campestre. O quadro 18 relaciona as unidades geomorfológicas com as principais classes de solos encontrados nesse setor da bacia.

Quadro 18: Tipos de solos, unidade geomorfológica e características naturais

ASSOCIAÇÕES DE SOLOS	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS DOMINANTES	LIMITAÇÕES DE USO
Neossolos Quartzarênicos	Planície litorânea, Tabuleiros costeiros	Solos muito profundos, excessivamente drenados, ácidos e fertilidade natural muito baixa.	Acidez excessiva, baixa fertilidade natural, suscetibilidade a erosão, baixa retenção de umidade.
Neossolos Flúvicos	Planície Fluvial	Solos profundos, mal drenados, textura indiscriminada e fertilidade natural muito baixa	Drenagem imperfeita riscos de inundações altos teores de sódio, suscetibilidade a erosão.
Neossolos Litólicos	Depressões sertanejas e cristas residuais	Solos rasos, mal drenados, fertilidade natural média, bastante suscetível à erosão, com fases pedregosas.	Pouca profundidade, pedregosidade, relevo acidentado, alta suscetibilidade a erosão.
Argissolos Vermelho-Amarelos	Cristas residuais, tabuleiros pré-litorâneos e depressões sertanejas	Rasos e profundos, textura média ou argilosa, moderadamente ou imperfeitamente drenados, fertilidade natural média a alta.	Relevo fortemente dissecado, drenagem imperfeita, pouca profundidade, impedimento à mecanização.
Planossolos Solonetz Solodizado	Planície fluvial e níveis rebaixados das depressões sertanejas semi-áridas	Solos rasos a moderadamente profundos, mal drenados, textura indiscriminada, fertilidade natural média a baixa com problemas de sais.	Deficiência ou excesso de água, altos teores de sódio, suscetibilidade à erosão.
Luvissolos	Depressões sertanejas fraca a moderadamente dissecadas	Moderadamente profundos, textura média ou argilosa, moderadamente drenados e fertilidade natural alta	Pouca profundidade, suscetibilidade à erosão, pedregosidade, impedimento a mecanização
Gleissolos	Planícies fluviomarinhas	Solos orgânicos e salinos e mal drenados, muito ácidos e parcialmente submersos.	Excesso de água, salinização, drenagem imperfeita, ambiente suscetível à inundações.

Fonte: Souza (2000)

O mapa 06 destaca as principais classes de solo encontradas nesse setor da bacia.


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido
Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi/Ce: Subsídios para o Planejamento Ambiental
Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
MAPA 06: SOLOS DA BACIA DO RIO PIRANGI
LEGENDA
SOLOS
DESCRIÇÃO PEDOLÓGICA
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico
Rasos e profundos, textura média ou argilosa, moderadamente ou imperfeitamente drenados, fertilidade natural média a alta.
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico
Solo profundos ou medianamente profundos, geralmente bem drenados, ácidos, porosos e de textura variando de média a argilosa.
Gleyssolos
Solos orgânicos e salinos e mal drenados, muito ácidos e parcialmente submersos.
Luvissolos
Moderadamente profundos, textura média ou argilosa, moderadamente drenados e fertilidade natural alta
Neossolos Flúvicos
Solos profundos, mal drenados, textura indiscriminada e fertilidade natural alta
Neossolos Litólicos
Solos rasos, mal drenados, fertilidade natural média, bastante suscetível à erosão, com fases pedregosas.
Neossolos Quartzarênicos
Solos muito profundos, excessivamente drenados, ácidos e fertilidade natural muito baixa.
Planossolo Solódico
Solos rasos a moderadamente profundos, mal drenados, textura indiscriminada, fertilidade natural média a baixa com problemas de sais.
Planossolo Nátrico
São solos rasos a pouco profundos, imperfeitamente a mal drenados e bastantes susceptíveis à erosão.
Vertissolo
Solos raros, mal drenados, textura argilosa e fertilidade natural alta
Oceano Atlântico
CASCAVEL
BEBERIBE
ARACOIABA
OCARA
CAPISTRANO
ITAPIÚNA
RUSSAS
PALHANO
FORTIM
ARACATI
ITAIÇABA
MORADA NOVA
IBARETAMA
520000
550000
580000
610000
9510000
9480000
9450000
BACIA DO RIO PIRANGI
BACIAS METROPOLITANAS
CEARÁ
ESCALA 1:450.000
SISTEMA UNIVERSAL TRASNVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24 S
Fonte: Mapa Pedológico do Estado do Ceará IDACE (2004)
Base Cartografica do Rio Pirangi adaptada da COGERH (2008)
Convenções Cartográficas
Rio Pirangi (Drenagem Perene)
Rio Pirangi (Drenagem Intermitente)
Rios e Riachos (Drenagem Intermitente)
Açudes
Sedes Distritais
Sede Municipal
Estradas Pavimentadas
Limites Municipais

2.2.2 -Condições Hidroclimáticas

Para um melhor conhecimento climático a nível meso e local é preciso considerar a circulação atmosférica superior atuante na região, visto que, as variações temporais e espaciais dos elementos climáticos nada mais são que uma resposta dos processos físicos interativos dessa atmosfera superior os quais determinam o comportamento da atmosfera em nível de grandeza inferior e que de modo associativo com os controles ou fatores climáticos da região (latitude, maritimidade/ continentalidade, relevo, vegetação, atividades humanas) estabelecem os padrões climáticos regionais e locais. A seguir uma síntese dos principais sistemas atmosféricos de natureza escalar superior atuante na área de estudo da pesquisa.

O principal sistema atmosférico atuante no Ceará é a Massa Tropical Atlântica (MTA) responsável pela estabilidade do tempo, e que quase sempre, está presente em todas as sazonalidades, sobretudo no inverno e na primavera, sendo o sistema de maior permanência na área. Segundo Nimer (1979), o ar da MTA é muito uniforme na superfície, com muita umidade e calor, porém sua uniformidade não se estende a grandes alturas, porque na parte leste dessa alta subtropical, há um persistente movimento de subdinâmica a uns 500 a 1000 metros acima do mar.

Segundo Moura (2008), a MTA apresenta de forma geral alta umidade reativa provinda do Atlântico, mas ao avançar sobre o continente provoca temperaturas mais elevadas e umidade relativa baixa. Quando atuante, produz céu limpo ou nuvens altas do tipo cirruformes, dessa forma é responsável pelas condições de estabilidade do tempo, sobretudo no inverno e na primavera, sendo, portanto o sistema de maior permanência no Estado.

Dos sistemas atmosféricos responsáveis pela instabilidade atmosférica e consequentemente pela gênese das chuvas no Ceará, destacam-se: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o mais importante sistema causador de chuvas no Ceará, as Frentes Frias (que aqui chamamos de Influência Indireta das Frentes Frias ou simplesmente de Repercussões da Frente Fria- RFF), Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), Linhas de Instabilidade (LI), Ondas de leste (OE) e as Brisas marinha e continental em escala local.

A Zona de Convergência Intertropical é o sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12ºN, em agosto-setembro para posições mais ao sul e aproximadamente 4ºS, em março-abril (FERREIRA e MELO, 2005).

As chuvas concentram-se, principalmente nos meses de fevereiro a maio, quando o estado fica sob a influência da ZCIT. A ZCIT se forma na confluência dos ventos alísios de NE e SE, onde ocorre ascendência do ar, formação de nebulosidade e muita chuva. Em maio, a ZCIT retorna em direção ao Hemisfério Norte, quando então entra em declínio o período chuvoso na nossa região (ZANELLA, 2005).

A atuação do El Niño e da La Niña são outros fenômenos que inibem ou influenciam as chuvas no Nordeste. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2008) o El Niño é um fenômeno oceânico caracterizado pelo aquecimento incomum das águas superficiais nas porções centrais e leste do Oceano Pacífico, nas proximidades da América do Sul, mais precisamente na costa do Peru. Em anos de El Niño toda a convecção equatorial se desloca para o leste, alterando assim o posicionamento da célula de Walker, causando seca no Nordeste. O fenômeno La Niña ocorre ao contrário do El Niño quando ocorre o resfriamento das águas do Oceano Pacífico com probabilidade de chuvas abundantes no Nordeste brasileiro.

Apesar dos numerosos estudos relacionando os padrões anômalos da circulação atmosférica e precipitação sobre algumas regiões da América do Sul associada aos El Niño, alguns trabalhos consideram que o efeito deste fenômeno não explica totalmente os padrões climáticos anômalos. Por outro lado, estudos têm mostrado evidências observacionais que a variabilidade interanual da TSM (Temperatura da Superfície do Mar) sobre o Oceano Atlântico Tropical também exercem influências na distribuição de precipitações no Nordeste brasileiro (FERREIRA e MELO, 2005).

O mecanismo que explica a distribuição de precipitações acima ou abaixo do normal sobre o Nordeste brasileiro e áreas adjacentes está relacionada diretamente com a intensificação e o deslocamento norte-sul da ZCIT, o qual está intimamente associado ao padrão de dipolo (diferença entre a anomalia da TSM do Atlântico Norte e do Altântico Sul) norte-sul de TSM anômalas sobre o Altântico tropical. Quando do dipolo é positivo, é desfavorável às chuvas, quando é negativo é

favorável às chuvas (UVO, 1996). Por isso, o monitoramento dos padrões oceânicos e atmosféricos durante a estação das chuvas é de fundamental importância para as previsões de tempo e clima na região de acordo com Ferreira e Melo (2005).

Outro fenômeno causador de chuvas no Nordeste está ligado à penetração de Frentes Frias até as latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro, que no Ceará é responsável pelas primeiras chuvas na região do Cariri. Mas, atualmente, cogita-se a possibilidade da influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) por conta do volume das chuvas serem bem superior do que as frentes frias.

Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) que atingem a região Nordeste, formam-se no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior freqüência entre os meses de janeiro e fevereiro. O VCAS é caracterizado pelo turbilhamento do ar em altos níveis da atmosfera, cobrindo extensas áreas. O sistema dá origem a um aglomerado de nuvens, com formato de círculo, girando no sentido horário com o percurso de leste para oeste (FERREIRA e MELO, 2005).

As Linhas de Instabilidade (LI), que se formam principalmente nos meses de verão no hemisfério sul (dezembro a março), encontram-se ao sul da Linha do Equador influenciando as chuvas no litoral norte do Nordeste e regiões adjacentes e ocorrem no período da tarde e início da noite (FERREIRA E MELO, 2005).

Os Complexos Convectivos de Mesoescala são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis (temperatura, relevo, pressão, etc) e provocam chuvas fortes e de curta duração. Normalmente as chuvas associadas a este fenômeno meteorológico ocorrem de forma isolada (FERREIRA E MELO, 2005).

O Estado do Ceará também recebe chuvas nos meses de junho, julho e agosto advindo do sistema atmosférico denominado Ondas de Leste (OE). As Ondas de leste são fluxos que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil (ALVES et al , 1997).

As brisas marinha e continental também contribuem para a formação de chuvas a nível local, por conta dos processos convectivos estabelecidos pelo gradiente termobarométrico das superfícies. A ocorrência se deve pelas diferenças

térmicas entre a superfície terrestre e a superfície aquática. Uma baixa térmica local desenvolve-se sobre o continente, com ventos soprando do mar para o continente (brisa marítima). À noite a terra se resfria rapidamente, o mar permanece quente e o gradiente de pressão é assim invertido e o vento agora sopra da terra para o oceano, tem-se a brisa terrestre (AYOADE, 2004).

Segundo Ab'Saber (2003) efetivamente é muito grande a variabilidade climática no domínio das caatinga. Em alguns anos as chuvas chegam no tempo esperado, totalizando, às vezes, até dois volumes a mais do que a média das precipitações da área considerada. Entretanto, na sequência dos anos, acontecem dentre eles em que as chuvas se atrasam, ou mesmo não chegam, criando os mais diferentes tipos de impactos para a economia e comunidades viventes nos sertões.

2.2.2.1 Análise da distribuição pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Pirangi.

Na região Nordeste do Brasil a pluviosidade apresenta uma enorme variabilidade temporal e espacial e se configura como um atributo meteorológico de primeira ordem para a compreensão das irregularidades climáticas e sua influência na organização das atividades agrícolas bem como para a espacialização da paisagem na região. Considerando essa situação é propósito desta seção analisar as variações anuais, sazonais e mensais da pluviosidade da área de estudo da pesquisa.

Segundo Zanella (2005), as características climáticas representadas pela sazonalidade das precipitações mantêm uma relação direta com o comportamento fluvial. A distribuição das chuvas no tempo e no espaço, aliada às formações geológicas existentes, são fatores condicionantes do regime dos rios e, portanto, da disponibilidade de recursos hídricos em uma determinada região.

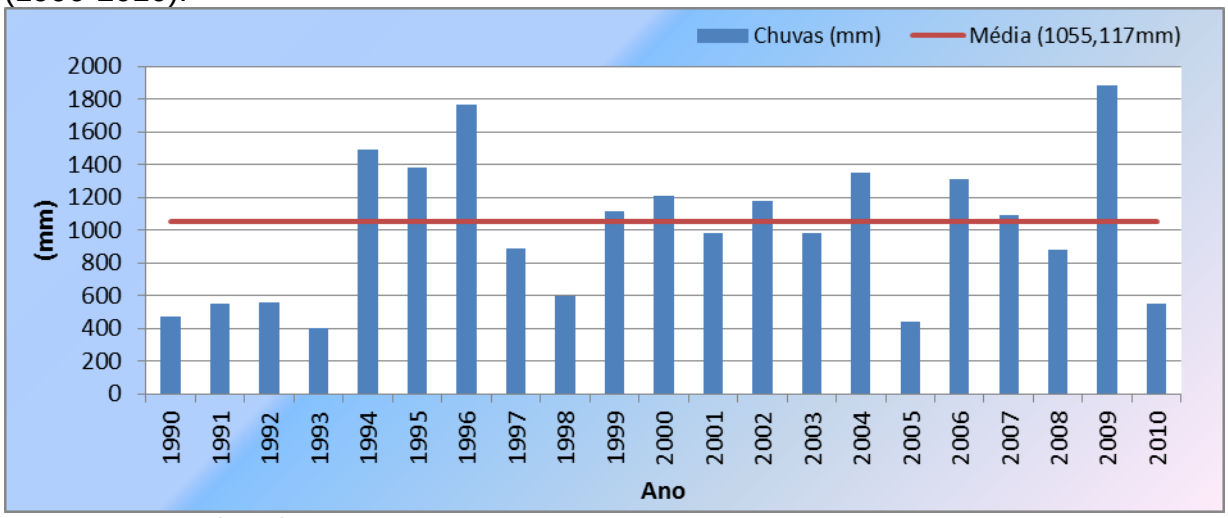
A bacia hidrográfica do rio Pirangi se insere no clima Tropical Equatorial com sete a oito meses secos segundo a classificação proposta por Mendonça e Danni-Oliveira (2007). Esse sub-tipo climático é também classificado como semi-árido. Dessa forma, na área da pesquisa durante a maior parte do ano é habitual à redução dos totais pluviométricos mensais e elevadas taxas térmicas. A variação sazonal da temperatura média não é tão expressiva, o que leva à formação de áreas em que se registram quedas térmicas pouco expressivas na estação do inverno.

2.2.2.2 Variação pluviométrica anual na bacia do rio Pirangi

A distribuição anual da pluviosidade apresenta valores de 1055,0 mm na área do baixo Pirangi e reduzem-se de 750,0 a 800,0 mm no médio e alto do curso do rio Pirangi (figura 16). Tais variações pluviométricas decorrem fundamentalmente da proximidade do litoral, quando os índices pluviométricos são mais elevados, ou seja, as variações espaciais das chuvas na bacia são fortemente marcadas pelo efeito da continentalidade/maritimidade.

O posto Fortim, representativo do baixo curso da bacia, apresentou média anual de 1055,1mm (gráfico 01), enquanto que no interior da bacia este índice se reduz em Cristais/Cascavel (gráfico 02), no qual a média ficou em torno de 785,4mm, em Ocara/Curupira (gráfico 03) o valor foi de 793,2 e por fim em Ibaretama, posto representativo do alto curso da bacia, a média anual alcançou o valor de 792,4mm (gráfico 04).

Gráfico 01: Distribuição pluviométrica anual do Baixo Curso da Bacia- Posto Fortim (1990-2010).



Fonte: Funceme (2010)

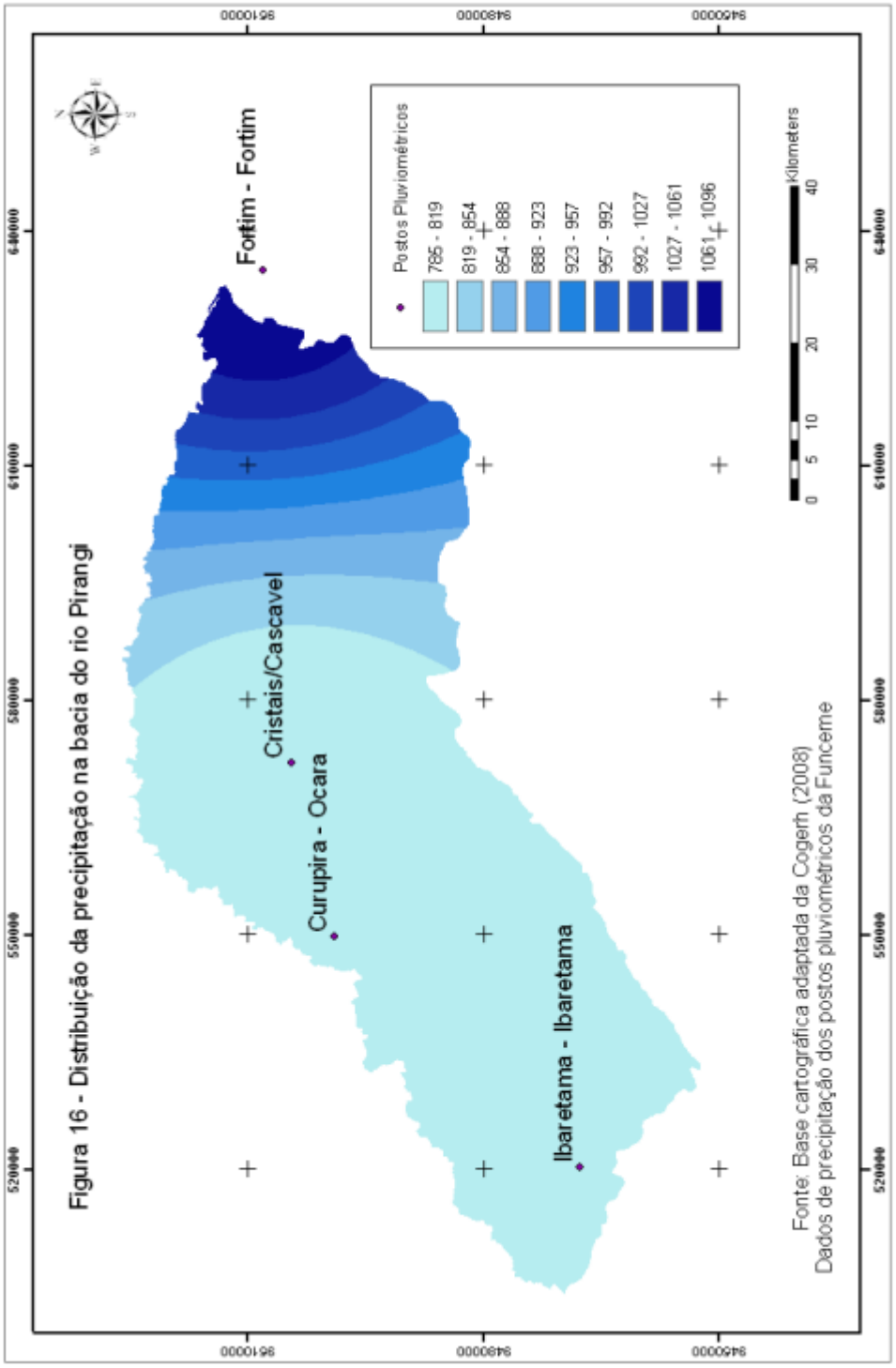
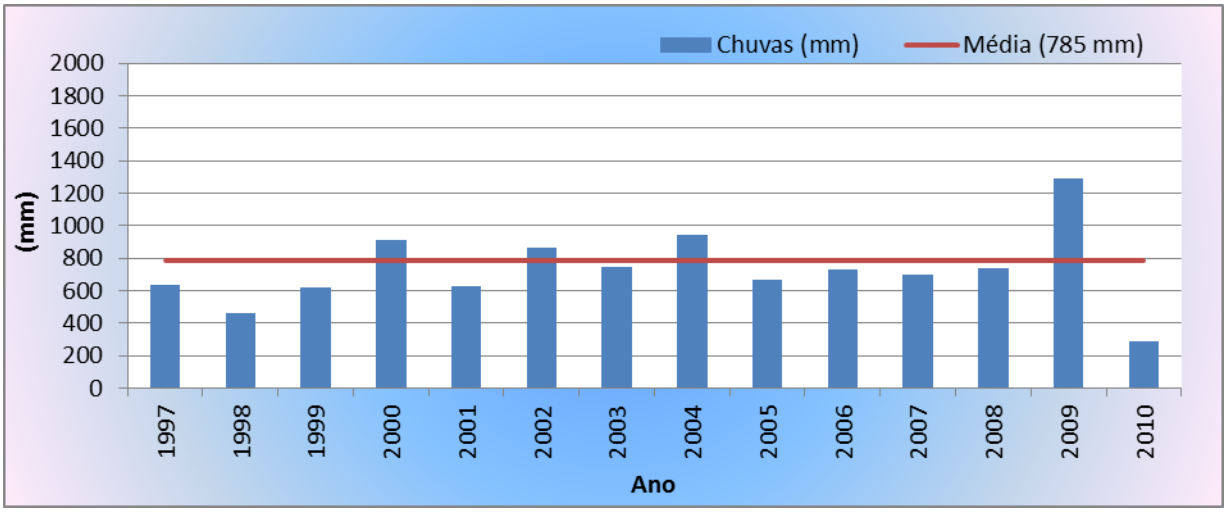


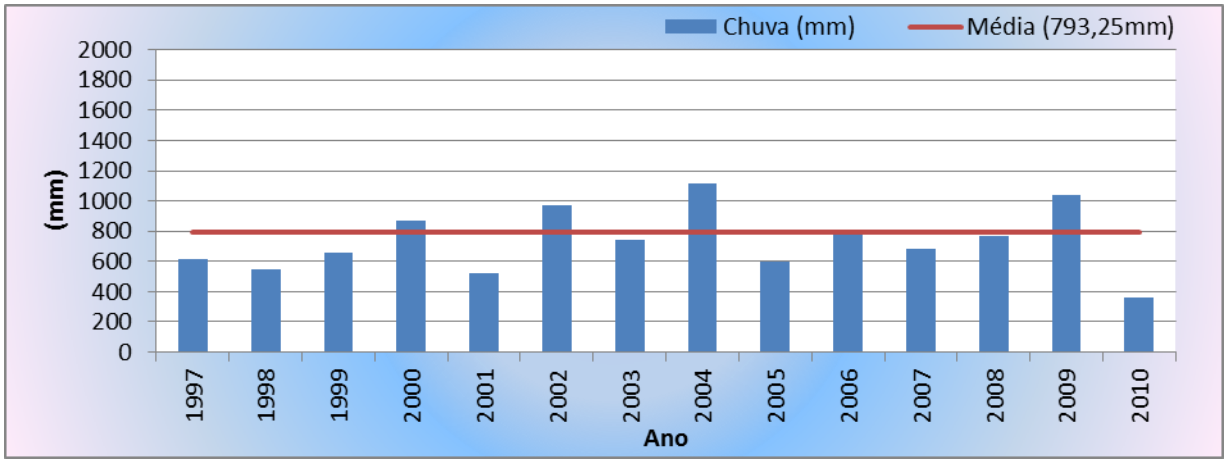
Figura 16 - Distribuição da precipitação na bacia do rio Pirangi

Gráfico 02 - Distribuição pluviométrica anual do Médio Curso- Posto Cristais/Cascavel (1997-2010).



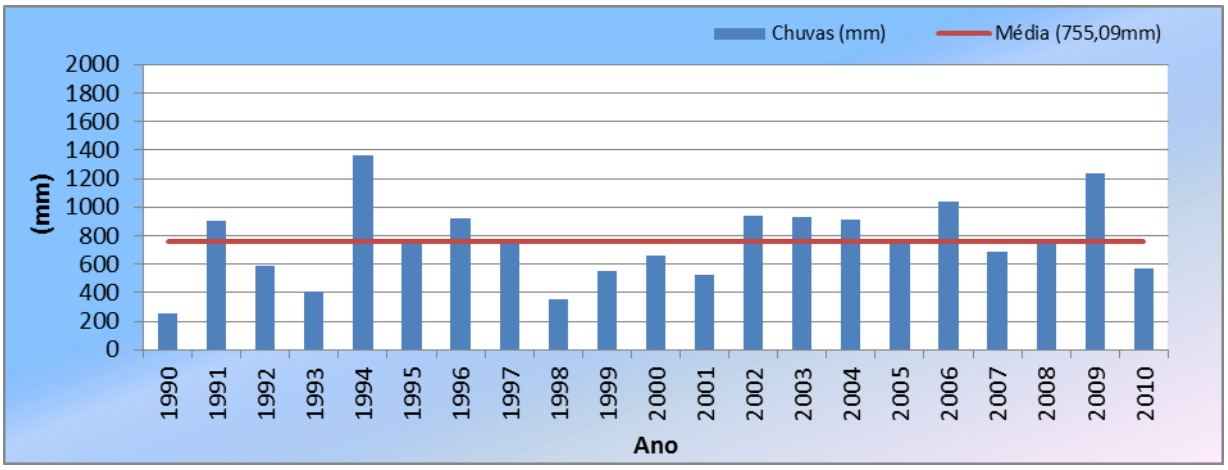
Fonte: Funceme (2010)

Gráfico 03 - Distribuição pluviométrica anual do Médio curso da bacia- Posto Ocara/Curupira (1997-2010).



Fonte: Funceme (2010)

Gráfico 04 - Distribuição pluviométrica anual do Alto Curso da bacia- Posto Ibaretama (1990-2010)



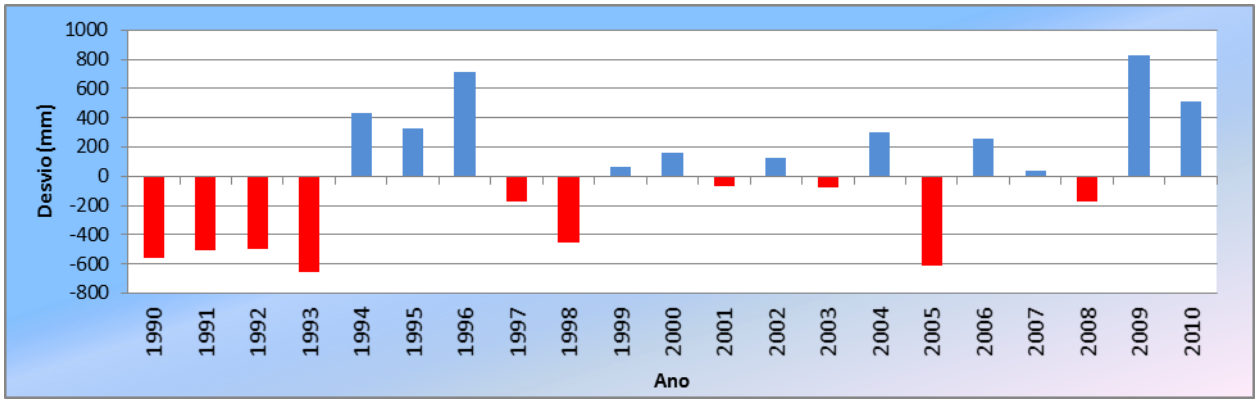
Fonte: Funceme (2010)

Ao analisar os gráficos percebe-se uma irregularidade pluviométrica com a ocorrência de anos com valores muito abaixo da média a exemplo dos anos 1990 e 1998 para os postos de Ibaretama e Fortim e 1998 e 2010 para os postos de Cristais/Cascavel e Ocara/Curupira. Por outro lado há ocorrências de chuvas muito acima da média histórica como registrado nos anos de 1994 e 2009 para os Postos de Fortim e Ibaretama, bem como em 2009 para Cristais/Cascavel e Ocara/Curupira.

Cabe mencionar que 2004 foi um ano em que as precipitações se concentraram no mês de janeiro em todos os postos: Fortim (566,8mm), Ibaretama (355,0mm), Cristais (373,4mm) e Ocara (471,0mm). As irregularidades das chuvas anuais registradas nas séries dos postos pluviométricos da bacia estão relacionadas as variações regionais cíclicas do clima como o El Niño, a La Niña e o Dipolo do Atlântico (positivo ou negativo).

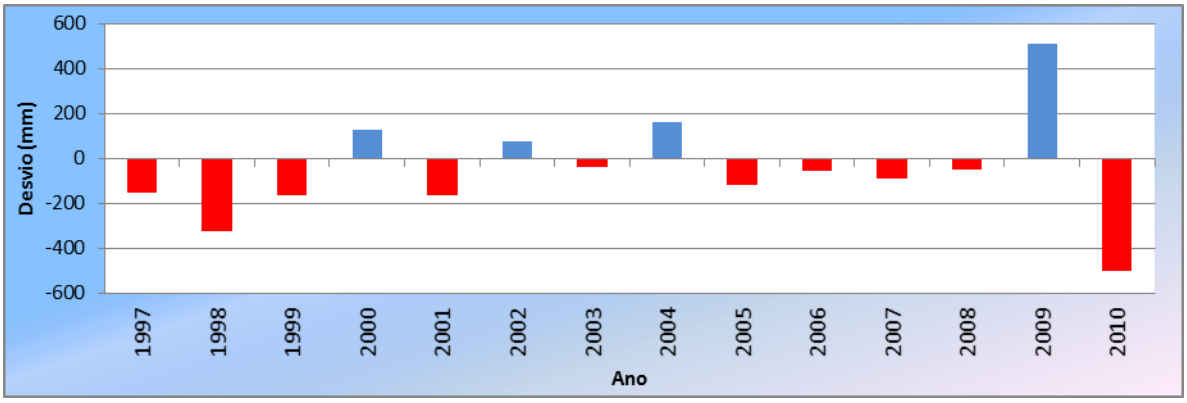
Os valores de dispersão da pluviosidade anual dos postos pluviométricos da bacia presentes nos gráficos 05, 06, 07 e 08 representam bem a variabilidade das chuvas na área de estudo. Para o posto Fortim (gráfico 05), os anos que apresentaram os maiores valores de desvio negativo foram 1990, 1993, 1998 e 2005, os valores de dispersão positiva foram presentes nos anos de 1994, 1995 e 2009. Os anos de 1998, 2005 e 2010 para os postos de Cristais/Cascavel (gráfico 06) e Ocara/Curupira (gráfico 07) foram os que apresentaram os mais elevados valores de desvio negativo, já os anos de 2004 e 2009 são os que registraram os maiores desvios positivos. No posto de Ibaretama (gráfico 08) os anos com maiores valores negativos de desvio são: 1990, 1993 e 1998 e os anos com os maiores valores positivos de desvio foram 1994 e 2009.

Gráfico 05 - Desvio padrão da pluviosidade anual do Baixo Curso- Posto de Fortim (1990-2010).



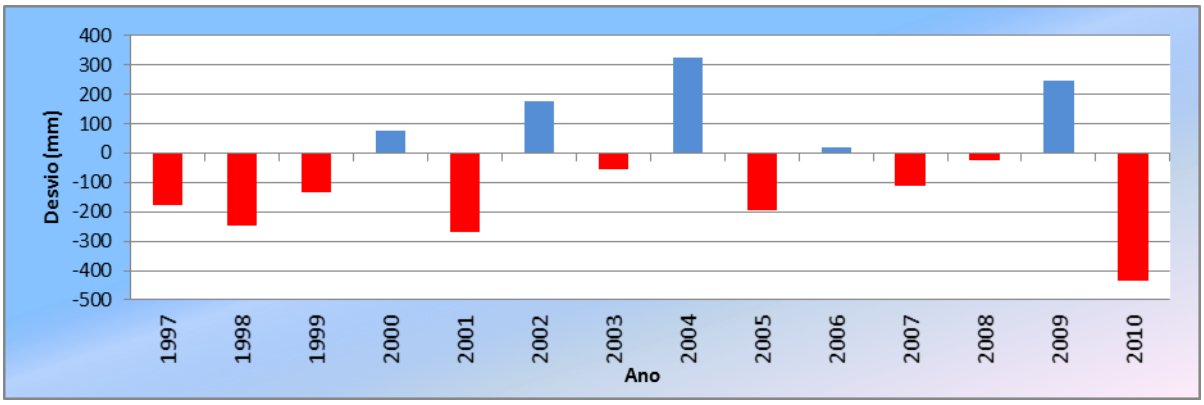
Fonte: Funceme (2010)

Gráfico 06 - Desvio padrão da pluviosidade anual do Médio Curso- Posto Cristais/Cascavel (1997-2010).



Fonte: Funceme (2010)

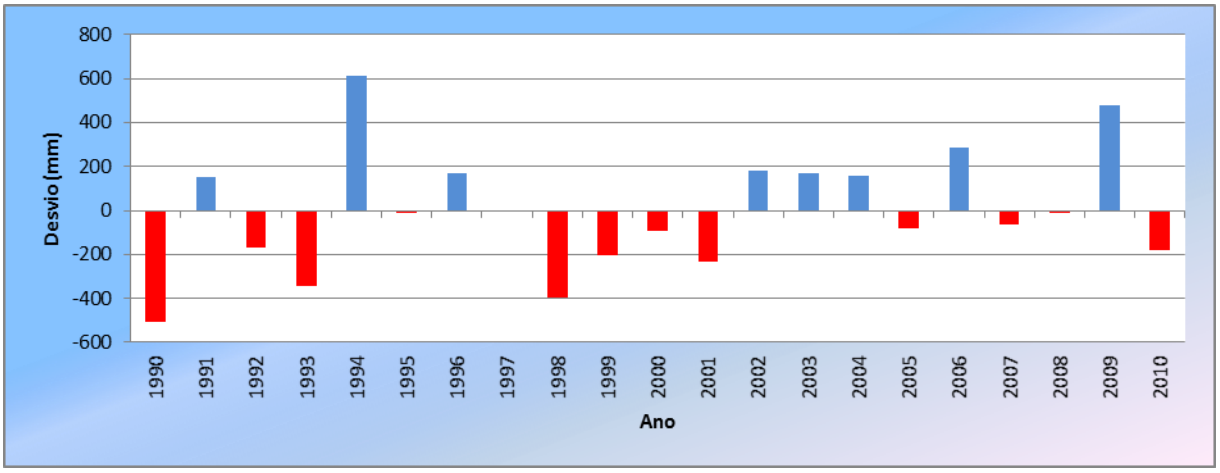
Gráfico 07 - Desvio padrão da pluviosidade anual do Médio Curso- Posto Ocara/Curupira (1997-



2010).

Fonte: Funceme (2010)

Gráfico 08 - Desvio padrão da pluviosidade anual do Alto Curso- Posto Ibaretama (1990-2010)



Fonte: Funceme (2010).

As séries temporais dos postos Fortim, Ibaretama, Cristais e Ocara receberam tratamento estatístico para classificar os “anos-padrão” (extremo seco, seco, habitual, chuvoso e extremo chuvoso – quadros 19 e 20), em que utilizou-se a média e o desvio padrão como critério para a classificação dos anos extremos. Para auxiliar na análise da variabilidade pluvial utilizou-se a metodologia de Sant’anna-Neto (2002), conforme metodologia divulgada por Monteiro (1973), que consiste na escolha de episódios padrões habituais e excepcionais.

Quadro 19 - Comportamento pluviométrico na bacia para os Postos Cristais e Curupira

CRISTAIS/CASCAVEL				CURUPIRA/OCARA			
ANO	Desvio	CV (%)	* Padrão Pluviométrico	ANO	Desvio	CV (%)	Padrão Pluviométrico
1997	- 151,8	- 19,33	TS	1997	- 175,39	- 22,11	TS
1998	- 323,6	- 41,22	S	1998	- 247,85	- 31,24	S
1999	- 163,8	- 20,86	TS	1999	- 132,25	- 16,67	TS
2000	129,1	16,44	TC	2000	76,75	9,67	NC
2001	- 161,5	- 20,57	TS	2001	- 267,25	- 33,69	S
2002	78	9,93	NC	2002	175,75	22,15	TC
2003	- 38,2	- 4,86	N	2003	- 53,25	- 6,71	NC
2004	160,4	20,43	TC	2004	323,75	40,81	C
2005	- 119,2	- 15,18	TS	2005	- 192,25	- 24,23	TS
2006	- 53,8	- 6,85	NS	2006	19,75	2,48	N
2007	- 88,5	- 11,27	NS	2007	- 109,25	- 13,77	NS
2008	- 50,9	- 6,48	NS	2008	- 25,25	- 3,18	N
2009	509,5	- 64,90	C	2009	247,75	31,23	C
2010	- 498,8	- 63,54	S	2010	- 434,25	54,74	S

Fonte: Funceme (2010)
Organização: Juliana Maria Oliveira Silva.
*Legenda: C- Chuvoso; TC- Tendente a Chuvoso; N- Normal; TS- Tendente a Seco e S- Seco
NS – Normal levemente tendente a seco; NC – Normal levemente tendente a chuvoso.

Quadro 20 - Comportamento pluviométrico na bacia para os Postos Fortim e Ibaretama

IBARETAMA				FORTIM			
ANO	Desvio	CV (%)	*Padrão Pluviométrico	ANO	Desvio	CV (%)	Padrão Pluviométrico
1990	-504,89	-66,86	S	1990	- 559,61	- 53,03	S
1991	152,61	- 20,21	TS	1991	- 504,11	- 47,77	S
1992	- 170,99	-22,64	TS	1992	- 499,11	- 47,30	S
1993	- 343,59	-45,50	S	1993	- 656,81	- 62,25	S
1994	610,71	80,87	C	1994	436,38	41,45	C
1995	-11,49	-1,52	N	1995	329,68	31,24	C
1996	169,91	22,50	TC	1996	710,08	67,29	C
1997	- 0,91	- 0,12	N	1997	-171,11	- 16,21	TS
1998	- 399,09	- 52,85	S	1998	- 454,11	- 43,03	S
1999	- 206,29	-27,31	TS	1999	59,88	5,67	NC
2000	- 95,29	-12,61	NS	2000	157,48	14,92	NC
2001	-234,09	-31	S	2001	- 71,81	-6,80	NS
2002	182,11	24,11	TC	2002	122,48	11,60	NC
2003	172,21	22,80	TC	2003	- 73,81	- 6,99	NS
2004	156,11	20,67	TC	2004	298,58	28,29	TC
2005	- 80,99	- 10,72	NS	2005	-612,31	-58,03	S
2006	283,41	37,53	C	2006	254,18	24,09	TC
2007	- 64,99	- 8,60	NC	2007	35,42	3,35	N
2008	-12,49	- 1,65	N	2008	- 175,31	-16,61	TS
2009	478,41	63,35	C	2009	826,08	78,29	C
2010	-182,19	- 24,12	TS	2010	507,21	- 48	S

Fonte: Funceme (2010) Organização: Juliana Maria Oliveira Silva. *Legenda: C- Chuvoso; TC-

Tendente a Chuvoso; N- Normal; TS- Tendente a Seco e S- Seco
NS – Normal levemente tendente a seco; NC – Normal levemente tendente a chuvoso

Nota-se em todos os postos que os anos de 1998 e 2005 são considerados extremamente seco ou seco e isso se deve a atuação do El Niño nestes anos. O total anual das chuvas nesse período foi muito abaixo da média para os postos analisados. O ano de 2009 foi considerado extremamente chuvoso ou chuvoso para os postos. Neste ano a La Niña estava neutra em compensação o Dipolo do Atlântico apresentava-se negativo, ou seja, favorável a ocorrência de chuvas no Nordeste. O ano de 2007 foi considerado na categoria Normal para os postos analisados.

2.2.2.3 Variação pluviométrica mensal na bacia do rio Pirangi

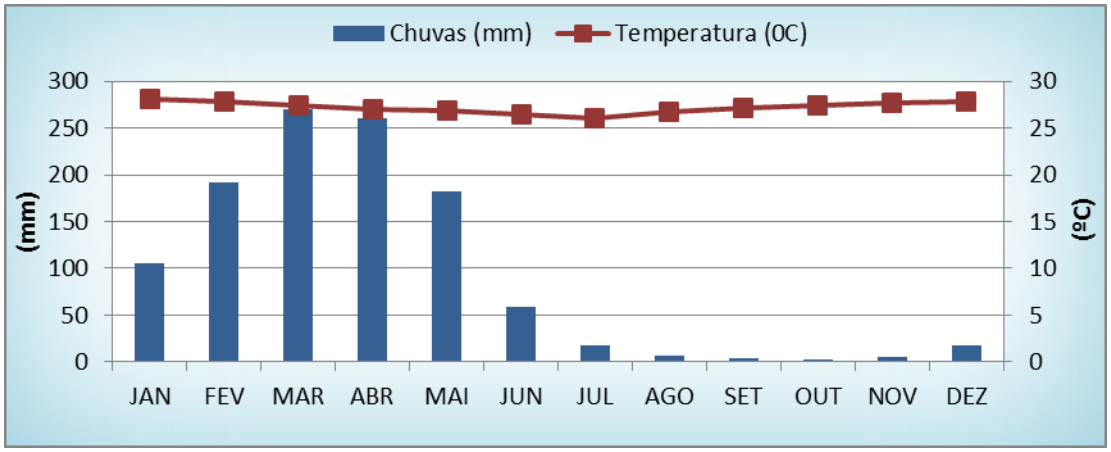
O regime pluviométrico da bacia se caracteriza pela heterogeneidade temporal, verificando-se uma concentração da precipitação no primeiro semestre do ano, e uma forte variação intra-anual. Geralmente, a estação chuvosa tem inicio no mês de janeiro e se prolonga até maio. Esses períodos representam um percentual de 65,0 a 70,0% da precipitação anual, conforme alguns dados da COGERH (2001). Os gráficos 09, 10, 11 e 12 mostram, portanto a elevada variação intra-anual das chuvas na bacia.

De modo geral os valores médios mensais da chuva indicam que os meses mais chuvosos são Fevereiro, Março, Abril e Maio o que corresponde à quadra chuvosa na região, onde se tem uma atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), enquanto os meses mais secos são outubro e novembro, período em que a estiagem na região é mais presente.

No posto Fortim (gráfico 09), o período chuvoso indicou 905,7 mm, ou seja, 80,79% das chuvas mensais para o baixo curso da bacia, os meses mais secos correspondentes a setembro, outubro e novembro com um acumulado de 114,3 mm correspondendo a 10,19 %. Desse total destaca-se o mês de março como concentrador de chuvas na região, cuja pluviosidade média é de 269,9mm. No posto Cristais/Cascavel (gráfico 10) os meses mais chuvosos apresentaram 760,8mm equivalendo a 78,64% das precipitações totais. Os meses mais secos incluem setembro, outubro e novembro sem ocorrência de registro de chuvas. O mês mais chuvoso é abril com uma média de 205,0mm.

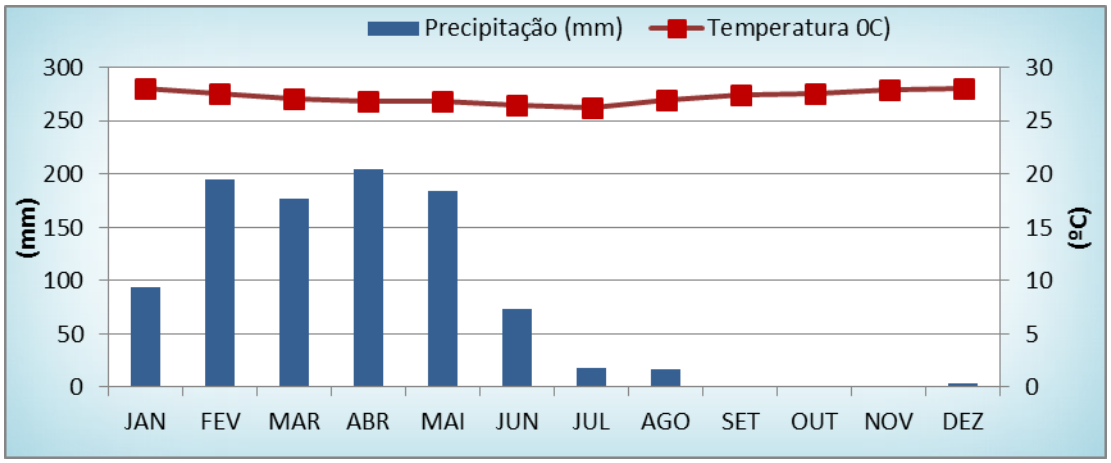
O posto Ocara/Curupira (gráfico 11) apresentou para o período de chuvas 705,4mm, isto é, 77,66% das precipitações anuais. Os meses mais secos foram os mesmos encontrados para o posto Cristais/Cascavel, ou seja, setembro, outubro e novembro, os quais não apresentaram registro de precipitação. O mês mais chuvoso também é abril com média 205,0mm. O posto Ibaretama (gráfico 12), representativo do alto curso, indicou para o período das chuvas um total de 699,0mm, valor que em termos percentuais representa 78,71% da chuva anual. Os meses mais secos correspondem a setembro, outubro e novembro com apenas 1,81mm de precipitação. O mês que concentra uma maior precipitação é março com média de 195,0mm de chuva.

Gráfico 09 - Climograma do Baixo Curso- Posto Fortim (1990-2010)



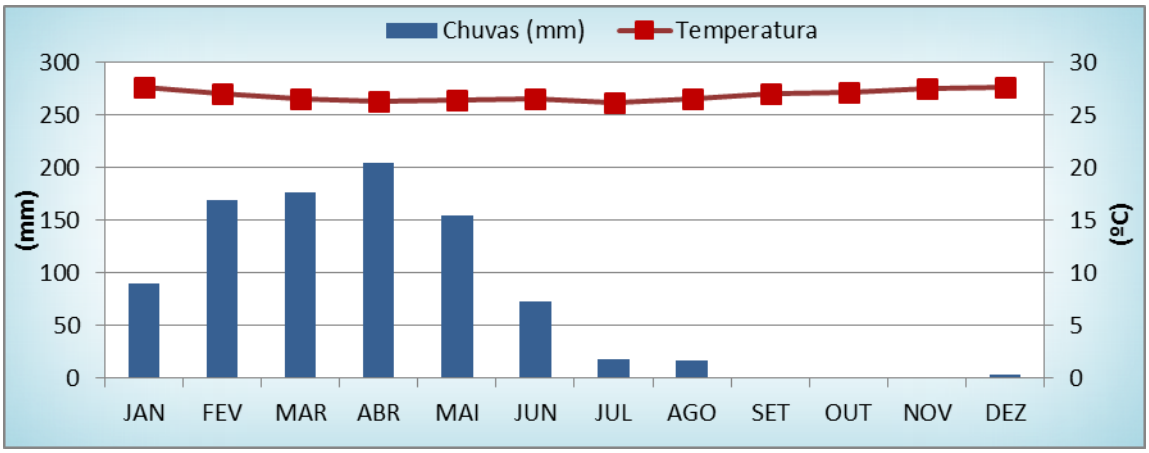
Fonte: Funceme (2010).

Gráfico 10 - Climograma do Médio Curso- Posto Cristais/Cascavel (1997-2010).



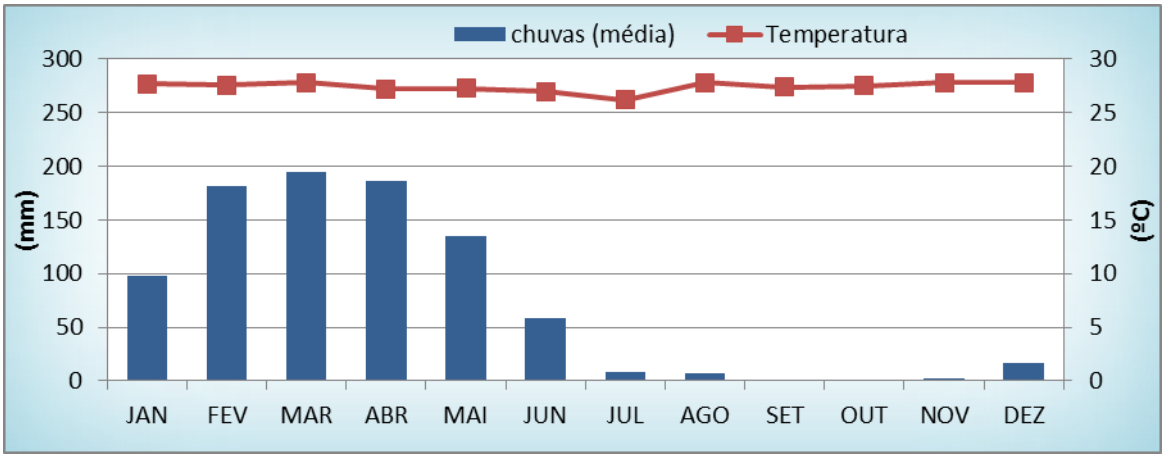
Fonte: Funceme (2010).

Gráfico 11 - Climograma do Médio Curso- Posto Curupira/Ocara (1997-2010)



Fonte: Funceme (2010).

Gráfico 12 - Climograma do Alto Curso- Posto Ibaretama (1990-2010)



Fonte: Funceme (2010)

A temperatura média do ar na área da pesquisa se apresenta de modo geral uniforme, isto é, não apresenta grandes variações no decorrer do ano. Os meses mais quentes ocorrem em dezembro e janeiro e os meses de menor valor térmico são presentes em junho e julho. No posto Fortim os maiores valores térmicos são de 27,9ºC em dezembro e 28,1ºC em janeiro, em Cristais/Cascavel o registro médio é de 28,0ºC em dezembro e 28,1º no mês de janeiro.

No posto de Ocara/Curupira os meses mais quentes registram valor de 27,6º em dezembro e 27,8º em janeiro e em Ibaretama o perfil térmico é semelhante aos demais postos, pois as temperaturas são de 27,8º no mês dezembro e de 27,7º no mês de janeiro. Foi visto que o mês de julho apresenta os menores valores médios de temperatura do ar em todos os postos da bacia: Fortim (26,1º), Cristais/Cascavel (26,2º), Ocara/Curupira (26,2º) e Ibaretama (26,6º).

É possível perceber que existe uma grande variabilidade pluviométrica na área de estudo. A diferença entre o alto, médio e baixo curso se expressou através dos dados. É claro, que apenas uma variável foi considerada, precipitação pluviométrica, existem outros parâmetros a serem analisados, mas através da precipitação percebe-se que em uma bacia hidrográfica, principalmente as do Ceará e de outros estados nordestinos que têm suas nascentes no sertão e que possuem a foz no litoral, neste percurso o rio passa por uma variedade de condições geoambientais que configuram em uma paisagem diversificada do sertão ao litoral e a precipitação é um dos fatores que contribuem para esta diversidade. Os dados analisados forneceram indicadores que reforçam a sazonalidade e a irregularidade no regime pluviométrico da semi-aridez presente no Ceará.

2.2.2.4 Balanço Hídrico

A análise do balanço hídrico é de grande importância para definir a disponibilidade hídrica de uma determinada região e em bacias hidrográficas o balanço torna-se indispensável para o planejamento agropecuário. O balanço hídrico avalia a entrada e saída de água no solo. Para o cálculo do Balanço Hídrico foi utilizado o programa desenvolvido por Rolim et al (1998) da ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz)– USP

As regiões semi-áridas e áridas devido as suas peculiaridades edáfico-climáticas, com solos de baixa capacidade de armazenamento de água e irregularidades acentuadas na distribuição das precipitações, necessitam de uma avaliação acurada do seu potencial hídrico (AMORIM-NETO, 1989).

O balanço hídrico estima os seguintes dados: evapotranspiração potencial a evapotranspiração real (ETR), excedente hídrico (EX) deficiência hídrica (DEF), e as fases de reposição (ARM) e retirada de água no solo. Para a análise do balanço hídrico da área, foram considerados os dados referentes à série pluviométrica dos postos pluviométricos da área de estudo. A tabela 01, 02, 03 e 04 demonstram os dados referentes ao balanço hídrico de cada posto e os gráficos 05, 06, 07 e 08 ilustram os resultados.

Tabela 01: Balanço Hídrico do Posto Ibaretama/Ibaretama

MÊS	T (^{0}C)	P (mm)	ETP	P-ETP (mm)	NEG – AC	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
JAN	27,7	98,02	160,94	-62,9	-1039,7	0	0	98,0	62,9	0,0
FEV	27,60	182,16	147,27	34,9	-5,5	34,9	34,9	147,3	0,0	0,0
MAR	27,80	195	166,51	28,5	0,0	40,0	5,1	166,5	0,0	23,4
ABR	27,20	186,90	145,87	41,0	0,0	40,0	0,0	145,9	0,0	41,0
MAI	27,30	134,97	151,49	23,5	0,0	40,0	0,0	151,5	0,0	23,5
JUN	27	58,27	139,15	-80,9	-80,9	5,3	-34,7	93,0	46,2	0,0
JUL	26,20	7,93	127,06	-119,1	-200,0	0,3	-5,0	13,0	114,1	0,0
AGO	27,80	6,59	162,54	-156,0	-356,0	0,0	-0,3	6,9	155,7	0,0
SET	27,40	0	149,69	-149,7	-505,7	0,0	0,0	0,0	149,7	0,0
OUT	27,50	0	158,65	-158,6	-664,3	0,0	0,0	0,0	158,6	0,0
NOV	27,80	1,81	162,07	-160,3	-824,6	0,0	0,0	1,8	160,3	0,0
DEZ	27,80	16,40	168,59	-152,2	-976,8	0,0	0,0	16,4	152,2	0,0
TOTAL	329,1	928,1	1839,8	-911,8				840,2	999,7	87,9
MÉDIAS	27	77	150					70	83	7

Onde: (T) -Temperatura; (P) -Precipitação climatológica, EVP – P-EVP (Precipitação - Evapotranspiração Potencial); ARM) Armazenamento; (EVR) Evaporação Efetiva (EXC) Excedente Hídrico;(DEF) Deficiência Hídrica.

Tabela 02: Balanço Hídrico do Posto Cristais/Cascavel

MÊS	T (^{0}C)	P (mm)	ETP	P-ETP (mm)	NEG –AC	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
JAN	28,10	97,40	170,51	-77,1	-1016,1	0	0	93,4	77,1	0,0
FEV	27,60	194,74	147,39	47,4	0,0	5,0	5,0	147,4	0,0	42,4
MAR	27,10	176,90	150,46	26,4	0,0	5,0	0,0	150,5	0,0	26,4
ABR	26,80	205,00	137,84	67,2	0,0	5,0	0,0	137,8	0,0	67,2
MAI	26,80	184,20	141,09	43,1	0,0	5,0	0,0	141,1	0,0	43,1
JUN	26,50	73,10	129,63	-56,5	-56,5	0,0	-5,0	78,1	51,5	0,0
JUL	26,20	18,60	127,82	-109,2	-165,7	0,0	-8,5	18,6	109,2	0,0
AGO	27,00	17,20	144,87	-127,7	-293,4	0,0	-0,5	17,2	127,7	0,0
SET	27,40	0,0	150,04	-150,0	-443,5	0,0	0,0	0,0	150,0	0,0
OUT	27,60	0,0	161,23	-161,2	-604,7	0,0	0,0	0,0	161,2	0,0
NOV	27,90	0,0	164,50	-164,5	-769,2	0,0	0,0	0,0	169,8	0,0
DEZ	28,00	3,70	173,52	-169,8	-939,0	0,0	0,0	3,7	164,5	0,0
TOTAL	327	966,8	1798,9	-832,1				787,8	1011,1	179,1
MÉDIAS	27	81	150					66	84	15

Onde: (T) -Temperatura; (P) -Precipitação climatológica, EVP – P-EVP (Precipitação - Evapotranspiração Potencial); ARM) Armazenamento; (EVR) Evaporação Efetiva (EXC) Excedente Hídrico;(DEF) Deficiência Hídrica.

Tabela 03: Balanço Hídrico do Posto Curupira/Ocara

MÊS	T (^{0}C)	P (mm)	ETP	P-ETP (mm)	NEG – AC	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
JAN	27,60	90,30	159,07	-68,8	-962,5	0	0	90,3	68,8	0,0
FEV	27,10	169,30	137,64	31,7	-9,3	31,7	31,7	137,6	0,0	0,0
MAR	26,60	176,90	140,65	36,3	0,0	40,0	8,3	140,6	0,0	27,9
ABR	26,30	205,00	128,92	76,1	0,0	40,0	0,0	128,9	0,0	76,1
MAI	26,40	154,20	133,91	20,3	0,0	40,0	0,0	133,9	0,0	20,3
JUN	26,60	73,10	132,51	-59,4	-59,4	9,1	-30,9	104	28,5	0,0
JUL	26,20	18,60	128,96	-110,4	-169,8	0,6	-8,5	27,1	101,9	0,0
AGO	26,60	26,60	137,42	-110,8	-280,6	0,0	-0,5	27,1	110,3	0,0
SET	27,10	0,0	144,23	-144,2	-424,8	0,0	0,0	0,0	144,2	0,0
OUT	27,20	0,0	152,71	-152,7	-577,5	0,0	0,0	0,0	152,7	0,0
NOV	27,50	0,0	155,70	-155,7	-733,2	0,0	0,0	0,0	155,7	0,0
DEZ	27,60	3,70	164,21	-160,5	-893,7	0,0	0,0	3,7	160,5	0,0
TOTAL	322,8	917,7	1715,9	-798,2				793,4	922,5	124,3
MÉDIAS	27		143					66	77	10

Onde: (T) -Temperatura; (P) -Precipitação climatológica, EVP – P-EVP (Precipitação - Evapotranspiração Potencial); ARM) Armazenamento; (EVR) Evaporação Efetiva (EXC) Excedente Hídrico;(DEF) Deficiência Hídrica.

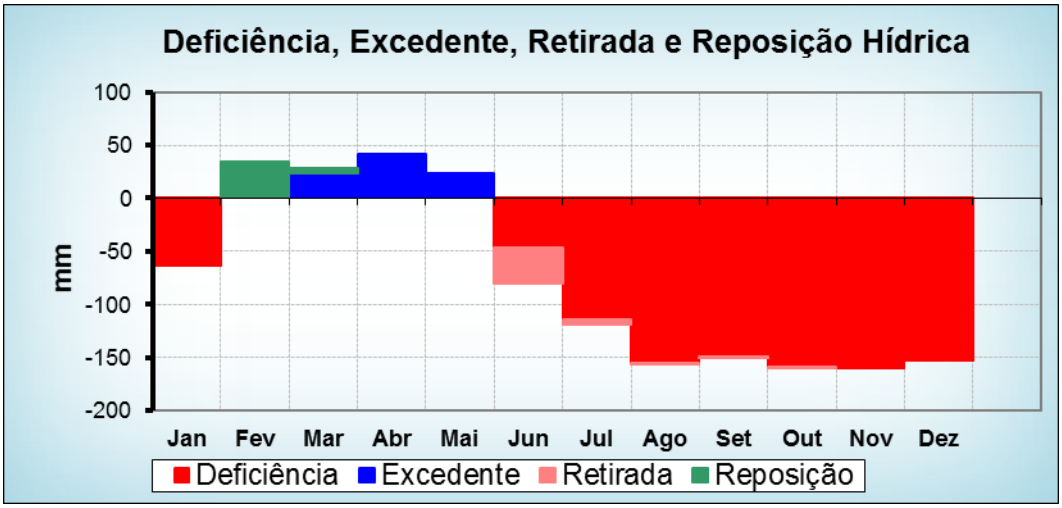
Tabela 04: Balanço Hídrico do Posto Fortim/Fortim

MÊS	T (ºC)	P (mm)	ETP	P-ETP (mm)	NEG – AC	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
JAN	28,10	104,93	170,50	-65,06	-984,8	0	0	104,9	65,6	0,0
FEV	27,80	181,99	151,71	30,3	-85,4	0,3	0,3	151,7	0,0	10,3
MAR	27,40	269,99	157,26	112,7	0,0	20,0	19,7	157,3	0,0	112,7
ABR	27	261,75	142,04	119,7	0,0	20,0	0,0	142,0	0,0	119,7
MAI	26,90	172,50	143,26	29,2	0,0	20,0	0,0	143,3	0,0	29,2
JUN	26,50	58,34	129,69	-71,3	-71,3	0,6	-19,4	77,8	51,9	0,0
JUL	26,2	16,96	125,95	-109,0	-180,3	0,0	-0,6	17,5	108,4	0,0
AGO	26,80	6,15	140,68	-134,5	-314,9	0,0	0,0	6,2	134,5	0,0
SET	27,20	4	145,74	-141,7	-456,6	0,0	0,0	4,0	141,7	0,0
OUT	27,40	2,60	156,63	-154	-610,6	0,0	0,0	2,6	154,0	0,0
NOV	27,70	4,83	159,84	-155	-765,6	0,0	0,0	4,8	155,0	0,0
DEZ	27,90	17,44	171,05	-153,6	-919,3	0,0	0,0	17,4	153,6	0,0
TOTAL	326,8	1101,5	1794,4	-692,9				829,5	964,8	272
MÉDIAS	27	92	150					69	80	23

Onde: (T) -Temperatura; (P) -Precipitação climatológica, EVP – P-EVP (Precipitação - Evapotranspiração Potencial); ARM) Armazenamento; (EVR) Evaporação Efetiva (EXC) Excedente Hídrico;(DEF) Deficiência Hídrica.

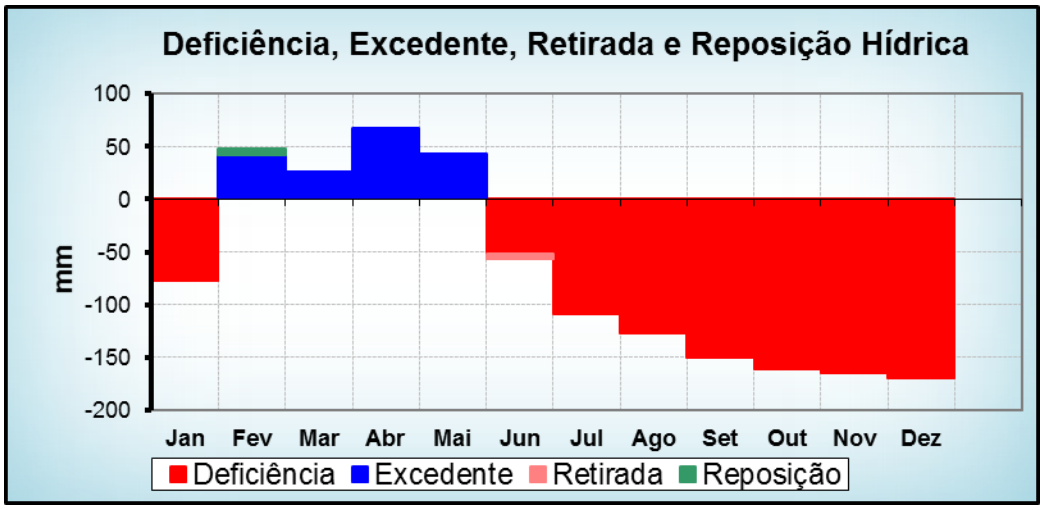
De acordo com as tabelas e os gráficos 13, 14, 15 e 16 a seguir, observa-se que o período de maior intensidade pluviométrica é a época de reposição de água no solo, onde há o excedente hídrico, quando os solos já estão com sua capacidade máxima de armazenamento atingida e as precipitações são mais elevadas. Ainda segundo dados do balanço hídrico, há uma deficiência hídrica logo após o período chuvoso. Na área os maiores déficits são registrados em outubro e novembro.

Gráfico 13 - Balanço Hídrico do Posto Ibaretama/Ibaretama



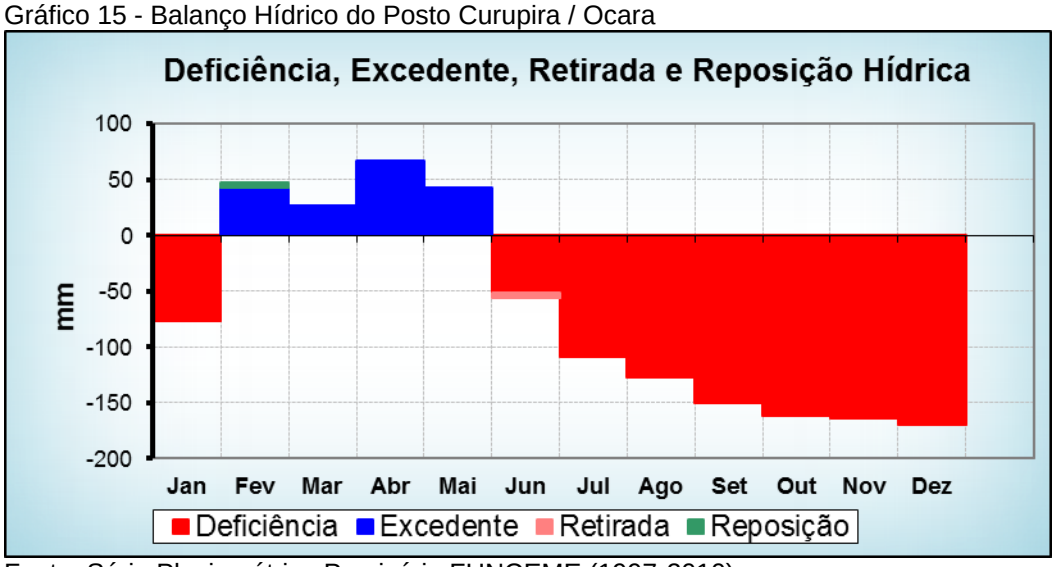
Fonte: Série Pluviométrica Provisória da FUNCEME (1990-2010)

Gráfico 14 - Balanço Hídrico do Posto Cristais / Cascavel



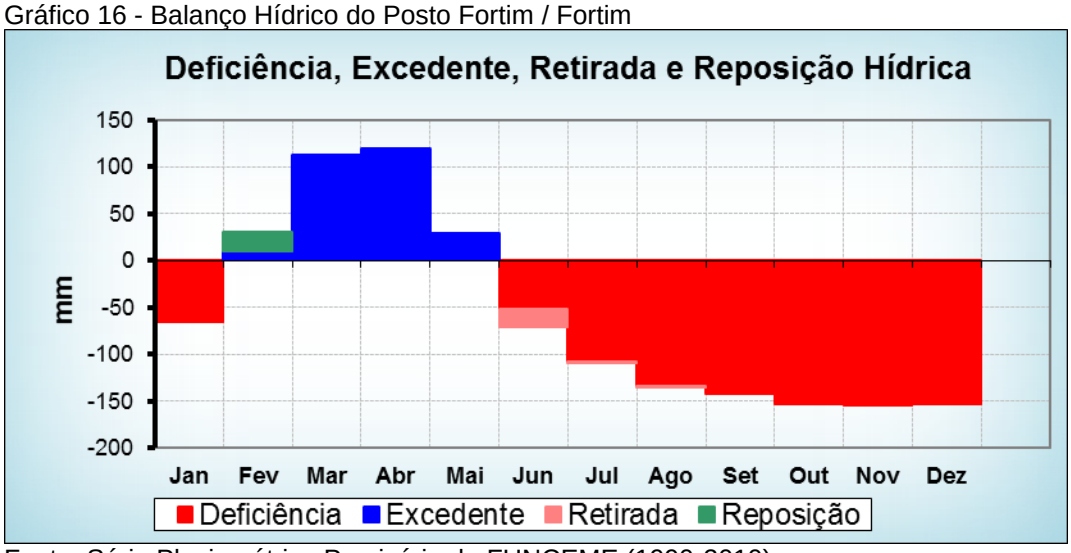
Fonte: Série Pluviométrica Provisória FUNCEME (1997/2010)

Gráfico 15 - Balanço Hídrico do Posto Curupira / Ocara



Fonte: Série Pluviométrica Provisória FUNCEME (1997-2010)

Gráfico 16 - Balanço Hídrico do Posto Fortim / Fortim



Fonte: Série Pluviométrica Provisória da FUNCEME (1990-2010)

Em todos os postos não há deficiência hídrica nos meses de fevereiro a maio, pois corresponde ao período de maiores precipitações, gerando, pois, um excedente hídrico. Nesta época de precipitações, a ETP diminui seus valores o que não ocorre no segundo semestre quando há a ausência quase que total de chuvas nos postos.

No Posto Fortim o mês que apresenta o maior valor de excedente hídrico é o de Abril com 119,7mm, já o mês com uma maior deficiência hídrica é o de Novembro, com 155mm. O Posto Ibaretama apresenta também o mês de Abril com maiores índices de excedente, totalizando 41mm e novembro com 160,3mm de deficiência hídrica. O mesmo ocorre com os postos de Cristais/Cascavel e Ocara/Curupira, onde o mês de Abril é o de maior excedente com valores 67,2mm e 76,1mm respectivamente e o mês de novembro com valores elevados de deficiência hídrica (169,8mm para Cristais) e o mês de dezembro com 160,5 mm para o posto Curupira.

2.2.2.5 Recursos Hídricos

A bacia do rio Pirangi é a parte mais oriental das bacias metropolitanas, margeando o baixo curso da bacia do Jaguaribe. O rio nasce em uma região de relevo moderado com pouca altitude, a diferença entre a linha de base e o vale é pequena.

A rede hidrográfica apresenta um padrão sub-paralelo na região do baixo curso devido a geologia sedimentar, mas no médio e alto curso a geologia cristalina comanda o traçado dos rios que apresenta um padrão dendrítico. A área do domínio cristalino é bem mais dissecada no que na área sedimentar, pois apresenta um maior número de rios.

Entre os tributários do rio Pirangi os mais importantes são o riacho dos Macacos, Feijão, Umburanas, Juazeiro, Córrego Camará e Ezequiel, que durante a maior parte do ano são intermitentes, mas na época do período chuvoso os canais fluviais acomodam as águas pluviais permitindo que o percurso destes canais deságuem no rio Pirangi. As figuras 17, 18 e 19 ilustram alguns destes riachos.

Figura 17 - Riacho Juazeiro no distrito de Cristais/Cascavel no período seco.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 18 - Córregos em épocas de período chuvoso no baixo curso do rio Pirangi em Beberibe.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 19: Riacho dos Macacos no distrito de Oiticica em Ibaretama durante o período seco

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

As rochas cristalinas predominam na maior parte no alto e médio curso da bacia e podem conter um aquífero fissural. A ocorrência da água subterrânea é favorecida por fraturas e fendas, pois a porosidade nas rochas cristalinas é quase inexistente, o que se traduz por poços e pequenos reservatórios e açudes. Portanto, na área da bacia influenciada por este tipo de rocha representa um potencial hidrogeológico baixo, mas representa uma alternativa de abastecimento hídrico nas pequenas comunidades dispersas na bacia (CPRM, 1998, COGERH, 2001).

O domínio representado pelos sedimentos da Formação Barreiras no baixo curso caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica. Essas variações induzem potencialidades diferenciadas quanto à produtividade de água subterrânea.

Essa situação confere localmente ao domínio da Formação Barreiras características de um aquitarde, ou seja, uma formação geológica que possui baixa permeabilidade e transmite água lentamente, não tendo muita expressividade como aquífero. Apesar disso, em determinadas áreas, sua exploração é bastante desenvolvida (CPRM, 1998).

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando os principais rios e riachos que drenam a bacia, e apresentam, em geral, uma boa alternativa hídrica.

2.2.3 Cobertura Vegetal

A associação do clima-relevo-solo permite uma diversidade em relação à cobertura vegetal na área de estudo que está distribuída pela caatinga arbustiva densa, caatinga arbórea, mata ciliar, mata de tabuleiro, vegetação pioneira psamófila e vegetação de mangue. A nomenclatura baseou-se em estudos de Fernandes (1990).

2.2.3.1 Vegetação Pioneira Psamófila

Vegetação típica da planície litorânea é desenvolvida na faixa de pós-praia nas dunas móveis com um estrato herbáceo (gramíneas) e são adaptadas às condições impostas pelo ambiente local: vento, salinidade e solos pobres em nutrientes. Esta vegetação é a primeira a auxiliar no processo de fixação das dunas.

Segundo Silva (1998), entre as principais características fisiológicas e morfológicas da Vegetação Pioneira, podem-se citar a presença de talos e folhas suculentas e coreáceas, brotação de rizomas e um elevado desenvolvimento de suas raízes.

Como principais espécies da vegetação pioneira temos: *Ipomea pés-caprae* (salsa), *Remirea marítima* (pinheirinho-da-praia), bredo da praia (*Sesuvium portulacastrum*).

2.2.3.2 Vegetação Subperenifólia de Dunas

É a vegetação que se desenvolve nas dunas, auxiliando na sua fixação, reduzindo o avanço dos sedimentos dunares. O caráter subperenifólio significa que uma parte das espécies mantém as folhas conservadas durante o período seco. Este tipo de vegetação ocorre de uma forma heterogênea no espaço devido a disposição do relevo.

Nas dunas próximas à costa, a vegetação tem um porte mais arbustivo com árvores de 2 a 4 metros. Em áreas de dunas fixas (mais para o interior) o porte arbustivo é maior com árvores entre 4 a 6 metros. Nas dunas a sotavento, a vegetação arbórea predomina com árvores que chegam até 15 metros (SILVA, 1998).

As espécies mais representativas dessa vegetação são: *Anacardium occidentale* (caju), *Caesalpina ferrea* (jucá), *Birsonima crassifolia* (murici), *Tabebuia serratifolia* (pau d'arco), *Genipa americana* (genipapo).

2.2.3.3 Vegetação Subperenifólia e subcaducifólia de Tabuleiro

Segundo Fernandes (1990), o conjunto vegetacional dos tabuleiros não se apresenta homogêneo, principalmente quando analisado por meio do quadro fisionômico. Considerando as plantas lenhosas, o autor pondera que duas feições distintas podem ser consideradas: a vegetação subperenifólia e a vegetação caducifólia.

Esta vegetação atualmente encontra-se bastante descaracterizada em relação às condições originais. A vegetação subperenifólia é composta por plantas de porte arbustivo ou, comumente arbustivo/arbóreo, intercalando áreas pouco adensadas com áreas mais densas. Na medida em que a área se afasta do litoral, onde os sedimentos da formação barreiras assumem uma menor espessura no contato com os solos das depressões sertanejas, passam a predominar espécies caducifólias mais parecidas com a caatinga, em virtude da influência da semi-aridez do clima. De acordo com Fernandes (1990), a vegetação subperenifólia abrange principalmente as áreas com podzólicos vermelho-amarelos distróficos e as areias quartzosas e à medida que os sedimentos da Formação Barreiras assumem menor espessura no contato com os solos das depresssões sertanejas, passam a

prevalecer espécies caducifólias com as condições fisionômicas e florísticas que mais se aproximam das caatingas sertanejas.

Possui espécies arbóreas com extrato arbustivo pouco adensado. Possui um caráter dominante subcaducifólio, ou seja, a maior parte das árvores e arbustos perde sua folhagem no período de estiagem. Encontramos espécies comuns da caatinga, cerrado e mata seca. São vegetações que estão em áreas mais afastadas. Na área mais afastada do litoral, nos tabuleiros interiores, em decorrência do clima semi-árido, apresenta uma maior penetração da caatinga.

Entre algumas espécies podemos citar: *Anacardium occidentale* (caju) *Caesalpinea bracteosa* (catingueira); *Mimosa tenuiflora* (jurema preta), *Astrronium urundeuva* (aroeira) e *Cereus tamacaru* (mandacuru).

2.2.3.4 Vegetação de Mangue

Esta vegetação se desenvolve na área estuarina da bacia na planície flúvio-marinha onde há a influência da água doce e da água salgada. As espécies de mangue são adaptadas às condições ecológicas local, possui raízes suportes (rizóforos) para se sustentarem na lama, e pneumatóforos (raízes respiratórias) para absorverem oxigênio no ar. A dispersão das sementes ocorre pelo constante fluxo das águas. Segundo Fernandes (1990), o manguezal, na sua área nuclear, forma uma densa mata que tem efeito assaz atenuante de microclima através de sua cobertura e da diminuição da evaporação. Apresenta-se como um ambiente florestal denso com espécies lenhosas.

Esta vegetação é importantíssima, pois atua na proteção das margens dos rios em sua desembocadura, diminuem a erosão impedindo o avanço de dunas, e funciona como um berçário para a reprodução de moluscos, peixes, crustáceos e aves. A composição florística é formada pelas espécies arbóreas: *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Laguncuaria racemosa* (mangue Branco), *Avicennia shaueriana* (mangue siriúba), Conocarpus erecta (mangue botão).

2.2.3.5 Vegetação de Caatinga Arbórea e Arbustiva

Esta vegetação associa-se aos terrenos cristalinos da depressão sertaneja onde a estiagem hídrica faz com que as espécies sejam adaptadas às condições de semi-aridez, perdendo suas folhas na estiagem.

Apresenta espécies do tipo arbórea e arbustiva, refletindo as condições do meio físico como geologia, geomorfologia, solos e clima. Devido a ocupação histórica no sertão, esta vegetação encontra-se bastante descaracterizada pela influência antrópica para a pecuária, retirada de lenha. No alto curso da bacia, nas nascentes é possível observar uma caatinga mais preservada com algumas espécies arbóreas, mas após o que se observa é uma caatinga arbustiva com um porte mais baixo do que a arbórea. Algumas espécies encontradas na área: *Zyzyphus joazeiro* (juazeiro), *Auxemma Oncocalix* (pau-branco), *Astrronium urundeuva* (aroeira), *Mimosa tenuifolia* (jurema preta).

2.2.3.6 Vegetação de Várzea

Esta vegetação se desenvolve ao longo do médio e baixo curso do rio Pirangi e nas margens de lagoas no baixo curso do rio. A principal espécie que ocupa é a carnaúba (*Copernicea cerifera*). Em um estrato arbustivo-arbóreo são encontradas espécies como o pajeú, juazeiro, marmeleiro, jurema branca. No alto e médio, a vegetação encontra-se mais espaçada com pequenas manchas, já no baixo curso do rio a mata ciliar apresenta-se em maior número se estendendo até as áreas dos manguezais, conforme Cogerh (2001). Segundo Fernandes (1990), as matas ciliares compreendem simultaneamente ao carnaubal e a vegetação ribeirinha. O carnaubal é a vegetação dominada por este tipo de palmeiral e que pode ser considerada pertencente às formações florestais. Não apresenta, porém, as características próprias das primitivas florestas dicótilo-palmáceas. A vegetação ribeirinha, por outro lado, bordeja as calhas fluviais em razão das melhores condições oferecidas pelas partes marginais dos rios com solos aluviais mais férteis e com maior teor hídrico.

As figuras 20, 21, 22, 23 e 24 ilustram alguns tipos de vegetação presentes ao longo da bacia.

Figura 20 - Mangue branco (*Laguncularia racemosa*) espécie típica do manguezal

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 21- Juazeiro (*Zyzyphus joazeiro)* planta da caatinga nos sertões de Quixadá

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 22 - Pau-branco *(Auxemma Oncocalix) nos sertões de Ocara*

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

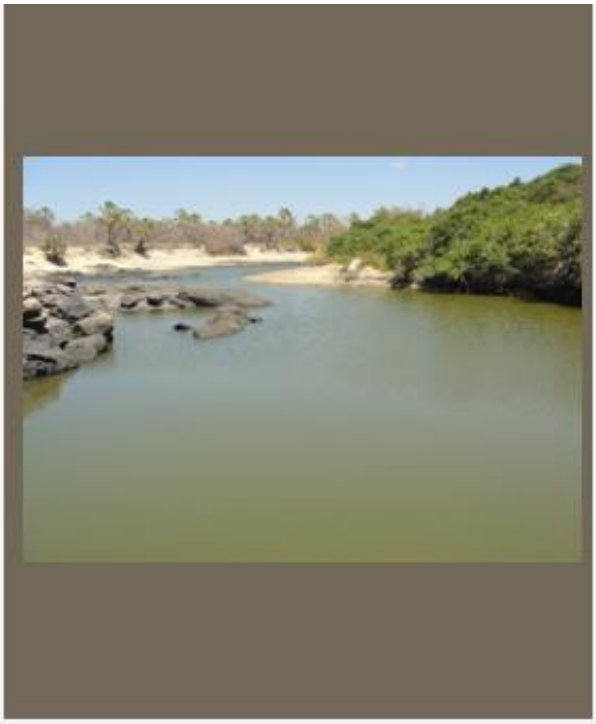
Figura 23: Caju (*Anacardium occidentale) nos tabuleiros costeiros*

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 24: Carnaúba (*Copernicea cerifera*) no baixo curso do rio Pirangi

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Capítulo 03:
Sub-Bacias e Unidades Geoambientais da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi



As unidades geoambientais são formadas pela integração dos fatores clima, litologia, estrutura, relevo, vegetação e dos recursos hídricos interagindo de forma variada, configurando paisagens específicas para cada combinação. Cada compartimento exibe padrões próprios de drenagem superficial, tipos de solos, características peculiares de fitofisionomia. Consequentemente, os padrões de ocupação são também influenciados (SOUZA, 2000).

Capítulo 03 – Sub-Bacias e Unidades Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi

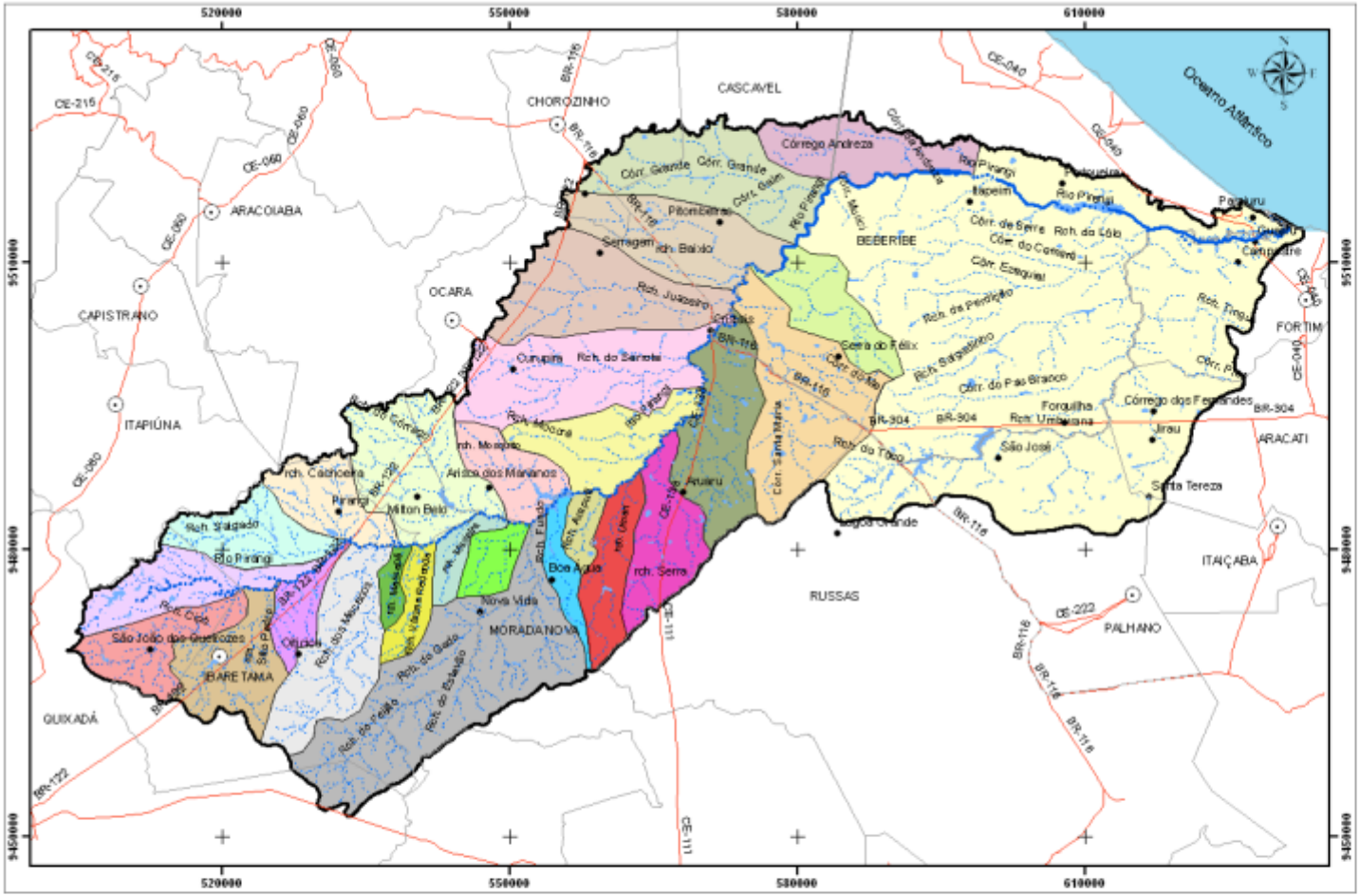
Este capítulo aborda a subdivisão da bacia do rio Pirangi em sub-bacias, onde posteriormente cartografou-se e caracterizou-se as sub-bacias. Esta demarcação das sub-bacias poderá auxiliar a gestão do Comitê de Bacia Hidrográfica para traçar medidas de uso para cada sub-bacia e pontuar os problemas ambientais existentes, procurando minimizá-los, pois assim contribuirão para a gestão integrada da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi. Em seguida, delimitou-se as unidades geoambientais da bacia, tendo como critério a geomorfologia e as características naturais dominantes.

3.1 SUB-BACIAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANGI

A delimitação das sub-bacias teve como base o conceito elaborado por Teodoro et al (2007) abordado no capítulo teórico e de algumas modificações devido as características locais da bacia hidrográfica. De acordo com Souza e Fernandes (2000), a subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) permitem a pontuar os problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente.

Desta forma, delimitou-se 29 sub-bacias que estão sintetizadas no mapa 07. Os quadros 21, 22 e 23 demonstram a divisão das sub-bacias com sua respectiva área, municípios e distritos abrangidos e características naturais dominantes. Destaca-se que em algumas sub-bacias ocupam o mesmo distrito, mas em áreas diferentes. Em determinada sub-bacia a sede distrital encontra-se dentro da área da sub-bacia e em outras não, ficando apenas a zona rural do distrito.

O alto curso e o médio curso da bacia do rio Pirangi foram os que apresentaram um maior número de sub-bacias, devido talvez a uma maior quantidade de canais nestes trechos. Outro destaque diz respeito à delimitação das sub-bacias referentes ao alto, médio e baixo curso do rio Pirangi, principalmente do baixo curso. O baixo curso apresentou um número menor de sub-bacias, mas com destaque para uma que apresentou área maior do que a do alto e médio e com importantes tributários como o riacho Umburana e os Córregos do Ezequiel e Camará que deságuam no Umburanas e posteriormente no rio Pirangi.



Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi/Ce: Subsídios para o Planejamento Ambiental

Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

ESCALA 1:450.000

Escala gráfica

0 3,5 7 14 21 28 Kilometros

Convenções Cartográficas
- Rio Pirangi (Drenagem Perene)
- Rios e/ou Riachos (Drenagem Intermitente)
- Açudes
- Estradas Pavimentadas
- Limites Municipais
- Sedes Distritais
- Sede Municipal

SISTEMA UNIVERSAL TRASNVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24 S

Fonte: Mapa Geomorfológico Radam Brasil
Folha Jaguaribe/Natal SB. 25/25
Base Cartografica do Rio Pirangi adaptada da COGERH (2008)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA

Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido

MAPA 07: SUB-BACIAS DA BACIA DO RIO PIRANGI

LEGENDA

SUB-BACIAS	MUNICÍPIOS	ÁREA (km2)
Alto Pirangi	Quixadá, Ibaretama	102,05
Médio/Baixo Pirangi	Beberibe, Aracati, Fortim Palhano e Russas	1404,07
Alto/Médio Pirangi	Morada Nova	144,31
Córrego da Andreza	Beberibe	110,22
Córrego Grande	Chorozinho e Cascavel	176,54
Córrego do Meio	Beberibe	91,36
Córrego Santa Maria	Beberibe	211,8
Riacho Arapuá	Morada Nova	25,77
Riacho Baixio do Feijão	Chorozinho, Ocara e Cascavel	147,14
Riacho Cachoeira	Ibaretama	79,49
Riacho Cipó	Quixadá	88,04
Riacho Córrego	Ocara	168,1
Riacho Espinho	Ibaretama	37,76
Riacho Feijão	Ibaretama	350,3
Riacho Fundo	Morada Nova	34,61
Riacho Juazeiro	Ocara e Cascavel	177,56
Riacho dos Macacos	Ibaretama	150,29
Riacho Madeira	Ibaretama	29,83
Riacho Massapê de Cima	Ibaretama	18,36
Riacho Mocoré	Ocara	109,09
Riacho Mosquito	Ocara	68,29
Riacho Salgado	Ibaretama	87,52
Riacho São Pedro	Ibaretama	107,94
Riacho Serrote	Ocara	207,4
Riacho Serra	Morada Nova	101,03
Sub-Bacia 1	Ibaretama	42,57
Riacho Várzea Redonda	Ibaretama	39,17
Riacho Umari	Morada Nova	75,25

Quadro 21 - Sub-bacias do Alto curso do rio Pirangi

SUB-BACIAS	ÁREA	MUNICÍPIOS	DISTRITOS	CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES
Alto Pirangi	102,05	Quixadá	São João dos Queirozes	Embasamento cristalino com relevo depressão sertaneja, e depósitos sedimentares cenozoicos associados a planície fluvial, declividade 5-10%, altitudes suaves (100m), inselbergues isolados, clima semi-árido, drenagem dentrítica e solos do tipo bruno não-cálcico, planossolo solódico e argissolo vermelho-amarelo, neossolos flúvicos e vegetação de caatinga e em alguns setores mais preservados da nascente mata ciliar.
		Ibaretama	Pirangi	
Riacho Feijão	350,3	Ibaretama	Nova Vida com sede distrital	Embasamento cristalino (Unidade Acopiara e Formação Santarém) depressão sertaneja, clima semi-árido, drenagem drentrítica, solos argissolos vermelho-amarelo e pequenas manchas de solonetz solodizado e afloramentos rochosos e vegetação de caatinga.
Riacho Espinho	37,76	Ibaretama	Parte do distrito de Nova Vida	Embasamento cristalino (unidade Canindé) da depressão sertaneja, manchas de depósitos sedimentares cenozoicos associados aos tabuleiros interiores, clima semi-árido, drenagem drentrítica, solos argissolos vermelho-amarelo e pequenas manchas de solonetz solodizado, vegetação de caatinga.
Riacho Madeira	29,83	Ibaretama	Parte do distrito de Nova Vida	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) da depressão sertaneja, clima semi-árido, drenagem sub-dentrítica, solos planossolo solódico e pequenas manchas de argissolo vermelho-amarelo e vegetação de caatinga.
Riacho Várzea Redonda	39,17	Ibaretama	Parte do distrito de Oiticica	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) da depressão sertaneja, clima semi-árido, drenagem dentrítica, solos do tipo solonetz solodizado e pequenas manchas de argissolo vermelho-amarelo e vegetação de caatinga.
Riacho Massapê de Cima	18,36	Ibaretama	Parte do distrito de Oiticica	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) da depressão sertaneja, clima semi-árido, drenagem dentrítica, planossolos solódicos e pequenas manchas de argissolo vermelho-amarelo e vegetação de caatinga.
Riacho dos Macacos	150,29	Ibaretama	Parte do distrito de Oiticica	Embasamento Cristalino (Unidade Canindé e granitoide), depressão sertaneja e crista residual da Serra do Félix (nascente do riacho dos Macacos), clima semi-árido, drenagem dentrítica, solos argissolo vermelho-amarelo, afloramentos rochosos e planossolo solódico com vegetação de caatinga.
Sub-Bacia 1	42,57	Ibaretama	Parte do distrito de Oiticica	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) da depressão sertaneja, clima semi-árido, drenagem dentrítica, solos do tipo solonetz solodizado e neossolos litólicos e vegetação de caatinga.
Riacho São Pedro	107,94	Ibaretama	Sede municipal de Ibaretama	Embasamento cristalino (Unidade Mombaçae granitóides diversos), relevo de depressão sertaneja e parte da crista residual da Serra Azul (nascente do riacho São Pedro), clima semi-árido, drenagem dentrítica, solos Bruno Não Cálcico, planossolo solódico, Neossolos Litólicos e pequenas manchas de argissolo vermelho-amarelo e vegetação de caatinga.
Riacho Cipó	88,04	Quixadá	São João dos Queirozes	Embasamento cristalino (Unidade Mombaça e Algodões), relevo de depressão sertaneja, clima semi-árido, drenagem dentrítica, solos argissolos vermelho-amarelo e pequenas manchas de planossolo solódico e de afloramentos rochosos, vegetação de caatinga.
Riacho Salgado	87,52	Ibaretama	Parte do distrito de	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) da depressão sertaneja, clima semi-árido, drenagem dentrítica, planossolo solódico e pequenas manchas de argissolo vermelho-

Quadro 21: Sub-bacias do Alto curso do rio Pirangi - continuação

			Pirangi	amarelo com vegetação de caatinga.
Riacho Cachoeira	79,49	Ibaretama	Pirangi	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) formando a depressão sertaneja, clima semi-árido, drenagem dentrítica, solos argissolo vermelho-amarelo e planossolo solódico e vegetação de caatinga.
Riacho Córrego	168,1	Ocara	Arisco dos Marianos	Embasamento cristalino (unidade Canindé) relevo depressão sertaneja, pequenas manchas de depósitos sedimentares cenozoicos associados aos tabuleiros interiores, clima semi-árido, drenagem drentrítica, solos argissolos vermelho-amarelo e planossolo solódico, vegetação de caatinga e de tabuleiro.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Quadro 22 - Sub-bacias do médio curso do rio Pirangi

SUB-BACIAS	ÁREA	MUNICÍPIOS	DISTRITOS	CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES
Riacho Mosquito	68,29	Ocara	Parte do distrito de Arisco dos Marianos	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) da depressão sertaneja e depósitos sedimentares cenozoicos associado aos tabuleiros interiores, clima semi-árido, drenagem sub-dentrítica, argissolo vermelho-amarelo e solonetz solodizado com vegetação de caatinga e de tabuleiro.
Riacho Mocoré	109,09	Ocara	Parte dos distritos de Curupira e Arisco dos Marianos	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) da depressão sertaneja, pequena mancha de depósitos sedimentares cenozoicos associado aos tabuleiros interiores, clima semi-árido, drenagem sub-dentrítica e sub-paralela argissolo vermelho-amarelo e pequenas manchas de solonetz solodizado e vegetação de caatinga com algumas espécies de tabuleiros.
Riacho Serrote	207,4	Ocara	Curupira	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) da depressão sertaneja e depósitos sedimentares cenozoicos associado aos tabuleiros interiores, clima semi-árido, drenagem sub-dentrítica, solonetz solodizado e pequenas manchas de argissolo vermelho-amarelo, vegetação de caatinga e de tabuleiro.
Riacho Juazeiro	177,56	Ocara	Parte do distrito de Curupira	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) da depressão sertaneja com pequenas manchas de depósitos sedimentares cenozoico associado aos tabuleiros interiores, clima semi-árido, drenagem sub-dentrítica, solos argissolos vermelho-amarelo, solonetz solodizado e pequena mancha de vertissolo e vegetação de caatinga e de tabuleiro.
Rch. Baixio do Feijão	147,14	Cascavel	Pitombeiras com sede distrital dentro da sub-bacia	Embasamento cristalino (Unidade Canindé) formando a depressão sertaneja, depósitos sedimentares cenozoicos nos tabuleiros interiores, clima semi-árido a sub-úmido, drenagem sub-paralela, solos argissolo vermelho-amarelo e solos do tipo solonetz solodizado, vegetação de caatinga e de tabuleiro.
		Ocara	parte do distrito de Serragem	

Quadro 22 - Sub-bacias do Médio curso do rio Pirangi - continuação

Córrego do Meio	91,38	Beberibe	Parte de distrito de Serra do Félix (sede distrital fora da sub-bacia)	Embasamento cristalino (Formação Santarém) na depressão sertaneja, depósitos sedimentares cenozoicos, clima semi-árido a sub-úmido, drenagem paralela, solos Neossolos Quartzarênicos, solonetz solodizado e afloramentos rochosos e vegetação com espécies da Mata de Tabuleiro e Mata da Caatinga.
Córrego Santa Maria	211,8	Beberibe	Serra do Félix com sede dentro da sub-bacia	Embasamento cristalino (Formação Santarém) na depressão sertaneja e na serra do Félix, depósitos sedimentares cenozoicos no relevo de tabuleiro, clima semi-árido a sub-úmido, drenagem sub-dentrítica e sub-paralela, solos Neossolos Quartzarênicos, solonetz solodizado e afloramentos rochosos e vegetação com espécies da Mata de Tabuleiro e Mata da Caatinga, sendo esta última em maior número.
Médio Pirangi	144,31	Morada Nova	Aruaru	Embasamento cristalino (Unidade Canindé, Formação Santarém e Unidade Acopiara), depressão sertaneja, planície fluvial, clima semi-árido, drenagem dentrítica, solos podzólico vermelho-amarelo, solonetz solodizado, neossolos flúvicos, mata de caatinga e mata ciliar.
Riacho Serra	101,03	Morada Nova	Parte dos distritos de Aruaru e Boa Água	Embasamento cristalino (Unidade Acopiara e Mombaça) da depressão sertaneja, clima semi-árido, drenagem sub-dentrítica, solos do tipo argissolo vermelho-amarelo, neossolos litólicos e solonetz solodizado com vegetação de caatinga
Riacho Arapuã	25,77	Morada Nova	Boa Água (sede distrital fora da sub-bacia)	Embasamento cristalino (Unidade Canindé e Unidade Acopiara) formando a depressão sertaneja, depósitos sedimentares cenozoicos nos tabuleiros interiores, clima semi-árido, drenagem dentrítica, solos argissolo vermelho-amarelo com pequenas manchas de solos do tipo solonetz solodizado, vegetação de caatinga e de tabuleiro.
Rch. Umari	75,25	Morada Nova	Parte dos distritos de Aruaru e Boa Água	Embasamento cristalino (Unidade Acopiara e Mombaça) da depressão sertaneja, clima semi-árido, drenagem sub-dentrítica, solos do tipo argissolo vermelho-amarelo, neossolos litólicos e solonetz solodizado com vegetação de caatinga.
Rch. Fundo	34,61	Morada Nova	Boa Água	Embasamento cristalino (Unidade Acopiara e Formação Santarém) da depressão sertaneja com pequenas manchas de depósitos sedimentares cenozoico associado aos tabuleiros interiores, clima semi-árido, drenagem dentrítica, solos argissolos vermelho-amarelo e pequenas manchas de solonetz solodizado e afloramentos rochosos e vegetação de caatinga.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Quadro 23 - Sub-bacias do Baixo curso do rio Pirangi

SUB-BACIAS	ÁREA	MUNICÍPIOS	DISTRITOS	CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES
Córrego Grande	176,54	Chorozinho	Timbaúba dos Marinheiros	Embasamento cristalino em um pequeno trecho, domínio maior dos depósitos sedimentares cenozoicos com tabuleiros pré-litorâneos, clima sub-úmido, drenagem paralela, solos do tipo Neossolos Quartzarênicos e solonetz solodizado e vegetação do tipo Mata de Tabuleiro.
		Cascavel	Piombeiras	
Córrego da Andreza	110,22	Beberibe	Itapeim	Embasamento cristalino em um pequeno trecho, domínio maior dos depósitos sedimentares cenozoicos com tabuleiros pré-litorâneos, clima sub-úmido, drenagem paralela, solos do tipo Neossolos Quartzarênicos, Mata de Tabuleiro.
Baixo Pirangi	1404,07	Beberibe	Parajuru, Paripueira, Itapeim, Forquilha,	Embasamento cristalino (Unidade Jaguaretama) na nascente do riacho umburanas, depósitos sedimentares com relevo de tabuleiro costeiros, planície litorânea (faixa de praia, campos de dunas móveis e fixas, planície flúvio-marinha) e planície fluvial. Clima sub-úmido e drenagem sub-paralela e paralela, canal meândrico na foz do rio Pirangi, solos do tipo Neossolos Quartzarênicos, planossolo solódico, podzólico vermelho-amarelo distrófico, solonetz solodizado, solonchak sódico, vegetação do complexo vegetacional da zona costeira, mata ciliar e mata de tabuleiro.
		Palhano	São José,	
		Russas	Lagoa Grande,	
		Fortim	Guajiru Campestre	
		Aracati,	Jirau, Santa Teresa e Córrego dos Fernandes	

Fonte: Juliana Maria Oliveira Silva

3.3 Unidades Geoambientais

A delimitação das unidades geoambientais foi baseada em critérios geomorfológicos, levantamentos de campo e estudos sobre a compartimentação geoambiental do Ceará elaborado por Souza (2000).

O destaque feito à geomorfologia como fator básico de integração é devido tanto ao seu grau de “estabilidade” como pela maior facilidade de se identificar, delimitar e interpretar os comportamentos topográficos e as funções de modelado nele contido e conduzir a uma condição parcial de integração através das condições morfo-estruturais, morfo-pedológicos, morfo-climáticos e hidro-morfológicos (SOARES, 1998).

Segundo Souza (2000) as unidades geoambientais tendem a apresentar um arranjo espacial decorrente da similaridade de relações entre os componentes naturais – de natureza geológica, geomorfológica, hidroclimática, pedológica e biogeográfica – materializando-se nos diferentes padrões de paisagens. As unidades são integradas por variados elementos que mantém relações mútuas entre si e são continuamente submetidos aos fluxos de matéria e energia.

A bacia em estudo comporta 06 unidades geoambientais: Planície Litorânea, Planície Fluvial, Tabuleiros Litorâneos, Tabuleiros Interiores com coberturas coluviais detríticas, Cristas Residuais e Agrupamentos de Inselbergues e Depressão Sertaneja.

O mapa 08 representa as unidades geoambientais encontrados na área de estudo.

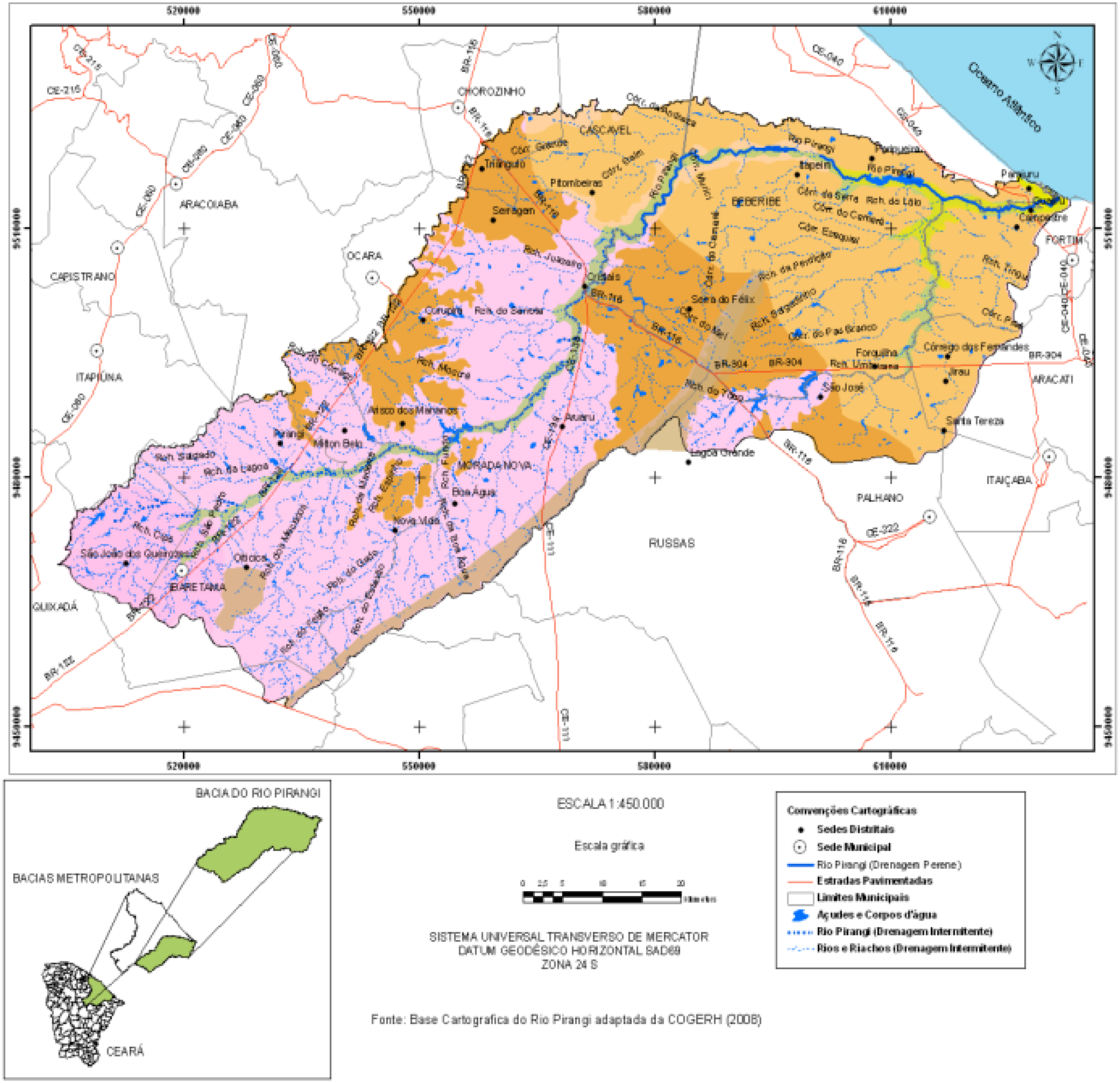
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA

Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido

Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi/Ce: Subsídios ao Planejamento Ambiental

Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

MAPA 08: UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA DO RIO PIRANGI



Fonte: Base Cartografica do Rio Pirangi adaptada da COGERH (2006)

UNIDADES GEOAMBIENTAIS	CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES
Planície Litorânea	Superfície composta por terrenos em formação submetidos às influências marinha, eólica, fluvial e pluvial, contendo campos de dunas móveis e fixas, planície flúvio-marinha com mangues, faixas de praia, condições climáticas variando de semi-áridas a sub-úmidas, recursos hídricos subsuperficiais, neossolos quartzarênicos e gleyssolos no estuário, com vegetação de mangue e pioneira psamófila.
Planície Fluvial	Áreas planas em faixas de aluviões e baixadas inundáveis. Sedimentos aluviais com areias mal selecionadas com siltes, areias e cascalhos. Escoamento intermitente sazonal, clima que varia do sub-úmido no baixo curso a semi-árido no alto e médio curso. Neossolos Flúvicos, Planossolos e com Vegetação de várzea com carnaubais
Tabuleiros Litorâneos	Superfície de topo plano e suavemente ondulada dissecados em interflúvios tabuliformes com sedimentos arenosos de cores esbranquiçadas mal selecionados. Escoamento intermitente sazonal. Clima sub-úmido a semi-árido. Neossolos Quartzarênicos e Vegetação de Tabuleiros.
Tabuleiros Interiores com coberturas coluviais detríticas	Rampas de acumulação interiores em depressões dissecadas em interflúvios tabulares. Coberturas colúvio-eluvionais; areias sílticas argilosas. Escoamento intermitente sazonal, Clima sub-úmido a semi-árido. Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e Distrófico e Vegetação de Tabuleiros e Caatinga.
Cristas, Serras Secas e Agrupamento de Inselbergues	Áreas dispersas pela depressão sertaneja, derivam do trabalho de erosão diferencial em setores de rochas muito resistentes, algumas são alinhamentos de cristas devido a falhas, ocasionando a elaboração de relevos rochosos ou com solos rasos, declives íngremes, drenagem intermitente, vegetação de caatinga.
Depressão Sertaneja	Embasamento cristalino. Superfícies pediplanadas truncando variados tipos de rochas, pedimentos conservados e eventualmente dissecados em colinas rasas. Escoamento intermitente. Clima semi-árido. Neossolos Litólicos, afloramentos rochosos, Planossolos Háplicos, Neossolos Flúvicos, Argissolos e vegetação de Caatinga Arbustiva

3.2.1. Mar Litorâneo

A proposta de se incluir o mar litorâneo como uma unidade geoambiental segue os critérios de Silva (1998), que compartimentou o litoral de Trairi e Mundaú.

O mar litorâneo é uma área do oceano que está junto ao continente. Na área de estudo, o mar litorâneo encontra-se ao Norte. A flora presente nesta unidade é composta basicamente de fitoplânctons que servem de alimentos para a fauna presente, como os peixes, moluscos e crustáceos.

As forças marinhas como as ondas, correntes marinhas e marés constituem as principais forças atuantes na morfogênese litorânea. As ondas (oscilações da superfície do mar, causada pelos ventos) assumem um papel importante, pois tem ação erosiva no transporte e deposição de sedimentos. As marés (aumento do nível do mar, em virtude da atração que o sol e a lua exercem sobre a Terra, principalmente a lua devido a sua proximidade) também atuam na esculturação do litoral, pois a ação das ondas age com uma amplitude vertical maior devido a influência das marés altas.

Ressalta-se que a acumulação de sedimentos é favorecida principalmente na preamar e a erosão na baixamar. Ainda tem as correntes de deriva litorânea, essas correntes são geradas quando as ondas não atingem perpendicularmente o litoral, mas com um determinado ângulo, o resultado é um movimento de detritos com trajetórias ziguezague.

3.2.2 **Planície Litorânea**

As subunidades geoambientais encontrados na Planície Litorânea foram a faixa de praia, pós-praia, barreiras litorâneas, campos de dunas, planície flúvio-marinha e planícies lacustres.

3.2.2.1 Faixa de praia/pós-praia/barreiras

A faixa de praia caracteriza-se pela acumulação de sedimentos inconsolidados de idade holocênica, constituídas por areias, cascalhos que são depositados pelas ondas durante os fluxos de maré alta, e retrabalhados, e remobilizados durante a maré baixa.

A origem destes sedimentos é proveniente do continente e foram transportados pelo trabalho erosivo dos rios até a sua foz, para posteriormente se misturarem com o mar e depois formarem os sedimentos da faixa de praia.

A faixa de praia da área estudada (figura 25) é recoberta por sedimentos constituídos por areias quartzozas, com grande acumulação e depositados pelo mar. As ondas atacam obliquamente a praia com direção SE-NW, originando assim o transporte longitudinal de areia, principalmente na zona de surf. A fonte de sedimentos são as areias vindas do continente transportados pelo rio Pirangi e da faixa de praia em períodos de baixa-mar, que deixam na zona de estirâncio sedimentos que posteriormente serão transportados pelo vento.

A faixa de praia apresenta uma largura média de 50 metros, com extensão longitudinal de aproximadamente 3 km. Na área de estudo foram encontrados depósitos de mangue que estão atualmente aflorando na zona de estirâncio e afastados do canal estuarino, evidenciando condições climáticas onde o nível do mar era mais baixo do que o atual.

A pós-praia (figura 26) é uma unidade que tem seu início logo após a faixa de praia e só é alcançada pelas ondas durante a ocorrência de marés excepcionais, muito altas. Possui sedimentos que são transportados pelo vento na faixa de praia durante as marés baixas ou por outras fontes de sedimentos. Neste setor observa-se vegetação pioneira psamófila adaptada às condições locais como a salinidade e ventos. As principais espécies de vegetação encontrada na pós-praia da área de estudo são *Ipomea pes-caprae* (salsa) e *Remirea marítima* (pinheirinho-da-praia).

Figura 25 - Faixa de praia com a presença de depósitos de paleomangue em Parajuru

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 26 - Pós-praia da área com a presença de barracas em Parajuru

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Na foz do rio Pirangi é possível observar a formação de barreiras paralelas à linha da praia (figuras 27 e 28)

Figura 27 - Imagem do Google Earth identificando a barreira litorânea paralela à linha de praia.

Fonte – Google Earth, 2010

Figura 28 - Foto aérea da barreira litorânea, no lado direito, situa-se a foz do rio Pirangi.

Fonte - SEMACE, 2008

Segundo Claudino-Sales et al (2006), os tipos de barreiras identificadas ao longo do litoral do Estado do Ceará estão associados principalmente (1) a interrupções ou alterações no padrão do transporte longitudinal de sedimentos em função da presença de estuários, lagunas, promontórios e (2) a inflexões maiores da linha de costa. Nesse sentido, elas podem ser classificadas como barreiras do tipo *spit* (dominada pela energia das ondas), barreiras de energia mista (dominada pela energia das ondas e marés) e barreiras do tipo *spits duplos* (dominadas pela energia das ondas e fluxos fluviais). As barreiras são de pequeno porte, apresentando em geral dimensões médias de poucos quilômetros de extensão e poucas centenas de metros de largura.

A barreira do Pirangi pode ser considerada do tipo spit tem aproximadamente 3,2 km de comprimento e 230 m de largura.

3.2.2.2 Campos de Dunas

As dunas são exemplos típicos de depósitos eólicos existentes e são formadas de acordo com a direção e competência do vento e condições climáticas existentes. A origem dos sedimentos é continental, transportados pelos rios até a

costa e depositados nas praias e deslocados pela ação dos ventos, os quais foram se acumulando dando origem às dunas.

Na área de estudo, as dunas dispõem-se paralela à linha de praia após a pós-praia, sendo formadas por areias quartzozas esbranquiçadas, de granulação média a fina, deslocando-se gradualmente para o interior no sentido sudoeste. A fonte destes sedimentos são as areias depositadas na faixa de praia. Nas proximidades da área de pós-praia, predominam as áreas de baixio, depressão interdunar, recoberta por vegetação do tipo pioneira e com a presença de alguns riachos.

O limite dos campos de dunas com a área de tabuleiro caracteriza-se por uma área de dunas semi-fixas coberta por uma vegetação de porte maior (subperenifólia) destacando-se entre as espécies o caju (*Anacardium occidentale*).

Em relação ao grau de consolidação, as dunas móveis e fixas se destacam na paisagem. As móveis se localizam depois do pós-praia, com vegetação em processo de consolidação do tipo psamófila do tipo gramíneas e rasteiras adaptada às condições locais de salinidade e vento, mas sua disposição favorece a migração dos sedimentos, pois esta vegetação não possui capacidade suficiente para evitar o deslocamento das areias. Ocorrendo mais no interior após as dunas móveis, podem-se encontrar as dunas fixas. Destaca-se ainda que a cobertura vegetal atua para a manutenção do potencial hídrico superficial e subterrâneo, habitat para répteis, aves e mamíferos e frutos como o caju e o murici. As figuras 29 e 30 ilustram as formas dunares da área de estudo como as frontais, as depressões interdunares com a presença de dunas nebkas. Percebe-se ainda dunas que foram cimentadas.

As dunas frontais apresentam características alongadas e altitudes bem menores, estando situadas paralelas à praia e algumas encontram-se recobertas por vegetação psamófila. Segundo Nascimento (2007), a gênese para este tipo de duna necessita da ação de ventos fortes e da abundância de sedimentos.

As depressões interdunares localizam-se entre uma duna e outra e são superfícies baixas. As “nebkas” (termo de origem árabe) é um tipo de duna que acontece quando há a formação de montículos de areias acumulados pelos ventos à jusante ou montante dos obstáculos vegetais.

Feições dunares presentes na área de estudo

Figura 29 - Dunas *Nebkas* na praia de Parajuru – município de Beberibe

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 30 - Dunas frontais na praia de Parajuru – município de Beberibe

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

A porosidade e a permeabilidade dos sedimentos das dunas faz com que este sub-sistema seja grande acumulador de água subterrânea, que afloram dando forma a lagoas interdunares e que serve de lazer e abastecimento para as populações litorâneas.

As dunas móveis são ambientes instáveis, pois estão sujeitas aos processos eólicos e não possuem vegetação, o que facilita a movimentação de sedimentos, ou seja, a vulnerabilidade à erosão é intensa. As dunas fixas, os processos eólicos são bem menos atuantes, devido a presença da cobertura vegetal barrar os processos eólicos. As dunas móveis também representam importância no equilíbrio das praias através do aporte de sedimentos.

3.2.2.3 Planície Flúvio-Marinha

A planície flúvio-marinha do rio Pirangi ocupa uma área de 66 km^2 e é formada por sedimentos argilosos, rico em matéria orgânica. Possui um modelado plano com dinâmica associada evidenciando as correlações com as condições climáticas, o aporte de água doce (fluvial e subterrânea), as oscilações diárias de maré, as correntes marinhas e a ação dos ventos.

A complexa interação e convergência dos fluxos associados às teleconexões continente-oceano-atmosfera, caracteriza um sistema ambiental em contínua evolução geoambiental e ecodinâmica. (IBAMA, 2005).

Os solos dominantes são os Gleyssolos, onde se desenvolve a Vegetação de mangue com espécies vegetais arbóreas como o mangue vermelho, verdadeiro ou sapateiro (*Rhizophora mangle*), o mangue manso, branco ou rajadinho (*Laguncularia racemosa*), o canoé, preto ou síriba (*Avicennia germinans* e *Avicennia schaueriana*) e o mangue ratinho ou botão (*Conocarpus erectus*).

O mangue sapateiro (*Rhizophora mangle*) ocupa as margens dos canais, junto às águas dos manguezais, onde os solos são menos consistentes, e suportam ainda as condições de baixa salinidade. Seu porte alcançou 20 metros de altura nas áreas mais conservadas (ilhas existentes no Pirangi), mas devido as atividades de salinas na década de 1970 e a expansão da carcinicultura nos últimos 20 anos, o manguezal encontra-se bastante degradado (IBAMA, 2005).

A dinâmica ambiental do estuário está relacionada aos processos geodinâmicos e hidrológicos e da ecodinâmica que envolve o ecossistema manguezal, a mata ciliar e o bosque de carnaubal. Meireles e Silva (2002) cita os principais fluxos de matéria e energia que atuam ao longo dos sistemas flúvio-marinhos:

i) Fluxo subterrâneo - Está associado ao Aqüífero Barreiras, ao campo de dunas móveis e fixas (zona estuarina). Este fluxo influencia as condições hidrodinâmicas dos canais fluviais principais e de seus afluentes; contribui com a aportação de materiais sedimentares e, interage com as reações físico-químicos e biológicos ao longo do sistema flúvio-marinho. Vinculado diretamente com os canais estuários através dos exutórios do lençol freático, contribui com água doce para o ecossistema manguezal e para os setores de várzea.

ii) Fluxo estuarino - originado a partir da integração entre a aportação de água doce proveniente das zonas de exutórios (quando a água subterrânea entra para o ecossistema manguezal), com o escoamento superficial associado ao sistema fluvial e com as oscilações diárias de maré. É a partir das reações ecodinâmicas (produção e dispersão de nutrientes) reguladas pela temperatura, pH, alcalinidade, salinidade (sais minerais), oxigênio dissolvido e matéria orgânica, vinculadas às unidades do ecossistema manguezal (bosque de manguezal, apicuns, bancos de areia, canais de marés e gamboas), que se estrutura a dinâmica de fluxo e de produtividade primária do ambiente estuarino.

iii) Fluxo litorâneo - originado a partir do ataque oblíquo das ondas à linha de costa e à ação das marés, é em grande parte o responsável pelo transporte e

distribuição dos sedimentos (silte, argila, areia e biodetritos) e dos nutrientes e a dispersão de sementes ao longo do sistema flúvio-marinho. Atua de modo a gerar um aporte sedimentar para a construção de bancos e flechas de areia e argila ao longo dos canais estuarinos, principalmente nas proximidades das desembocaduras do rio Pirangi.

iv) Fluxo eólico - apresenta relação direta com a sazonalidade climática regional (ventos mais intensos no segundo semestre). O fluxo eólico está diretamente associado à dinâmica de distribuição de sedimentos provenientes dos campos de dunas e à turbulência provocada pelo atrito com a cobertura vegetal, as superfícies do apicum e do salgado e com o espelho d'água. A ação dos ventos na remobilização da areia das praias para a formação dos campos de dunas móveis e fixas e os setores de aspersão eólica, promoveu uma dinâmica morfológica peculiar nas margens dos canais de maré, nos setores de apicum e na cobertura vegetal. Os campos de dunas localizados nas proximidades dos manguezais também regulam a disponibilidade de água doce para o ecossistema manguezal.

v) Fluxo fluvial. Associado ao aporte de água doce e de sedimentos e nutrientes, principalmente durante os eventos de maiores vazões. Durante as cheias atua como barreira hidrodinâmica, podendo até impedir a entrada da cunha salina para setores mais interiores do estuário. As amplitudes e variações dos eventos de aportação de água doce proveniente do aporte fluvial regulam a média anual da biomassa, a taxa de produção do fitoplâncton e as reações físico-químicas do estuário, influenciando os ciclos de produção primária (microalgas planctônicas, macroalgas bênticas e macrófitas submersas e emersas).

Os autores destacam ainda que a dinâmica das marés, associadas ao sistema estuarino promove a sustentação das reações que fundamentam a produtividade primária do ecossistema manguezal. A água doce que inunda o apicum e o salgado, proveniente dos eventos de maiores vazões fluviais, regula a dinâmica evolutiva da cobertura vegetal e ampliando o bosque de manguezal. A ação dos ventos e da deriva litorânea dos sedimentos reorienta a capacidade de expansão e contração da biomassa, elevando a complexidade das reações sistêmicas que conduzem à produção e distribuição de nutrientes. A figura 31 ilustra a planície flúvio-marinha.

Figura 31 - Planície flúvio-marinha da área de estudo

Fonte: Juliana Maria Oliveira Silva

3.2.2.4 Planície Lacustre

As planícies lacustre são áreas que se desenvolvem às margens de lagoas temporárias e intermitentes ocorrendo nas depressões interdunares e nos tabuleiros pré-litorâneos com dimensões variadas.

As lagoas interdunares são reservatórios de água doce que se acham interiorizados nas dunas, isolados dos meios adjacentes e submetidos à dinâmica evolutiva das dunas e as lagoas (CLAUDINO-SALES, 1993).

Segundo Claudino-Sales (1993) a formação de lagoas interdunares perenes ocorre quando o processo de deflação é evidenciado com intensidade suficiente para interceptar o nível piezométrico do lençol freático, garantindo assim, a perenidade dos reservatórios e a formação de lagoas intermitentes, que ocorrem a partir de percolação das águas e ascensão do lençol freático nos períodos mais pluviosos.

Na área de estudo, encontra-se pequenas lagoas que servem de lazer para a população local, pesca, coleta de mariscos etc. No entorno destas lagoas é possível observar a utilização para o plantio de agricultura de subsistência e pecuária. Durante o período chuvoso estas aumentam de tamanho e em número, mas com a estiagem algumas lagoas secam e outras permanecem, mas com um nível de água bem mais baixo. Na área dos tabuleiros destaca-se as lagoas de Tanque Ribeiro e Paripueira (esta no limite do tabuleiro com as dunas) ambas no distrito de Paripueira. No entorno de algumas lagoas pode-se observar a presença de mata ciliar como a carnaúba (*Copernicia cerífera*), caracterizando-se como uma

área de umidade mais elevada. As figuras 32 e 33 ilustram algumas lagoas no baixo curso do rio Pirangi.

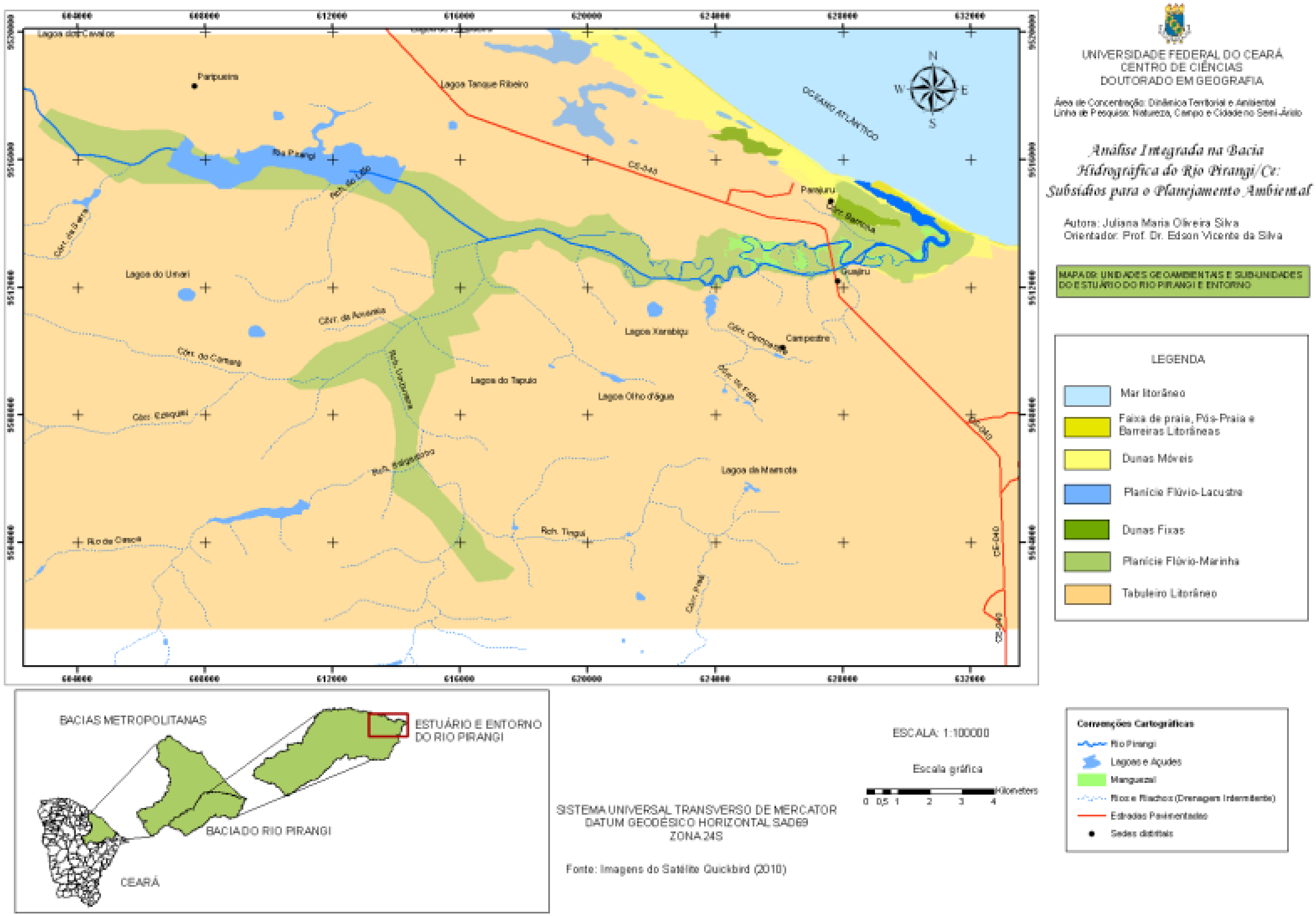
Figura 32 - Lagoa costeira perene no distrito de Parajuru, em Beberibe.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 33 - Lagoa intermitente no distrito de Parajuru, em Beberibe.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

A fim de uma melhor visualização das unidades geoambientais que envolve a planície litorânea elaborou-se um mapa (mapa 09) que espacializa as sub-unidades do estuário e entorno do rio Pirangi.


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido
Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi/Ce: Subsídios para o Planejamento Ambiental
Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
MAPA 09: UNIDADES GEOAMBIENTAIS E SUB-UNIDADES DO ESTUÁRIO DO RIO PIRANGI E ENTORNO
LEGENDA
Mar litorâneo
Faixa de praia, Pós-Praia e Barreiras Litorâneas
Dunas Móveis
Planície Flúvio-Lacustre
Dunas Fixas
Planície Flúvio-Marinha
Tabuleiro Litorâneo
OCEANO ATLÂNTICO
Rio Pirangi
Lagoa Tanque Ribeiro
Paripueira
Parajuru
Guajiru
Campestre
Lagoa do Umari
Lagoa Xerabiqu
Lagoa do Tapuio
Lagoa Olho d'água
Lagoa da Marmota
Rch. Tingui
Rio da Cascia
CE-040
CE-040
BACIAS METROPOLITANAS
ESTUÁRIO E ENTORNO DO RIO PIRANGI
BACIA DO RIO PIRANGI
CEARÁ
ESCALA: 1:100000
Escala gráfica
0 0,5 1 2 3 4 Kilometers
SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24S
Fonte: Imagens do Satélite Quickbird (2010)
Convenções Cartográficas
Rio Pirangi
Lagoas e Açudes
Manguezal
Rios e Riachos (Drenagem Intermitente)
Estradas Pavimentadas
Sedes distritais

3.2.3 Tabuleiros pré-litorâneos

Os tabuleiros pré-litorâneos (figura 34) são modelados nos sedimentos da Formação Barreiras, com sedimentos areno-argilosos de idade tércio-quaternário com granulação de fina a média, com cores que variam do branco, amarelo e vermelho. Segundo Souza (1988), os tabuleiros dispõem-se à retaguarda do cordão de dunas contactando, sem ruptura topográfica, com as depressões sertanejas, penetram cerca de 40km, em média, para o interior. Em alguns pontos, como nas praias, atingem o mar e são esculpidos em falésias. Têm altitudes que variam, normalmente, entre 30-50m, raramente ultrapassando ao nível de 80 m

Os tabuleiros são ambientes estáveis com solos mais espessos, uma topografia mais plana. A vegetação das áreas de tabuleiros é a mata de tabuleiros, com aspectos de subcaducifólia. Possui vegetação densa, com aspectos florísticos da caatinga.

Devido a baixa fertilidade natural, predomina como atividade uma agricultura extensiva, mas são ambientes ricos em água subsuperficial, e encontram-se nascentes de riachos que deságuam no rio Pirangi. Destacam-se entre eles os Córregos Andreza e Ezequiel que constituem uma fonte de água para as comunidades de mesmo nome. A drenagem é do tipo paralela e sub-paralela. As principais sub-bacias desta unidade são a do Baixo Pirangi, Córrego Grande e Córrego Andreza. A baixa declividade e o material sedimentar favorece a pouca dissecação do relevo. Em condições normais, as sub-bacias não apresentam tendências a enchentes (exceto os eventos extremos).

Figura 34 - Tabuleiro pré-litorâneo no município de Beberibe

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

3.2.4 Tabuleiros Interiores

Esta unidade apresenta uma distribuição irregular e ocorrem como manchas dispersas assentadas no embasamento cristalino com coberturas coluviais detríticas aparecendo nos municípios de Ocara (figura 35) e Morada Nova (figura 36). Segundo Souza (2000), são rampas de acumulação interiores em depressões periféricas de planaltos sedimentares, dissecadas em interflúvios tabulares.

A hidrologia apresenta uma rede de drenagem com padrões sub-dentríticos com clima sub-úmido a semi-árido. Possui solos do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo com uma vegetação de Tabuleiro e de Caatinga. Possui nascentes do Riacho Juazeiro, Serrote, ambos no município de Ocara. As sub-bacias mais importantes são a do Riacho do Baixio, Alto curso das sub-bacias do riacho Mocoré, Serrote e Córrego, sub-bacias do riacho do Espinho, Santa Maria e Córrego do Mel.

Figura 35 - Tabuleiros interiores no município de Ocara

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 36- Tabuleiros interiores no distrito de Aruaru, em Morada Nova

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

3.2.5 Cristas Residuais

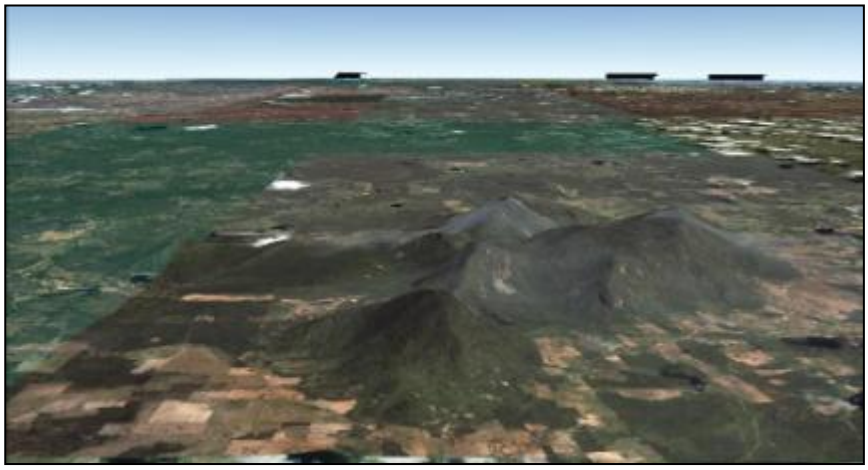
As cristas residuais da bacia são constituídas de rochas do embasamento cristalino, com feições aguçadas de relevo. Em termos de tamanho, são menores que os maciços e se encontram dispersas pela depressão sertaneja e são alinhadas segundo as direções tectônicas principais. A drenagem presente nas cristas possui escoamento intermitente. Os solos são do tipo Neossolos Litólicos, afloramentos rochosos e eventualmente argissolos. Estes solos estão recobertos por caatingas arbustivas e alguns setores pela atividade agrícola. As sub-bacias presentes são constituídas pelo Riacho dos Macacos, Riacho do Feijão, Boa Água, Serra, Médio Pirangi, Córrego do Mel e Riacho Salgadinho.

Na área de estudo verifica-se uma grande falha presente no conjunto de serras que formam a do Palhano e a do Félix, evidenciando que estas resultam desta falha e que a disposição das serras acompanha a linha de falha.

Segundo Souza (2000), as cristas e os agrupamentos de inselbergues são derivadas do trabalho da erosão diferencial em setores de rochas muito resistentes, ocasionando a elaboração de relevos rochosos com solos rasos, declives íngremes e fortes limitações ao uso agrícola. Nessas áreas existe uma maior ação dos processos associados à morfogênese mecânica, os quais produzem instabilidade no ambiente. A atividade morfogenética, de acordo com Tricart (1977), constitui uma limitação ao desenvolvimento dos seres vivos.

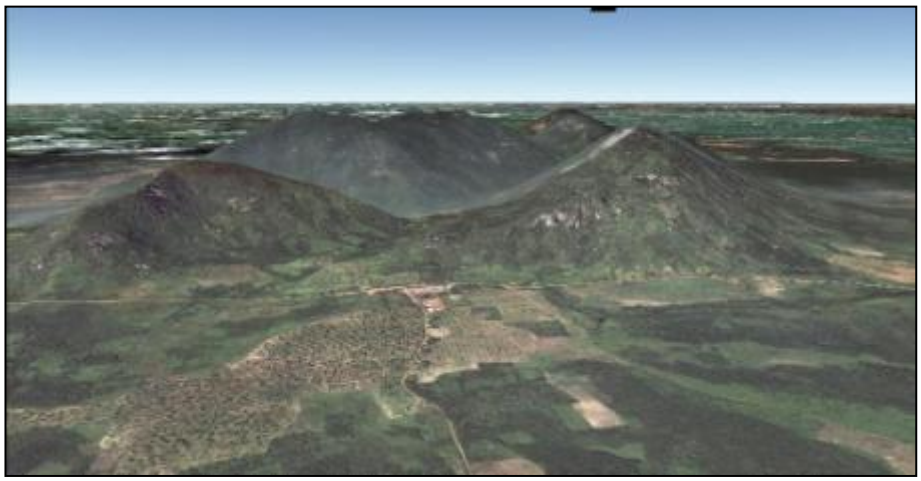
Os principais representantes dessa unidade na área de estudo são o alinhamento de cristas da Serra do Félix e a Serra Azul. Esses maciços ocupam uma área de aproximadamente 151 km². A Serra Azul (figuras 37, 38 e 39) é um divisor topográfico da Bacia do rio Pirangi com o rio Sitiá, importante afluente do rio Banabuiú. A nascente do riacho dos Macacos, uns dos afluentes de grande expressão na bacia do Pirangi, também se localiza na serra Azul.

Figura 37 - Imagem aérea da Serra Azul



Fonte - Google Earth, 2010

Figura 38 - Imagem da Serra Azul e o distrito de Oiitica em Ibaretama logo à frente



Fonte: Google Earth, 2010

Figura 39 - Serra Azul verifica-se afloramentos rochosos nas vertentes

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

A Serra do Félix (figura 40) também possui importantes nascentes dos tributários do Pirangi, destacando-se o riacho Umburanas.

Figura 40 - Serra do Félix no município de Beberibe

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

A Serra do Palhano (figura 41) possui nascentes de rios como Riacho Feijão, Boa Água, Estevão, que escoam para o Pirangi. É um divisor de águas dos rios que escoam para o Pirangi e para a bacia do rio Palhano.

Figura 41 - Serra do Palhano, no distrito de Aruaru, em Morada Nova

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

As áreas que margeiam a região destas serras, conhecidas por pés-de-serra, são ambientes de transição entre as serras e a depressão sertaneja. Possuem um relevo formado por depósitos de cobertura de sedimentos coluvial com escoamento superficial difuso. Esses níveis mais rebaixados, de topografia ondulada e suave ondulada, são utilizados para culturas de subsistência.

3.2.6 Depressão Sertaneja.

É uma superfície com suave inclinação e formada por prolongados processos de erosão. A depressão sertaneja da área está situada em níveis altimétricos inferiores a 200m, com pequena amplitude altimétrica entre os fundos de vale e o nível da base local. Os divisores topográficos da bacia do Pirangi com a bacia do rio Choró no município de Quixadá, segundo Souza (1975), são quase imperceptíveis, pois acham-se rebaixados pelo atual estado de pediplanação.

Esta unidade apresenta acentuadas variações litológicas do Complexo Nordestino com a presença de migmatitos da Unidade Mombaça e paragnaisses diversos, metabasaltos e anfibolitos da Unidade Algodões. O intemperismo físico atua no truncamento indistinto das rochas que apresenta uma superfície pediplanada eventualmente dissecadas em colinas rasas.

Os rios são intermitentes, o que gera uma deficiência na capacidade de erosão linear, exceto no período chuvoso que gera uma maior dissecação no relevo devido aos solos não permitirem uma acumulação de água. A drenagem assume padrão dendrítico novamente, reflexo da geologia e dos solos que dificultam uma infiltração.

A vegetação típica desta unidade é a caatinga e que está bastante alterada pelas atividades agropecuárias. Os solos são pouco espessos. Nas partes mais elevadas encontra-se os argissolos e luvissolos e nas mais baixas do relevo os planossolos solódicos e afloramentos rochosos. As figuras 42 e 43 ilustram a depressão sertaneja de Quixadá e Ibaretama.

Figura 42 - Relevo suave ondulado da depressão sertaneja no município de Quixadá

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 43 - Depressão sertaneja no município de Ibaretama

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

As depressões sertanejas (figura 44) dos municípios de Morada Nova e Ocara apresentam litotipos variados como o granito. Os pedimentos se inclinam desde a base das áreas mais elevadas dos inselbergues e das cristas residuais, onde o caimento topográfico é feito no sentido dos fundos de vales e do litoral. Os corpos hídricos são caracterizados por uma drenagem dentrítica com rios intermitentes. Devido ao terreno cristalino, há pequenas infiltrações e o escoamento superficial é maior durante as chuvas. Em relação aos solos devido a variação da litologia aparece diversificado, enquanto que nas áreas mais rebaixadas ocorre os planossolos solódicos, nátricos, neossolos flúvicos e nas partes mais elevadas os luvissolos, argissolos vermelho-amarelo e afloramentos rochosos estão presentes. As sub-bacias desta unidade englobam Riacho dos Macacos, Riacho Madeira, Riacho Várzea Redonda, uma parte do Riacho do Mosquito, Riacho Mocoré, Riacho do Serrote, o baixo curso dos riachos do Feijão, Boa Água, Arapuã, Umari e Serra. Essa unidade ocupa uma área em torno de 84km².

Figura 44 - Depressão sertaneja do município de Morada Nova

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

3.2.7 Planície Fluvial

A planície fluvial do rio Pirangi passa pelos sistemas ambientais da planície litorânea, tabuleiros e depressão sertaneja. A planície fluvial é a forma mais expressiva de acumulação devido a ação dos rios.

No Ceará acompanham principalmente os maiores canais fluviais, e nos baixos vales tem uma largura bem maior devido ao entalhamento da Formação Barreiras enquanto que no embasamento cristalino esta largura é menor.

As planícies fluviais apresentam as melhores condições dos solos e de disponibilidade hídrica da bacia. Integram-se ao Domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozóicos, constituídos por areias finas e grosseiras, relacionados com clásticos finos, cascalhos e blocos (SOUZA, 2000).

A planície fluvial do rio Pirangi apresenta-se como uma faixa do vale fluvial com sedimentos aluviais que bordejam o curso da água. Ao longo da planície fluvial do rio e de seus tributários é possível observar a mata ciliar com a presença de carnaúbas. No baixo curso, quando o rio entalha as áreas de tabuleiro, este amplia sua faixa de deposição devido a uma diminuição do gradiente fluvial. Ainda no baixo curso, a planície fluvial conecta-se com a planície flúvio-marinha, e é possível observar um tipo de canal mais meândrico, em que o rio apresenta curvas sinuosas que são semelhantes entre si (figura 45). Segundo Christofoletti (1980), os canais meândricos são aqueles em que os rios descrevem curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si, através de um trabalho contínuo entre si, através de um trabalho contínuo de escavação na margem côncava (ponto de maior velocidade da corrente). Deve-se notar que a deposição dos detritos da carga do leito se faz no mesmo lado da margem em que eles foram erodidos.

Figura 45 - Imagem da foz do rio Pirangi, evidenciando um canal meândrico.

Fonte – Google Earth, 2010

Outra forma presente ao longo do canal fluvial do Pirangi é a planície de inundação que periodicamente é inundada pelas águas de transbordamento do rio durante as cheias que ocorrem no período chuvoso.

Na depressão sertaneja, a planície fluvial (figura 46) é um ambiente bem particular em meio às condições de semi-aridez, pois possuem solos férteis devido a uma maior disposição de águas superficiais e subterrâneas, relevos planos e com solos aluviais e em alguns locais planossolos solódicos.

Figura 46 - Aspectos da planície fluvial na depressão sertaneja no município de Quixadá, distrito de São João dos Queirozes.

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

O desmatamento das matas ciliares e de outra vegetação protetora, juntamente com a redução da água durante o período de estiagem, é responsável em alguns pontos pelo assoreamento do rio. Por conta disto ocorre a formação de “croas” ou “barras de agradação” que são colonizadas por vegetação (figura 47) no leito do rio e observáveis em diversas partes dos seus trechos, onde o rio se bifurca devido as “croas” e, no período chuvoso, a drenagem fluvial chega a cobrir esses depósitos.

A falta de chuva diminui o volume de água e expõe as áreas assoreadas contribuindo também para o padrão anastomosado. No baixo curso também é possível observar este padrão devido as construções de salinas que hoje se encontram abandonadas ou ocupadas pela implementação dos tanques de carcinicultura.

Segundo Christofoletti (1980), os canais anastomosados são formados em condições especiais, altamente relacionadas com a carga sedimentar do leito. Quando o rio transporta material grosseiro em grandes quantidades e não tem

potência suficiente para conduzi-lo até o seu nível de base final, deposita-o no próprio leito (figura 48). O obstáculo natural que então se forma faz com que o rio se ramifique em múltiplos canais. Na margem também é possível observar a presença de bancos de areias.

Figura 47 - Feições das croas com vegetação no leito do rio Pirangi, no município de Ocara.

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 48 - Depósitos de material transportado pelo rio e acumulado em seu leito, no município de Ocara.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Quando rios grandes transbordam nas enchentes, a maioria do excesso de carga se deposita nas proximidades das margens do canal a nas duas bordas laterais surgem alguns bancos de areias, conforme Queiroz (2010).

Segundo Christofoletti (1980), os diques marginais são saliências alongadas compostas de sedimentos, bordejando os canais fluviais. A elevação máxima do dique está nas proximidades do canal, em cuja direção forma margens altas e íngremes. Em direção externa, para as bacias de inundação a declividade é

suave. As figuras 49, 50, 51 e 52 mostram alguns trechos percorridos pelo rio Pirangi. A planície fluvial ocupa uma área de aproximadamente 13km².

Figura 49 - Rio Pirangi nas nascentes no município de Quixadá

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 50- Rio Pirangi no baixo curso no distrito de Itapeim em Beberibe

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 51 - Rio Pirangi durante a estiagem em setembro de 2010, observa-se um pequeno trecho do rio em Cristais/Cascavel

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 52: Rio Pirangi aumenta seu volume durante o início do período chuvoso em fevereiro de 2011 em Cristais/Cascavel

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

O quadro 24 sintetiza as unidades geoambientais delimitadas na bacia hidrográfica do rio Pirangi.

Quadro 24 - Unidades Geoambientais na bacia hidrográfica do rio Pirangi

AMBIENTES NATURAIS		COMPONENTES DO MEIO FÍSICO					ECODINÂMICA DA PAISAGEM
UNIDADES GEOAMBIENTAIS	**SUB-UNIDADES GEOAMBIENTAIS**	**Geologia**	**Geomorfologia**	**Hidrologia e Clima e sub-bacias**	**Solos**	**Cobertura Vegetal e tipos de uso**	
Planície Litorânea	Faixa de praia, pós-praia, campos de dunas móveis, barreiras litorâneas, dunas fixas	Sedimentos de origem marinha e eólicos com areias finas	Faixa praial com superfície arenosa de acumulação marinha, níveis escalonados de terraços e campos de dunas móveis e fixas	Lagoas interdunares, com clima sub-úmido 900-15000mm	Neossolos Quartzarênicos	Vegetação Pioneira Psamófila; extrativismo vegetal, turismo e lazer.	Ambiente fortemente instável
	Planície Flúvio-Marinha	Sedimentos flúvio-marinhos argilo arenosos, ricos em matéria orgânica	Áreas de acumulação periodicamente inundáveis com depósitos continentais e marinhos	Estuário com drenagem do tipo anastomosado, ambiente influenciado pela preamar	Gleissolos	Mangues Extrativismo, pesca, carcinicultura	Ambiente instável
	Planície Lacustre, Flúvio-Lacustre e áreas de acumulação inundáveis	Sedimentos lagunares areno-argilosos, moderadamente mal selecionados e sedimentos coluvionais	Faixa de acumulação de sedimentos areno-argilosos, margeando lagoas e áreas aplainadas, sujeita a inundações periódicas	Lagoas costeiras com clima sub-úmido 750-1300mm	Neossolos Flúvicos, Planossolos Nátricos e Neossolos Quartzarênicos	Vegetação de várzea com carnaubais; agroextrativismo, extrativismo mineral (argila), pecuária.	Ambiente de transição com tendência a instabilidade

Fonte – Organização própria, adaptada da Funceme (2006)

Quadro 24 - Unidades Geoambientais na bacia hidrográfica do rio Pirangi (continuação)

COMPONENTES DO MEIO FÍSICO						
UNIDADES GEOAMBIENTAIS	**Geologia**	**Geomorfologia**	**Hidrologia e Clima**	**Solos**	**Cobertura Vegetal e tipos de uso**	**ECODINÂMICA DA PAISAGEM**
Planície Fluvial	Sedimentos aluviais com areias mal selecionadas com siltes, areias e cascalhos	Áreas planas em faixas de aluviões e baixadas inundáveis	Escoamento intermitente sazonal com fluxo lento, clima que varia do sub-úmido no baixo curso a semi-árido no alto e médio curso 750-1300mm	Neossolos Flúvicos, Planossolos	Vegetação de várzea com carnaubais; agroextrativismo, extrativismo mineral (argila), pecuária, lavouras de subsistência	Ambiente de transição com tendência a instabilidade

Fonte – Organização própria, adaptada da Funceme (2006)

Quadro 24: Unidades Geoambientais na bacia hidrográfica do rio Pirangi (continuação)

COMPONENTES DO MEIO FÍSICO						
UNIDADES GEOAMBIENTAIS	**Geologia**	**Geomorfologia**	**Hidrologia e Clima**	**Solos**	**Cobertura Vegetal e tipos de uso**	**ECODINÂMICA DA PAISAGEM**
Tabuleiros Litorâneos	Formação Barreiras com sedimentos arenosos de cores esbranquiçadas mal selecionados	Rampas de acumulação com caimento topográfico suave dissecados em interflúvios tabuliformes	Escoamento intermitente sazonal, rede de drenagem com padrão subparalelo. Clima sub-úmido a semi-árido 700-1300mm	Neossolos Quartzarênicos	Vegetação de Tabuleiros; culturas comerciais, lavouras de subsistência, pastagens	Ambiente estável
Tabuleiros Interiores com coberturas coluviais dentríticas	Formação Barreiras e Coberturas colúvio-eluvionais; areias sílticas argilosas	Rampas de acumulação interiores em depressões dissecadas em interflúvios tabulares	Escoamento intermitente sazonal, rede de drenagem com padrão subdendrítico Clima sub-úmido a semi-árido 700-900mm	Argissolo Vermelho-Amarelo	Vegetação de Tabuleiros; Caatinga, lavouras de subsistência, extrativismo vegetal e agropecuária	Ambiente estável

Fonte – Organização própria, adaptada da Funceme (2006)

Quadro 24: Unidades Geoambientais na bacia hidrográfica do rio Pirangi (continuação)

COMPONENTES DO MEIO FÍSICO						
UNIDADES GEOAMBIENTAIS	**Geologia**	**Geomorfologia**	**Hidrologia e Clima**	**Solos**	**Cobertura Vegetal e tipos de uso**	**ECODINÂMICA DA PAISAGEM**
Depressões Sertanejas	Litotipos da Unidade Algodões e Mombaça com a presença de Migmatitos associados a ortognaisses granodioríticos nos sertões de Quixadá e nos sertões de Ibaretama, Morada Nova e Ocara ocorrem litotipos da Unidade Ceará, com rochas da suíte migmática, gnaisses, quartzitos	Nos sertões de Quixadá ocorrem superfícies pediplanadas truncando variados tipos de rochas, pedimentos conservados e eventualmente dissecados em colinas rasas. Os sertões de Morada Nova e Ocara apresentam uma superfície pediplanada parcialmente dissecada em interflúvios tabulares	Escoamento superficial com rios de padrão dendrítico e escoamento intermitente. Clima semi-árido 800mm nos sertões de Quixadá e nos sertões de Morada Nova e Ocara o escoamento intermitente sazonal, rede de drenagem com padrão subdendrítico e dendrítico. Clima sub-úmido a semi-árido 700-1000mm	Neossolos Litólicos, afloramentos rochosos, Planossolos Háplicos, Neossolos Flúvicos, Argissolos	Caatinga Arbustiva, Pecuária extensiva e agroextrativismo	Ambiente de transição com tendência a instabilidade e em setores de Ocara e Morada Nova Ambiente de transição com tendência a estabilidade

Fonte – Organização própria, adaptada da Funceme (2006)

Quadro 24: Unidades Geoambientais na bacia hidrográfica do rio Pirangi (continuação)

COMPONENTES DO MEIO FÍSICO						
UNIDADES GEOAMBIENTAIS	**Geologia**	**Geomorfologia**	**Hidrologia e Clima**	**Solos**	**Cobertura Vegetal e tipos de uso**	**ECODINÂMICA DA PAISAGEM**
Cristas Residuais e agrupamento de inselbergues	Serra Azul é um granitóide com litotipos de granulometria média a grossa de composição granítica dominante, em parte com enclaves dioríticos, feldspato e biotita. As serras do Félix e Palhano apresentam Litotipos da Unidade Ceará, com rochas da suíte migmática, gnaisses, quartzitos	Feição aguçada de relevo oriundo da erosão diferencial com áreas submetidas a morfogênese mecânica	Clima semi-árido 500-700mm Escoamento intermitente sazona.	Neossolos Litólicos, afloramentos rochosos.	Caatinga Arbustiva, agricultura de subsistência na base da serra.	Ambiente de transição com tendência a instabilidade

Fonte – Organização própria, adaptada da Funceme (2006)

As unidades geoambientais delimitadas servirão de base para a proposta de zoneamento ambiental que seguirá mais adiante no capítulo 05, por isso, foi essencialmente importante individualizá-las em seus aspectos naturais dominantes. Os componentes do meio físico que fazem parte destas unidades possuem atributos que serão avaliados para a determinação da vulnerabilidade natural e ambiental da bacia.

Capítulo 04:

Pelos caminhos do Pirangi: Ocupação, Uso e Impactos Ambientais na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi

É importante analisar as formas de uso e ocupação da terra, baseadas nos principais aspectos socioeconômicos regionais nos produtos, funções e produtividade dos geoambientes, bem como nos impactos ambientais resultantes das ações sócioespaciais. O levantamento dos aspectos econômicos e sociais é indispensável ao objetivo de se observar como estes setores se apresentam em relação às condições ambientais dominantes (NASCIMENTO, 2006)

Capítulo 04 - Pelos caminhos do Pirangi: Ocupação, Uso e Impactos Ambientais na bacia

As atividades socioeconômicas presentes em uma bacia hidrográfica exercem influência na magnitude e no tipo de impactos que ocorrem na área. Neste sentido, se torna imprescindível identificar, caracterizar e mapear as diversas formas de uso e ocupação do solo e seus efeitos em cada ambiente. Através deste diagnóstico é possível planejar o uso da bacia de acordo com as potencialidades e limitações de cada unidade geoambiental, propondo medidas mitigadoras.

Por conseguinte, o capítulo está desenvolvido primeiramente na contextualização histórica, compreendendo como ocorreu o processo de ocupação no Ceará e nos municípios da área de estudo, para assim traçar um esboço da bacia em relação ao uso do solo. Posteriormente, delinearam-se aspectos referentes às populações e as economias dos municípios, procurando correlacionar estes dados com as tipologias de uso encontradas. Para finalizar, caracterizaram-se ainda os impactos ambientais decorrentes das atividades socioeconômicas identificadas ao longo da bacia do rio Pirangi.

4.1 Pelos vales fluviais surge o Ceará: uma ideia histórica de sua ocupação

A ocupação do Ceará é considerada tardia em relação aos outros estados do Nordeste Brasileiro destacando-se que as primeiras vilas surgiram perto dos grandes rios como o Jaguaribe, Acaraú e Salgado. A origem das primeiras cidades cearenses no período colonial está ligada a duas principais atividades econômicas: a pecuária extensiva e o cultivo do algodão, aliado a isto, desenvolveu-se a defesa do território e a instituições das missões jesuíticas.

No Ceará, as primeiras tentativas de colonização aconteceram a partir do século XVII, com as expedições dos portugueses Pero Coelho de Souza, fundando, em 1603, o fortim de São Tiago, e Martim Soares Moreno, em 1612, implantando o Forte de São Sebastião, ambos na barra do rio Ceará. As referidas expedições tinham por objetivo defender a costa e tiveram curta duração, em função das dificuldades enfrentadas, seja pela inexistência de um bom porto natural ou pela distância dos mananciais de água potável, além das hostilidades por parte dos indígenas (SOUSA, 2005).

A atividade de pecuária extensiva teve grande importância para o povoamento do Nordeste, especialmente no seu interior, destacando que a pecuária esteve associada ao litoral nordestino através da cana-de-açúcar que amplamente se desenvolvia em Pernambuco e na Bahia. Segundo Capistrano de Abreu (1976), a necessidade de animais para abastecer os mercados da zona açucareira pernambucana e para força motriz nos engenhos de açúcar, explicam a expansão da pecuária pelos sertões, inserindo-se nesse contexto, a produção bovina do Ceará. É a partir desta atividade econômica, que se processa o povoamento do Ceará, através das correntes migratórias vindas das regiões açucareiras de Pernambuco e Bahia.

A história da pecuária cearense se inicia no século XVII, com a concessão de sesmarias que incluíram os vales dos principais rios a região. Efetua-se, assim, a interiorização e a apropriação de terras ocupadas até então, apenas pelos indígenas (SOUSA, 2005).

Com a elaboração e comercialização da carne seca ou das “charqueadas” como eram conhecidas uma das principais fontes de alimentação da população, acrescenta-se ainda o desenvolvimento das estradas no interior, o que foi fundamental para o surgimento das cidades como a vila de Icó (SOUSA, 2005). Com a construção de portos como o de Aracati e Camocim, a produção econômica pode crescer e comercializando-se a carne-seca, sendo que os mesmos constituíam também ligações com as cidades do interior. Segundo Sousa (2005) dessa forma, surgiram e se desenvolveram as tradicionais ligações entre o porto de Aracati com o sertão do alto Jaguaribe e o sertão Central, através dos vales dos rios Jaguaribe e Salgado, e as ligações de Sobral com os portos de Acaraú e Camocim.

Em meados do século XIX houve um maior dinamismo na produção econômica do Ceará através da cultura do algodão, devido a Guerra de Secessão nos Estados Unidos da América, que era um grande produtor mundial.

Os municípios da área de estudo apesar de não estarem inseridos nas principais cidades da rota da pecuária e algodão com exceção de Aracati e Quixadá, foram surgindo através das atividades do binômio gado-algodão, café no século XIX e outras culturas como a cera da carnaúba, o açúcar dentre outras.

Para se ter uma ideia da importância destas atividades econômicas, o povoamento do distrito de Pirangi (Ibaretama) conforme relatam alguns moradores, deu-se por volta de 1944 e foi passagem para o escoamento da produção de

algodão que circulava entre os municípios de Quixadá e Fortaleza. Contando com uma cooperativa que atendia aos pequenos e médios agricultores produtores do algodão, a economia do local girava em torno do comércio do algodão (FREITAS, 2012).

Na década de 1970 a produção do sal trouxe para a economia cearense a construção de salinas que se estabeleceram em vários estuários do Estado, dentre eles o do rio Pirangi. Após as salinas em meados de 1993 o Brasil iniciou-se na atividade da carcinicultura.

O Brasil pode ser considerado como uma frente recente de expansão da carcinicultura comercial. Ainda que a atividade tenha dado seus primeiros passos no Brasil no início da década de 1970 no Rio Grande do Norte, somente após o desenvolvimento do pacote tecnológico do camarão do pacífico (*Litopenaeus vannamei)*, entre 1996/1997, é que um crescimento mais intenso ocorreu, principalmente no final da década passada e início desta. Este crescimento foi vigoroso até o ano de 2004 (MEIRELES, et al 2007).

Em suma os municípios da área de estudo tiveram sua história muito atrelada ao desenvolvimento das bases econômicas que impulsionaram a ocupação do Ceará. O quadro 25 sintetiza um pequeno histórico de cada município da bacia do rio Pirangi.

Quadro 25: Síntese do histórico dos municípios na área de estudo

	MUNICÍPIO	DATA DE CRIAÇÃO	PEQUENO HISTÓRICO
ALTO CURSO	QUIXADÁ	27-10-1870	Toda a zona ribeirinha do rio Sitiá - o Gueiru dos indígenas - era habitada pelos índios tapuias e canindés, que aos poucos, foram abandonando a região, a medida que seus domínios eram conquistados pelos brancos. Os primeiros civilizados que devassaram aquelas terras fizeram-no pelo Baixo-Jaguaribe primeiro, o afluente Banabuiú e em seguida o Sitiá - , objetivando a conquista de novas áreas para a criação de gado. Sua ocupação efetiva só teve início em 1705, quando Manoel Gomes de Oliveira, André Moreira de Barros e outros, nelas conseguiram penetrar, vencida a hostilidade indígena. Em 1743, completava-se a distribuição das terras marginais do rio Sitiá, sendo iniciado o povoamento de seu afluente Tapuiará, dos rios Quinimporó, Choró, Pirangi e Feijão. Os povoadores, comumente, emigravam de Pernambuco. Em 1747, José de Barros Ferreira adquiriu o Sitio Quixadá, instalando uma fazenda de gado, precisamente onde se acha hoje a praça Coronel Nanam. Ali se formou um pequeno núcleo de população. Dia a dia, o lugarejo foi prosperando. A partir do século XIX, com a instalação da estrada de ferro que ligava o Cariri à Fortaleza ocorreu forte urbanização do município. Esta também foi fortemente influenciada pela produção de algodão exportado para a Inglaterra, que nesta época vivia a *Revolução Industrial*.
	IBARETAMA	08/05/1988	A região entre os rios Piranji, Choró e Sitiá era habitada por índios como os Jenipapo, Kanyndé, Biques, Choró, Quesito e Quixadá. A história da moderna Ibaretama como um povoado, começa em 1905 com a doação das terras por particulares, e nestas terras foi construído uma capela em homenagem a Nossa Senhora Auxiliadora no ano de 1909. Em 1911, este lugarejo passou a ser distrito com o nome de Serra Azul, depois São Luís e em 1938, Ibaretama. Em toda a sua história foi distrito do município de Quixadá, até quando foi desmembrado em 8 de Maio de 1988.

	ARACOIABA	04/12/1933	Data de 1735 a primeira concessão de terras no Município de Aracoiaba. Domingos Simões Jordão, capitão-mor da Capitania do Ceará Grande e Governador da Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, concedeu três léguas de terras contínuas para Pedro da Rocha Maciel seus herdeiros com todas as suas águas, campos, matos, testados e logradouros que nelas houverem. Ficava a sesmaria de Pedro da Rocha Maciel "em um riacho que nasce na serra de Baturité e desagua no rio Choró", conhecido pelo nome de Aracoiaba. Era de esperar que as terras marginais do rio Aracoiaba viessem a ser ocupadas por lavradores, em razão das vantagens que proporcionavam em águas e fereza à agricultura, especialmente ao cultivo da cana-de-açúcar.
MÉDIO CURSO	OCARA	28-12-1987	A região entre os rios Choró e Piranji e a Serra do Cantagalo era habitada por índios como os Jenipapo, Kanyndé, Choró, Jaguaribana e Quesito. Com a catequização realizadas pelos jesuítas junto aos índios da região, e a introdução da pecuária na época da carne seca e charque; e depois a implantação do café e algodão no final século XVIII, surgiram fazendas e núcleos urbanos, e Ocara foi um destes.
	MORADA NOVA	06-01-1926	A fazenda chamada de Morada Nova localizada perto do rio Banabuiú, pertencente ao alferes José de Fontes Pereira de Almeida, abastado proprietário da região, representa o núcleo onde se desenvolveu e progrediu o povoado de Morada Nova, topônimo adquirido da própria fazenda. O alferes José de Fontes, juntamente com seu irmão, capitão Dionísio de Matos Fontes, morador das margens do mesmo rio, cerca de dois quilômetros abaixo, requereu licença para a construção de uma capelinha dedicada ao Divino Espírito Santo, a qual lhe foi concedida pela Provisão de 2 de agosto de 1831. O povoado de Morada Nova tomou corpo e se desenvolveu em torno dessa capelinha.
	CASCAVEL	02/11/1833	Poucos anos após a assinatura de capitulação de Taborda, que restaurou, com a saída das forças de Matias Bech, o domínio lusitano em terras cearenses, a história de Cascavel registra em 1660, segundo consta do relatório o de 1814 do Governador Luiz Borba Alardo de Menezes a visita catequética do grande padre Antônio Vieira, a quem se ficou devendo o aldeamento de dezenas de missões de várias tribos indígenas da região. Na fértil região dos tabuleiros, tão propícia ao cultivo da mandioca e da cana-de-açucar, nasce e cresce, - a meio caminho da cidade pôrto de Aracati e de Fortaleza, capital da Província, - um pequeno núcleo populacional que viria a ser, mais tarde, a importante cidade de Cascavel.
	CHOROZINHO	01/01/1989	Chorozinho nasceu com a construção da ponte sobre o Rio Choró no de 1932, quando o Governo da época decidiu realizar tal obra em virtude da construção a BR 116, para ligar Fortaleza ao Sul do País. Por sorte, as pessoas que habitavam as ribeiras do Rio Choró, foram necessárias na construção da ponte. Com essa construção, o DNOCS instalou o acampamento dos engenheiros e operários em um casa, a qual denominaram de Residência. O trabalho da construção da ponte, foi demorada haja vista as dificuldades encontradas na época para transportar o material. Desse modo, o DNOCS contratou muitas pessoas da região para trabalharem na construção da ponte. Assim sendo, essas pessoas deslavam-se de suas casas para morar nas proximidades de seu trabalho, criando-se assim, o povoado.
BAIXO CURSO	BEBERIBE	22-11-1951	A cidade de Beberibe está localizada nas terras das datas de sesmarias concedidas ao capitão Domingos Ferreira Chaves, Manuel Nogueira Cardoso, Sebastião Dias Freire e João Nóbrega pelo capitão-mor Tomás Cabral de Olival, a 16 de agosto de 1691. Conta a tradição, pelo testemunho os seus antigos habitantes, que nos primeiros anos do século passado houve um naufrágio às costas do Atlântico; naquelas paragens de uma embarcação portuguesa, de que era passageira dona Maria Calado, que fervorosa devota da Sagrada Família, fizera a promessa de que, se chegasse à terra com vida, nos destroços do navio que lhe serviam de sustentáculo sobre as ondas, mandaria levantar, no ponto em que aportasse, uma capelinha sob a invocação de Jesus-Maria-José. Aportou às praias do Morro Branco e ali adquiriu terras que confinam com a meia légua do rio Pirangi-norte-sul e ainda entre o rio Choró e a barra da lagoa do Uruaú-poente-nascente. Ali fixou a residência e fez construir a capelinha de sua promessa ao orago mencionado. Mais tarde um dos moços do Lucas Brasileiro Ferreira de Araújo, neto de Baltazar Ferreira, dono do sítio Lucas, nome primitivo do distrito de Beberibe, quando da criação do município de Cascavel, levantou outra capela, sob o mesmo orago, em frente à sua casa de residência na cidade de Beberibe. Anos depois, o coronel Raimundo José Pereira Leite, homem rico de Cascável, sobrinho e genro de Baltazar Ferreira do Vale, do sítio Lucas, fez uma grande reforma na capela, tornando-se uma Igreja Matriz. Beberibe conheceu um expressivo desenvolvimento econômico a partir da implantação de aproximadamente uma centena de engenhos de cana de açúcar na região. A riqueza originada da indústria de rapadura local fez com que Beberibe fosse apelidada por Cascavel e Sucatinga de "Vila Rica".
	FORTIM	27-03-1992	Em suas origens,consta como fruto da Proto-História do Ceará, tendo sido fundado por Pero Coelho de Souza, quando de sua malograda Expedição de 1603. No itinerário Paraíba-Ibiapaba e por conveniência de ordem regimental, baixou em acampamento exatamente nessa parte costeira, demorando-se o tempo necessário ao engajamento de tropas indígenas locais. É o município mais novo da bacia, mas durante muito tempo ficou subordinado como distrito de Aracati.
	ARACATI	10-02-1748	A ocupação definitiva de Aracati teve início com o funcionamento das Oficinas ou Chaqueadas do Ceará, que foram responsáveis por possibilitar a competitividade da pecuária no estado, tendo em vista os privilégios da Zona da Mata pernambucana com a cultura canavieira. Aracati transformou-se então em produtor de carne seca e no principal porto de exportação deste produto para as regiões canavieiras, além de continuar a ser um ponto de apoio militar (Fortim de Aracati), agora com o intuito de proteger o porto, as transações comerciais e os habitantes contra os ataques dos índios como os Payacu.

	PALHANO	08/05/1958	Começou a história do Palhano, segundo depoimentos de pessoas mais idosas; um senhor por nome José Palhano, foi o primeiro morador desta região. Dizem os mais idosos que este homem andava caçando, chegou neste local à margem esquerda do rio. Ele fixou moradia e com o passar do tempo foi aumentando a população. Pelos dados apanhados o cidadão José Palhano teria encravado no local uma Cruz, sendo benta pelo o Frei Davi, pregando missões em 1901. O dito cruzeiro ainda existe, localizado na Rua Joaquim Rodrigues. Esta foi a razão porque ficou sendo Cruz de Palhano. Depois passou a chamar-se Vila Palhano.

Fonte: IBGE, 2011

4.2 Aspectos Socioeconômicos e Uso e Ocupação do Solo

Este tópico aborda os aspectos referentes a população dos municípios, especialmente as do distritos que fazem parte da bacia. A seguir abordou-se os dados relacionados à população, sua distribuição por municípios e distritos, condições de saúde, educação e infra-estrutura.

4.2.1 População

Em relação à população a tabela 05, exibe os resultados referentes a cada município, abrangido pela bacia. Através dos dados percebe-se que há um predomínio da população urbana sobre a rural, com exceção dos municípios de Ibaretama e Ocara onde ocorre o inverso, a população rural é maior do que a urbana.

Tabela 05 - População rural e urbana em cada município da área de estudo

	MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO RURAL	POPULAÇÃO URBANA	TOTAL
Alto curso	QUIXADÁ	23.123	57.482	80.605
	IBARETAMA	8.479	4.449	12.928
	ARACOIABA	11.654	13.737	25.391
Médio curso	MORADA NOVA	26.674	35.412	62.096
	OCARA	16.407	7.605	24.012
	CASCAVEL	9.981	56.143	66.124
	CHOROZINHO	7.489	11.426	18.915
Baixo curso	ARACATI	25.129	44.038	69.167
	BEBERIBE	21.639	27.695	49.334
	FORTIM	5.224	9.627	14.851
	PALHANO	4.351	4.518	8.869
	TOTAL	160.150	272.132	432.292

Fonte: Censo Demográfico do IBGE (2010)

A nível distrital, a tabela 06 apresenta os dados referentes ao total de pessoas que vivem na zona rural e urbana de cada distrito. Os distritos que possuem uma maior população são os de Aruaru em Morada Nova, situado no médio curso da bacia com 9.348 habitantes em segundo lugar o distrito de Curupira em Ocara localizado no médio curso com 7.817 habitantes e em terceiro lugar o

distrito Serra do Félix em Beberibe também no médio curso com 5.634 moradores. O distrito com menor número de habitantes localiza-se também no médio curso da bacia, no município de Cascavel, o distrito de Cristais com 588 habitantes, em seguida o distrito de Guajiru ainda em Fortim no baixo curso, com 745 habitantes e em terceiro o distrito de Campestre em Fortim no baixo curso com 788 habitantes.

Tabela 06 - População por distritos dos municípios da área de estudo

DISTRITOS / MUNICÍPIOS		QUANTIDADE		
		TOTAL	URBANO	RURAL
Alto Curso	Miton Belo / Aracoiaba	2.392	558	1.874
	Nova Viva / Ibaretama	1.644	227	1.417
	Oiticica / Ibaretama	4.783	457	4.326
	Pirangi / Ibaretama	2.971	768	2.203
	Daniel de Queiroz / Quixadá	907	110	797
	São João dos Queirozes	2.492	865	1.627
Médio Curso	Serra do Félix / Beberibe	5.634	1.109	4.525
	Cristais / Cascavel	588	517	71
	Pitombeiras / Cascavel	3.150	676	2.474
	Timbaúba dos Marinheiros / Chorozinho	2.284	1.228	1.056
	Triângulo / Chorozinho	2.877	2.155	722
	Aruaru / Morada Nova	9.348	4.122	5.226
	Boa Água / Morada Nova	3.348	474	2.874
	Arisco dos Marianos / Ocara	1.113	198	915
	Curupira / Ocara	7.817	402	7.415
	Serragem / Ocara	2.789	708	2.081
Baixo Curso	Itapeim / Beberibe	1.989	304	1.685
	Parajuru / Beberibe	4.847	2.903	1.944
	Paripueira / Beberibe	4.029	555	3.474
	Campestre / Fortim	788	438	350
	Guajiru / Fortim	745	575	140
	Santa Tereza / Aracati	1.547	440	1.107
	São José / Palhano	1.074	605	469

Fonte: IBGE (2010)

A bacia do Pirangi abrange muitos distritos em sua área, onde há uma maior concentração de moradores na zona rural do que na zona urbana, com exceção dos distritos de Cristais em Cascavel, Campestre e Guajiru em Fortim e São José no município de Palhano e Timbaúba dos Marinheiros e Triângulo em Chorozinho em que a população urbana é superior à rural. As figuras 53 e 54 ilustram alguns aspectos dos distritos ao longo da bacia.

4.2.2 Saúde

No que se refere a saúde, as tabelas 07 e 08 indicam os municípios e os tipos de unidades de saúde e profissionais da saúde que são ligados ao Sistema Único de Saúde. Os municípios de Quixadá e Morada Nova são os que possuem mais unidades de saúde e os municípios de Chorozinho e Palhano são os que possuem menos unidades. Importante ressaltar é que estas unidades encontram-se na sede dos municípios e como a maioria da população da bacia encontra-se nos distritos e nas zonas rurais destes distritos o acesso para estes serviços se torna ainda mais custosa. No entanto o que atende estas populações dispersas no meio rural é os agentes de saúde que realizam um trabalho de assistência básica. Pode-se notar pela tabela 08 que todos os municípios possuem mais profissionais da saúde na categoria de agente de saúde.

Tabela 07 - Unidades de Saúde Ligadas ao Sistema Único de Saúde (SUS), por Tipo de Unidade – 2009

MUNICÍPIOS	HOSPITAL GERAL	POSTO DE SAÚDE	CLÍNICA ESPECIALIZADA	UNIDADE DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA	UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE	POLICLÍNICA
ARACATI	1	--	1	1	17	1
ARACOIABA	1	4		1	10	--
BEBERIBE	1		1	--	12	--
CASCAVEL	1	3	--	--	9	1
CHOROZINHO	--	--	2	1	8	--
FORTIM	1	--	--	--	5	--
IBARETAMA	1	--	1	--	5	--
MORADA NOVA	1	--	1	2	19	1
OCARA	1	--	1	--	10	--
PALHANO	1	--	--	--	5	--
QUIXADÁ	2	--	5	1	14	1

Fonte: IPECE (2010)

Tabela 08 - Profissionais de Saúde, Ligados ao Sistema Único de Saúde (SUS)

	MUNICÍPIOS	MÉDICOS	DENTISTAS	ENFERMEIROS	OUTROS (NÍVEL SUPERIOR)	AGENTE DE SAÚDE	OUTROS (NÍVEL MÉDIO)
Alto curso	ARACOIABA	45	13	17	16	67	71
	QUIXADÁ	66	22	34	41	166	215
	IBARETAMA	17	4	7	6	30	28
Médio curso	MORADA NOVA	63	11	30	28	146	90
	OCARA	30	15	19	17	45	66
	CASCAVEL	57	16	24	29	79	105
	CHOROZINHO	20	4	12	6	33	25
Baixo curso	PALHANO	14	4	9	5	17	34
	BEBERIBE	31	14	17	16	127	80
	FORTIM	9	4	5	4	23	33
	ARACATI	56	26	29	21	104	171

Fonte: DATASUS (2009)

4.2.3 Educação

No tocante a educação, a tabela indica os valores correspondentes por cada município em relação a quantidade de escolas e seu correspondente nível administrativo (municipal, estadual e particular). O município de Quixadá e Aracati são os que apresentam um maior número de escolas e Fortim e Ocara são os que apresentam os menores. Todos os municípios possuem um maior número de escolas ligadas a rede municipal, em alguns o número de escolas particulares chega a ser maior do que as estaduais. Reforça-se aqui a importância de um crescimento maior das escolas estaduais, devido oferecerem o nível médio para os estudantes e muitas delas ficam na sede do município. Enquanto muitos estudantes que se encontram na zona rural dos distritos precisam e dependem do transporte escolar para se locomoverem para a sede.

Tabela 09 - Dados educacionais dos municípios incluídos na bacia do rio Pirangi

	MUNICÍPIOS	ESCOLAS MUNICIPAIS	ESCOLAS ESTADUAIS	ESCOLAS PARTICULARES
Alto curso	ARACOIABA	46	02	01
	QUIXADÁ	76	09	18
	IBARETAMA	36	01	02
Médio curso	MORADA NOVA	53	02	04
	OCARA	24	01	01
	CHOROZINHO	31	01	02
	CASCAVEL	69	04	07
Baixo curso	ARACATI	48	10	10
	BEBERIBE	58	02	04
	FORTIM	16	01	--
	PALHANO	12	01	01

Fonte: IPECE, 2011

Figura 53.1 –São João dos Queirozes / Quixadá

Figura 53.2– Pirangi /Ibaretama

Figura 53.3 – Oiticica/Ibaretama

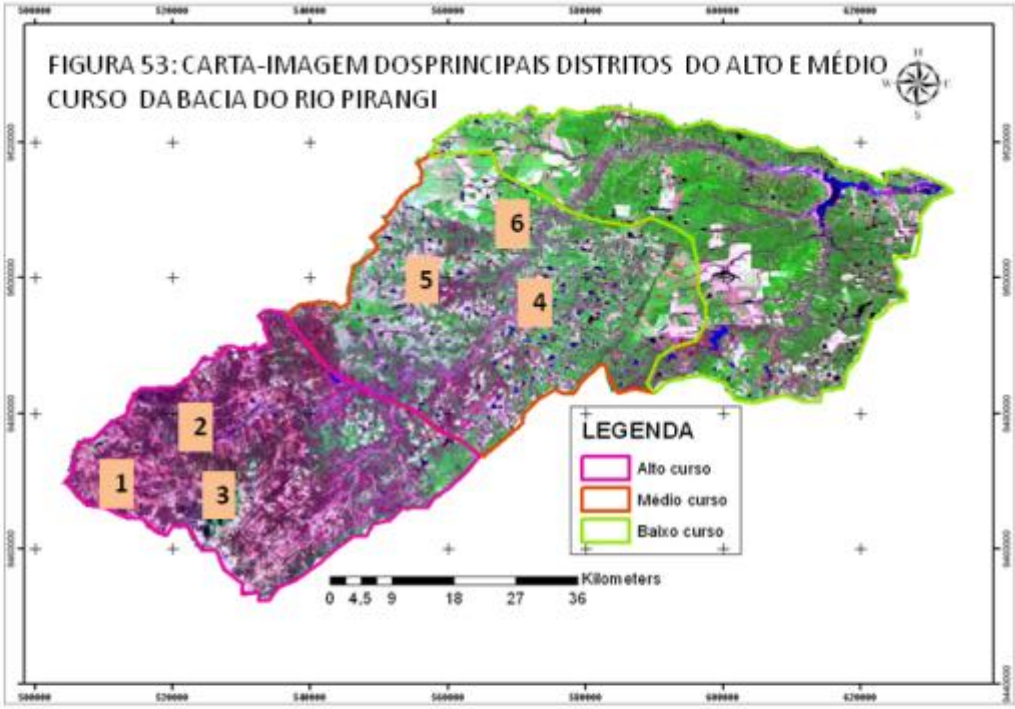


Figura 53.4 – Aruaru / Morada Nova

Figura 53.5 – Curupira/Ocara

Fonte: Blog (Programa do Rochinha)

Figura 53.6– Cristais /Cascavel

Figura 54.1 – Serra do Félix / Beberibe

Figura 54.2 – São José/Palhano

Fonte: Palhano.ce.gov.br

Figura 54.3 – Guajiru / Aracati

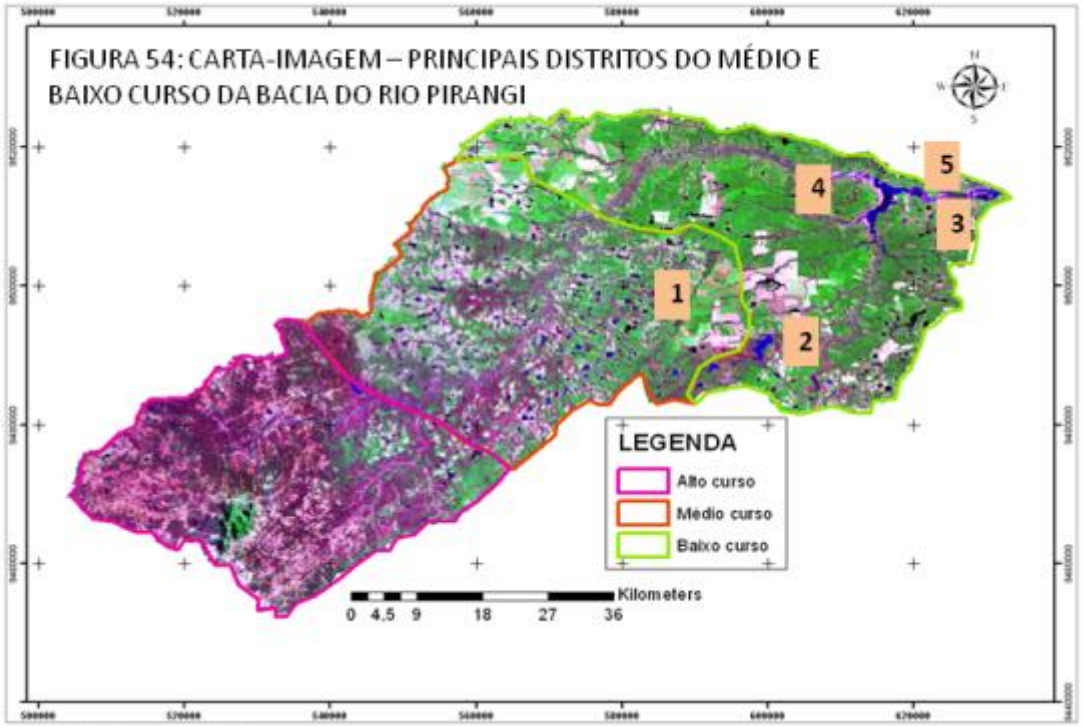


Figura 54.4 – Itapeim/Beberibe

Figura 54.5 – Parajuru / Beberibe

Procurando saber um pouco mais sobre a educação dos municípios que integram a bacia coletou-se dados referentes a taxa de alfabetização das pessoas com dez anos ou mais dos domicílios dos distritos de cada município. A tabela 10 informa os dados, sendo os distritos de Parajuru em Beberibe e Timbaúba dos Marinheiros em Chorozinho que possuem melhores taxas de alfabetização em torno de 80%, e os distritos de Aruaru (69%) e Daniel de Queiroz (64%) os piores índices.

Tabela 10 - Nível de instrução da população nos distritos da área de estudo

	DISTRITOS	PESSOAS DE 10 ANOS OU MAIS (TOTAL)	PESSOAS DE 10 ANOS OU MAIS ALFABETIZADAS (TOTAL)	HOMENS (ALFABETIZADOS)	MULHERES (ALFABETIZADAS)
Alto Curso	Miton Belo / Aracoiaba	2008	1.347	663	684
	Daniel de Queiroz / Quixadá	685	440	207	233
	São João dos Queirozes	2.079	1.426	674	752
	Nova Viva / Ibaretama	1.529	1.069	496	573
	Oiticica / Ibaretama	2.378	1.638	795	843
	Pirangi / Ibaretama	1.557	1.138	538	590
Médio Curso	Aruaru / Morada Nova	7.933	5.237	2.534	2.703
	Boa Água / Morada Nova	2.445	1.704	795	909
	Arisco dos Marianos / Ocara	1.023	715	343	372
	Curupira / Ocara	7.244	4.802	2.379	2.423
	Serragem / Ocara	2.540	1.921	927	994
	Cristais / Cascavel	473	362	175	187
	Pitombeiras / Cascavel	1.788	1.204	606	598
	Timbaúba dos Marinheiros / Chorozinho	1.915	1.540	732	808
	Triângulo / Chorozinho	2.363	1.174	826	948
	Serra do Félix / Beberibe	3.921	2.870	1.423	1.447
Baixo Curso	Córrego dos Fernandes / Aracati	1.676	1.201	618	583
	Jirau / Aracati	1.089	801	382	419
	Santa Tereza / Aracati	1691	1.150	544	606

	Forquilha / Beberibe	2.357	1.736	824	912
	Itapeim / Beberibe	1.781	1.119	548	571
	Parajuru / Beberibe	3.455	2.787	1.366	1.421
	Paripueira / Beberibe	5.324	3.787	1.799	1.988
	Campestre / Fortim	700	518	250	268
	Guajiru / Fortim	825	631	304	327
	São José / Palhano	767	517	245	272

Fonte: IBGE (2001)

Em relação ao Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) calculado para o Estado do Ceará em 2010 e para o cálculo do IDM são empregados trinta indicadores relacionados a aspectos sociais, econômicos, fisiográficos e de infra-estrutura. A tabela 11 indica os resultados de IDM para os municípios da bacia.

O município com melhor índice foi o de Aracati com 39,46 sendo a sua colocação 23 e o pior município foi o de Ibaretama 10,13 ficando na penúltima colocação do estado (183) perdendo apenas para Aiuaba. É preciso um maior investimento em todos os setores de Ibaretama. Ressalta-se que este município possui 86% de sua área dentro da bacia do Pirangi.

Tabela 11- IDM por município pertencente da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi

	Municípios	IDM (2010)	Colocação a nível de Estado
Alto curso	Aracoiaba	26,41	103
	Quixadá	33,90	46
	Ibaretama	10,13	183
Médio curso	Morada Nova	33,87	48
	Ocara	18,55	168
	Chorozinho	22,86	136
	Cascavel	34,94	42
Baixo curso	Beberibe	27,79	93
	Fortim	26,60	99
	Aracati	39,46	23
	Palhano	21,35	152

Fonte: IPECE

4.2.4 INFRA-ESTRUTURA

Nesta parte da tese priorizou-se a caracterização sobre abastecimento de água, esgotamento sanitário e destino final dos resíduos sólidos dos municípios da bacia. Estas informações são consideradas básicas para o planejamento, devido que o acesso a esta infraestrutura melhora tanto as condições ambientais como as de saúde.

4.2.4.1 Abastecimento de água

O abastecimento de água para um município é de fundamental importância para a população e suas atividades econômicas. Ressalta-se ainda que para a região semi-árida, devido às limitações naturais, o acesso à água de qualidade e quantidade constitui prioridades para a gestão pública.

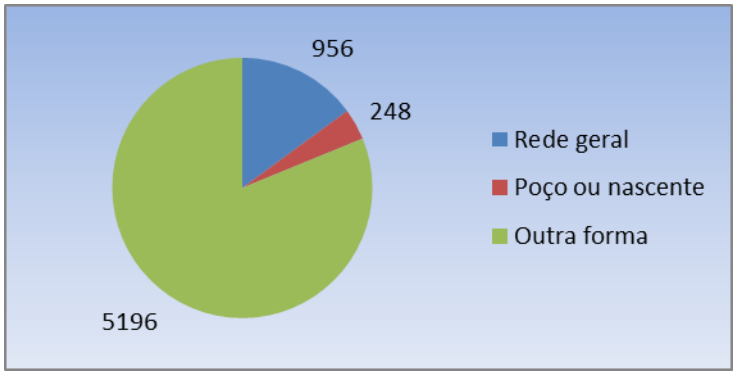
Em relação ao abastecimento de água na bacia, constatou-se que o mesmo dá-se por meio de rios, lagoas, poços e açudes. Destaca-se que há dois açudes (monitorados pela COGERH), o Macacos (concluído em 2007) advindo do riacho dos Macacos localizado no distrito de Oiticica em Ibaretama e que abastece o município. O açude Batente (concluído em 1998) situado no próprio rio Pirangi, entre os municípios de Ocara e o distrito de Aruaru em Morada Nova que abastece os distritos de Ocara e parte de Aruaru. *No entanto, m*oradores de seis comunidades rurais de Ibaretama, (Barreiro, Lajedo, Oiticica, Piranji, Triunfo e Posto São Paulo) ainda estão sem acesso à água do açude dos Macacos. As redes de distribuição para as moradias ainda não foram instaladas e a adutora hídrica local ainda está sem funcionamento.

Está previsto para ser construído o Açude das Amarelas no distrito de Parajuru em Beberibe, através da confluência dos Córregos Ezequiel e Camará. Este açude terá a capacidade de 48.291.000m^3. As cisternas e outros pequenos açudes (particulares) constituem outra forma de abastecimento de água para as famílias. Os gráficos 17, 18 e 19 ilustram as formas de abastecimento dos distritos da bacia divididos por alto, médio e baixo curso.

Na legenda a Rede Geral para o IBGE significa que o domicílio com água tratada é permanentemente servido por água canalizada proveniente de rede geral de abastecimento, com distribuição interna para um ou mais cômodos. Em relação a legenda Outra Forma o IBGE considera o domicílio abastecido por água proveniente

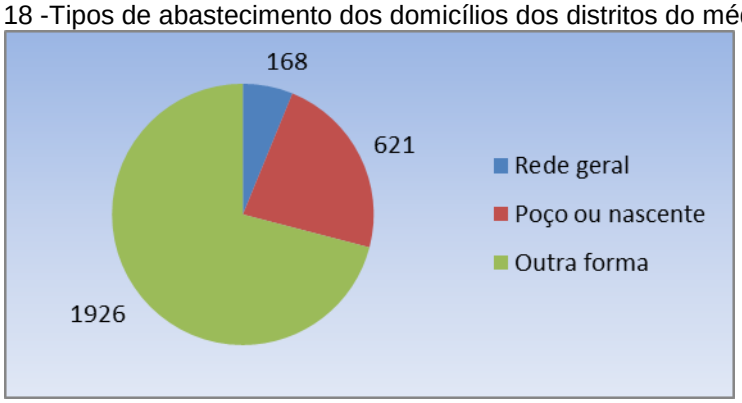
de reservatório abastecido por carro-pipa, coleta de chuva ou outra procedência que não se enquadrasse nas anteriormente descritas e nem de poço ou nascente.

Gráfico 17 - Tipos de abastecimentos dos domicílios dos distritos do alto curso da bacia do Pirangi.



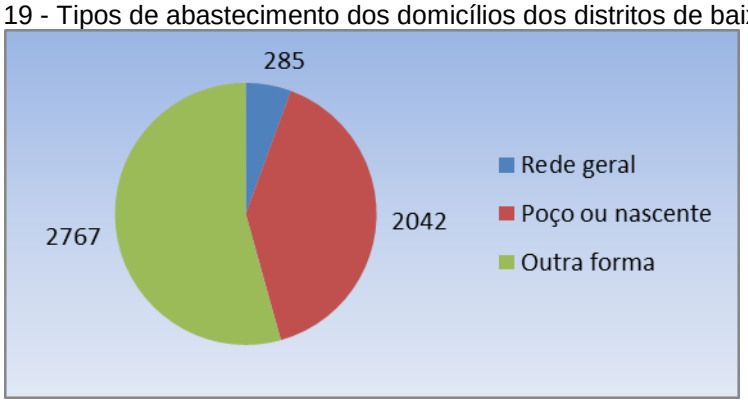
Fonte: Censo Demográfico do IBGE (2000)

Gráfico 18 -Tipos de abastecimento dos domicílios dos distritos do médio curso do rio Pirangi



Fonte: Censo Demográfico do IBGE (2000)

Gráfico 19 - Tipos de abastecimento dos domicílios dos distritos de baixo curso do rio Pirangi



Fonte: Censo Demográfico do IBGE (2000)

No alto curso, dos 6400 domicílios, apenas 956 (14,93%) possuem abastecimento de água ligado a uma rede geral sendo a maior parte 5196 (81,18%) abastecida por outra forma. Esta situação se reflete também no médio e baixo curso, sendo que no baixo curso o número de domicílios abastecidos por poço (2042) é bem superior do que no alto e médio curso. Isto se deve ao fato da área da bacia

encontrar-se no domínio sedimentar o que amplia o número de poços devido a capacidade de armazenamento ser maior.

Canal do Trabalhador

O canal do trabalhador foi construído no ano de 1993 durante o governo de Ciro Gomes, tem uma extensão total de 102,5 km, que parte do município de Itaiçaba e termina no município de Pacajus (CoGERH,2009). O canal capta águas do rio Jaguaribe provenientes do Açude Castanhão, despejando-as no Açude Pacajus, garantindo o abastecimento de água da Região Metropolitana de Fortaleza. As águas são transportadas em seguida para o Açude Pacoti/Riachão via o Canal do Ererê e em seguida para o Açude Gavião via o Canal Riachão-Gavião. O Canal do Trabalhador atravessa os municípios de Itaiçaba, Palhano, Cascavel e Pacajus. O canal abastece em torno de 11 lagoas da bacia em análise segundo os dados da COGERH (2009) que atendem diversas comunidades e distritos dos municípios de Aracati, Beberibe, Cascavel e Palhano.

Segundo a Cogerh (2009) No segundo semestre quando se observa um aumento na demanda de água nas comunidades difusas ao longo do Canal do Trabalhador, o poder público municipal recorre às águas do canal para manter o desenvolvimento das lagoas que abastecem aquelas comunidades. Nesta ocasião, a atividade pesqueira é mantida, bem como o abastecimento animal e até o abastecimento humano das próprias comunidades.

Cisternas de Placas

As cisternas de placas é uma alternativa domiciliar que capta a água das chuvas, estando presente em sete (07) municípios da bacia: Ocara (1088), Morada Nova (1747), Ibaretama (446), Aracati (776), Chorozinho (578), Palhano (294), Quixadá (995). As cisternas constituem atualmente em uma nova alternativa de abastecimento de água de comunidades distantes e carentes. Este programa é organizado pela ASA (Articulação do Semi-Árido Brasileiro) sendo constituído por um fórum de organizações da sociedade civil, reunindo cerca de 750 entidades, entre sindicatos de trabalhadores rurais, associações de agricultores, cooperativas de produção, igrejas, entre outras, que trabalham para o desenvolvimento social, econômico, político e cultural da região semi-árida. A ASA criou o programa 1 milhão de cisternas (P1MC) e vem contribuindo para um melhoramento das condições de

diversas comunidades do semi-árido. Segundo a ASA: O P1MC é um processo de formação, educação e mobilização de pessoas e instituições, que vem desencadeando um movimento de articulação e de convivência sustentável com o semiárido, através do fortalecimento da sociedade civil e da construção de cisternas. As famílias que residem na zona rural dos municípios da região semi-árida brasileira, sem fonte de água potável nas proximidades de suas casas, ou com precariedade nas fontes existentes. São selecionadas para o programa a partir dos seguintes critérios, segundo a ASA: mulheres chefes de família; famílias com crianças de 0 a 6 anos; crianças e adolescentes frequentando a escola; adultos com idade igual ou superior a 65 anos e deficientes físicos e/ou mentais. Hoje é possível observar no interior do Estado do Ceará muitas cisternas de placas nas casas.

Canal da Integração

O Eixão das Águas constituirá um complexo de estação de bombeamento que realizará a transposição das águas do Açude Castanhão para reforçar o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza, assim como do Complexo Portuário e Industrial do Pecém, fazendo a integração das bacias hidrográficas do Jaguaribe e Região Metropolitana.

A obra garantirá o abastecimento humano de água da capital cearense e segundo a Secretaria de Recursos Hídricos - SRH (2012) por, pelo menos, 30 anos, bem como de todas as comunidades ao longo de seu trajeto. O canal beneficiará e potencializará o desenvolvimento local dos municípios de Alto Santo, Jaguaribara, Morada Nova, Ibicuitinga, Russas, Limoeiro do Norte, Ocara, Cascavel, Chorozinho, Pacajus, Horizonte, Itaitinga, Pacatuba, Maranguape, Maracanaú, Caucaia, Fortaleza e São Gonçalo do Amarante.

O projeto de acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos tem seu início a jusante da barragem do Açude Castanhão. A transposição é realizada até os açudes Pacoti, Riachão e Gavião, reservatórios integrantes do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Fortaleza. O percurso estende-se ao longo de aproximadamente 200 km. O Trecho I do Eixão, que vai do Açude Castanhão até Morada Nova, tem 55 de km de extensão e já foi concluído. O Trecho II começa no Açude Curral Velho e estende-se ao longo de 45,9 km, até a Serra do Félix, também em Morada Nova. O Trecho III compreende 66,3 km de extensão e está localizado entre a Serra do Félix e o Açude Pacajus, atravessando parte dos

seguintes municípios: Morada Nova, Ocara, Cascavel, Chorozinho e Pacajus. Estes dois trechos encontram-se em construção, segundo os dados da secretaria.

Projeto São José

Quanto ao abastecimento das comunidades rurais, distritais, os dados disponíveis são da construção e instalação de 119 sistemas de abastecimento, com ligações domiciliares ou com chafarizes, que atendem a 9.959 famílias, agrupadas em núcleos urbanos que variam de 27 a 288 famílias (COGERH, 2001). Estas ações são executadas pela Sohidra e pela Cagece com contrapartida de 10% da comunidade e estão sendo administradas de diversas formas. Há que considerar que alguns municípios da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi não estão enquadrados no semi-árido, por conseguinte, não são beneficiados pelo Projeto São José. Os que possuem o projeto são: Ibaretama 09 obras, 168 famílias atendidas e Ocara com 13 obras e 993 famílias, de acordo com os dados levantados. A figura 55 ilustra algumas formas de abastecimento dos municípios ao longo da bacia.

Existe a possibilidade da transposição das águas do rio Pirangi para a Lagoa do Uruaú e está previsto como integrante do Plano Estadual dos Recursos Hídricos e da política de integração de bacias que vem sendo executada pelo Estado do Ceará juntamente com o Ministério da Integração Nacional. O sistema Pirangi/Uruaú segundo a Cogerh (2010) tem finalidades múltiplas, uma vez que abrange o abastecimento humano de três núcleos urbanos – Itapeim, Arataca e Andreza -, além de permitir a integração rio/lagoa, viabilizando o desenvolvimento turístico da Lagoa do Uruaú e das áreas circunvizinhas.

FIGURA 55 - FORMAS DE ABASTECIMENTO DA ÁGUA NA BACIA

Figura 01: Açude Batente no limite dos municípios de Ocara e Morada Nova

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 02: Açude dos Macacos no Município de Ibaretama

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 03: Construção do Eixão das Águas no Município de Morada Nova

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 04: Canal do Trabalhador no distrito de Aruaru em Morada Nova

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 05: Carros pipas sendo abastecidos por açudes em Daniel de Queiroz, Quixadá.

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 06: Cisterna de Placas na Comunidade Batente no Município de Ocara.

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

4.2.4.2 Esgotamento Sanitário

O Esgotamento sanitário é deficiente em todos os municípios integrantes da bacia e isto compromete não só a qualidade da água, mas também a saúde da população. Segundo um estudo realizado pela Trata Brasil (2008), as principais doenças associadas a falta de saneamento são a diarréia, hepatite A, febres entéricas, esquistossotomose, leptospirose, micoses. Os dados desse estudo, as diarréias respondem por mais de 50% das doenças relacionadas a saneamento básico inadequado, sendo responsáveis também por mais da metade dos gastos com esse tipo de enfermidade. O estudo confirma ainda a associação entre saneamento básico precário, pobreza e índices de internação por diarréias.

De acordo com o IBGE um domicílio possui rede coletora ou geral quando a canalização das águas servidas ou dos dejetos é ligada a um sistema de coleta que os conduz para o desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não tenha estação de tratamento da matéria esgotada; fossa séptica: quando as águas servidas e os dejetos são esgotados para uma fossa, onde passam por um tratamento ou decantação, sendo a parte líquida absorvida no próprio terreno ou canalizada para um desaguadouro geral da área, região ou município. De todos os domicílios de acordo com a tabela 12 pertencentes na área urbana do alto curso (1163), médio curso (1364) e baixo curso (487), possuem fossas do tipo rudimentar como escoadouro para os seus dejetos. Na área rural a situação é ainda mais agravante, pois os domicílios do alto (1496), médio (3170) e baixo curso (1249) não possuem banheiro, ou seja, os seus dejetos são lançados em terrenos das próprias casas ou nas proximidades.

4.2.4.3 Destino Final dos Resíduos Sólidos

A forma mais apropriada para o destino final de resíduos sólidos seria por meio de aterros sanitários, porém, dos 184 municípios cearenses, apenas Fortaleza, Caucaia, Eusébio, Maracanaú, Pacatuba, Maranguape e Sobral destinam corretamente os resíduos sólidos em aterros sanitários segundo a Coordenadoria de Políticas Ambientais do Estado (Copam). Cerca de 280 lixões ainda funcionam no estado, embora lei federal (N°12.305 em agosto de 2010) já tenha proibido a criação desse tipo de depósito de resíduos.

A coleta e destinação final dos resíduos sólidos gerados pelas atividades socioeconômicas, especialmente nas grandes cidades, deve constituir um alvo de preocupação do poder público. O lixo depositado em terrenos a céu aberto decompõe-se produzindo um líquido de coloração negra, denominado *chorume*. Segundo Lorandi e Cançado (2008) esse líquido reduz a quantidade de oxigênio nos corpos d'água e resulta na contaminação dos mesmos, afetando, inclusive, os lençóis freáticos através de sua percolação.

A partir dos dados do Censo Demográfico de 2000, feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no qual foi abordado o destino do lixo, segundo os domicílios.

No alto curso do rio do rio Pirangi conforme a tabela 13, a maioria dos distritos na área urbana e também da zona rural enterram o lixo, enquanto que no médio curso no meio urbano a população enterra o lixo e na zona rural a queima é o principal destino do lixo. No baixo curso a zona urbana é o único local em que o lixo é coletado, mas na zona rural o destino do lixo também é queima.

Tabela 12: Tipo de escoadouro dos distritos localizados na bacia do rio Pirangi

Setor da Bacia	Zona do Distrito	Tipo de Escoadouro						
		Rede Geral	Fossa Séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio	Não possuem banheiro	outro escoadouro
Baixo	Urbana	3	123	1163	6	2	105	4
	Rural	1	17	1197	15	---	1249	81
Médio	Urbana	2	134	1364	1	---	2	508
	Rural		119	2496	15	---	148	3170
Alto	Urbana	1	4	487	2	---	1	94
	Rural		85	691	16	---	2	1496

Fonte: IBGE (2010)

Tabela 13: Destino final dos resíduos sólidos presentes na bacia do rio Pirangi

SETOR DA BACIA	COLETADO		QUEIMADO		ENTERRADO		JOGADO EM TERRENO BALDIO		JOGADO EM RIO, LAGO OU MAR		OUTRO DESTINO	
	URBANA	RURAL	URBANA	RURAL	URBANA	RURAL	URBANA	RURAL	URBANA	RURAL	URBANA	RURAL
Alto curso	2		22	279	303	483	7	92	9	2	1	1
Médio curso	228	148	346	1569	870	1280	217	1344		9	5	36
Baixo curso	754	107	323	1227	268	595	55	678	1	5	1	3

Fonte: IBGE, 2010

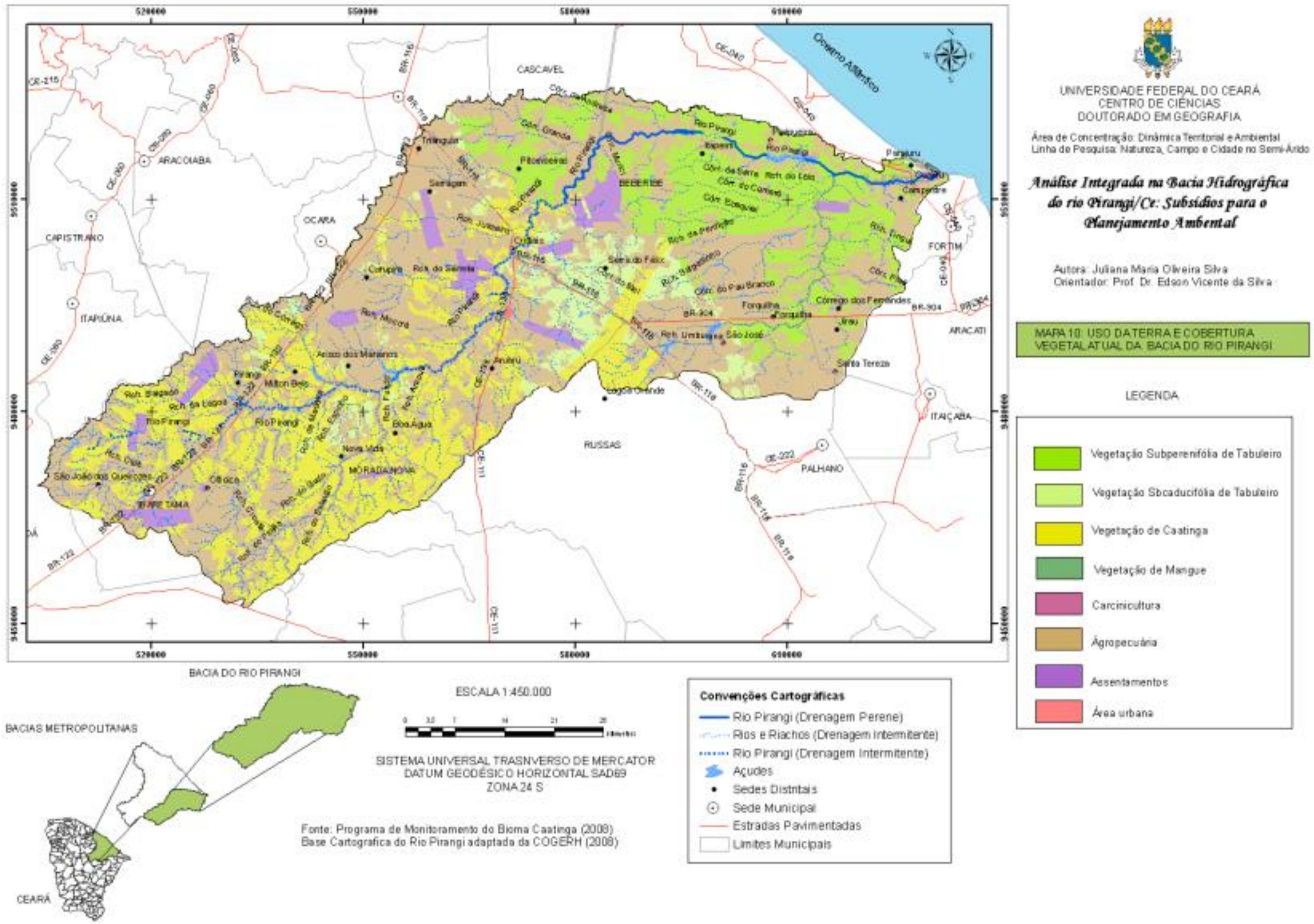
4.3 Condições de Uso e Ocupação dos Solos na Bacia

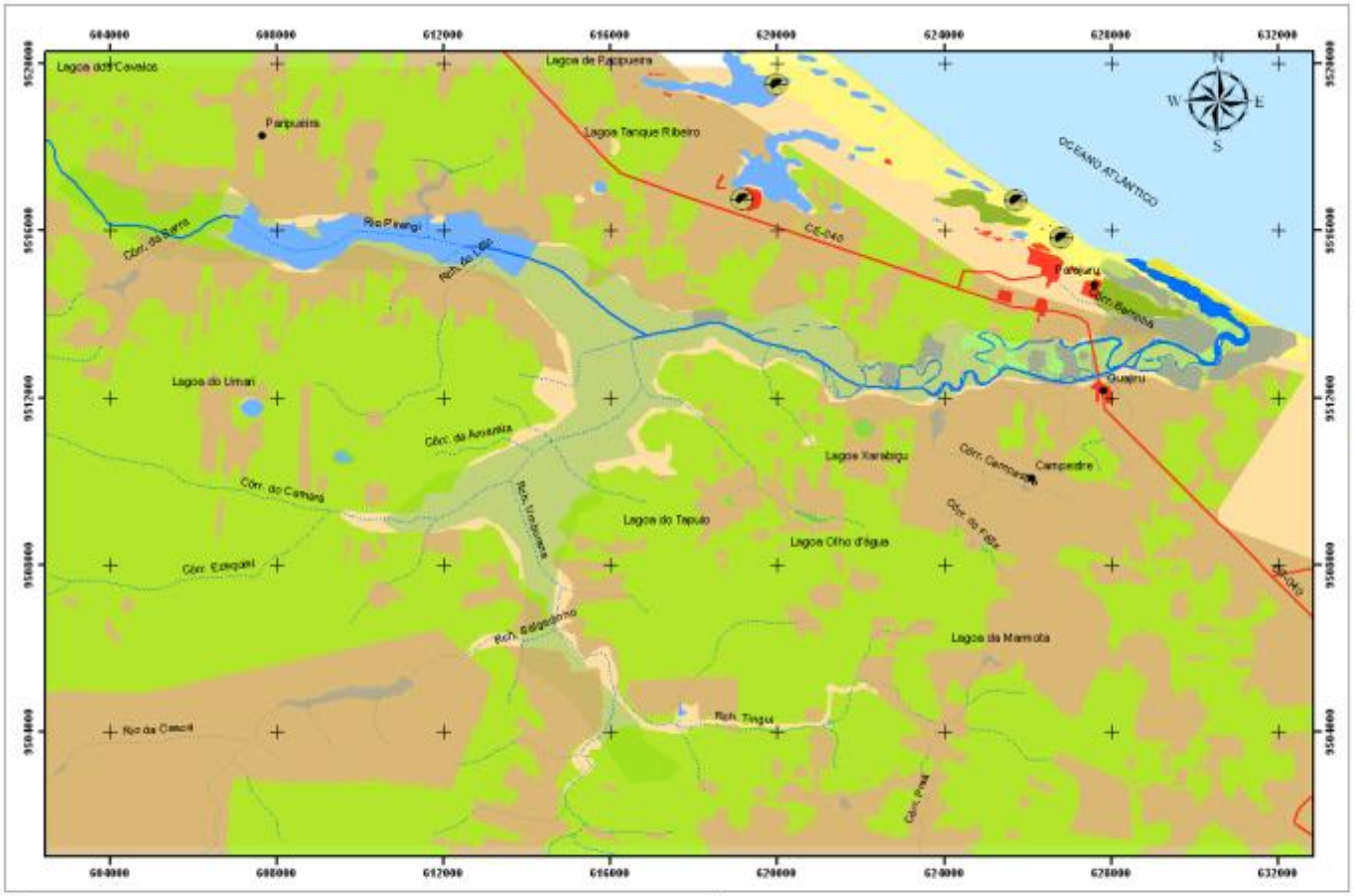
O uso e ocupação das terras é um tema básico para planejamento ambiental, porque retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. É uma fonte essencial para a análise dos vetores de poluição e um elo importante de ligação entre as informações dos meios biofísicos e socioeconômicos (SANTOS, 2004)

As condições de uso e ocupação do solo na bacia pode-se pontuar em aspectos gerais, alguns tipos diferenciados de utilização dos recursos naturais: agricultura de subsistência e pesca continental no alto e médio curso e agricultura de subsistência e irrigada, piscicultura, carcinicultura e turismo no baixo curso. A atividade da indústria permeia o alto, médio e baixo curso, sendo mais expressiva na sede dos municípios.

As tipologias de uso/ocupação da terra relacionam-se aos modelos de exploração dos recursos naturais e aos ativos ambientais em razão do seu valor econômico-social e das atividades exercidas em determinadas áreas. A organização do espaço, no que tange ao uso e ocupação da terra, odiernamente, produz efeitos ambientais, traduzidos por problemas de degradação dos recursos naturais, sobretudo os renováveis, promovendo mudanças socioambientais de toda sorte (NASCIMENTO, 2006).

Assim sendo, caracterizaram-se as principais atividades econômicas realizadas na bacia e mapearam-se os principais tipos de uso e ocupação do solo, pois, torna-se essencial compreender os diferentes padrões de organização do espaço ao longo da bacia para posteriormente propor medidas compatíveis com cada setor. Os mapas 10 e 11 representam o uso e cobertura vegetal, um abrangendo toda a bacia (mapa 10) e outro para o estuário e entorno do rio Pirangi (mapa 11).


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido
Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi/Ce: Subsídios para o Planejamento Ambiental
Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
MAPA 10: USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL ATUAL DA BACIA DO RIO PIRANGI
LEGENDA
Vegetação Subperenifólia de Tabuleiro
Vegetação Sbcaducifólia de Tabuleiro
Vegetação de Caatinga
Vegetação de Mangue
Carcinicultura
Agropecuária
Assentamentos
Área urbana
Oceano Atlântico
CASCAVEL
ARACOIABA
CAPISTRANO
OCARA
ITAPIÚNA
RUSSAS
PALHANO
ITAIÇABA
ARACATI
FORTIM
BEBERIBE
MORADA NOVA
IBARETAMA
BACIA DO RIO PIRANGI
BACIAS METROPOLITANAS
CEARÁ
ESCALA 1:450.000
SISTEMA UNIVERSAL TRASNVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24 S
Fonte: Programa de Monitoramento do Bioma Caatinga (2008)
Base Cartografica do Rio Pirangi adaptada da COGERH (2008)
Convenções Cartográficas
Rio Pirangi (Drenagem Perene)
Rios e Riachos (Drenagem Intermitente)
Rio Pirangi (Drenagem Intermitente)
Açudes
Sedes Distritais
Sede Municipal
Estradas Pavimentadas
Limites Municipais



SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24S

ESCALA: 1:100000

Escala gráfica

0 0,5 1 2 3 4 Kilometers

Fonte: Imagens do Satélite Quickbird (2010)
Programa de Monitoramento do Bioma Caatinga (2008)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA

Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido

Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi/Ce: Subsídios ao Planejamento Ambiental

Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

MAPA 11: COBERTURA VEGETAL E USO DO ESTUÁRIO DO RIO PIRANGI E ENTORNO

LEGENDA

- Vegetação Subperenifólia de Tabuleiro
- Vegetação de Mangue
- Dunas Fixas (vegetação)
- Agropecuária
- Área urbana
- Carcinicultura

Convenções Cartográficas

- Rio Pirangi
- Rios e Riachos (Drenagem Intermitente)
- Lagoas e Açudes
- Sedes distritais
- Estradas Pavimentadas

Ao interpretar o mapa 10 e 11 e o quadro 26 referente aos principais tipos de uso que ocorrem na bacia, nota-se que a principal atividade de uso é a agropecuária ocupando 2270,91 km^2. Esta atividade ocupa o alto, médio e baixo curso da bacia, dividida entre culturas permanentes e temporárias.

No baixo curso predomina também como principal atividade a agropecuária. A carcinicultura desenvolve-se principalmente na área do estuário e também em setores de apicum. O turismo é outra atividade presente no baixo curso sendo desenvolvido na praia de Parajuru, onde se encontra a foz do rio.

As principais culturas permanentes na bacia são a castanha de caju e o coco da baía e as temporárias milho, feijão e mandioca.

Os assentamentos presentes na bacia ocupam uma área 160,91 km^2 e distribuem-se no alto, médio e baixo curso. As áreas urbanas na bacia são as sedes distritais e uma municipal (Ibaretama) e tem como características serem de área reduzida, não apresentando grandes concentrações urbanas.

Quadro 26 - Tipos de uso e Cobertura Vegetal área na bacia do rio Pirangi.

TIPO DE USO	ÁREA (km^2)
Sem Cobertura Vegetal (Dunas Móveis e faixa de praia)	5,33
Vegetação de Mangue	6,46
Vegetação Subperenifólia de Tabuleiro	679,27
Vegetação Subcaducifólia de Tabuleiro (interiores)	272,93
Vegetação de Caatinga	983,57
Carcinicultura	5,32
Assentamentos	160,91
Agropecuária	2270,91

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

4.2.3.1 Principais atividades econômicas

No tocante as atividades econômicas dos municípios que integram a bacia do Pirangi, estas se encontram divididas nos três setores: agropecuária, indústria e serviços. O setor que mais gera renda é o de serviços, segundo a tabela 14 relativo ao PIB de cada atividade econômica. Em alguns municípios (Aracoiaba, Beberibe, Fortim, Ibaretama, Ocara, Palhano) o setor da agropecuária gera ainda mais renda do que a indústria.

Tabela 14: PIB por atividade econômica dos municípios da área de estudo

	MUNICÍPIOS	AGROPECUÁRIA (%)	INDÚSTRIAS (%)	SERVIÇOS (%)
Alto curso	ARACOIABA	18,14	10,96	70,91
	QUIXADÁ	12,2	12,5	75,4
	IBARETAMA	23,1	9,5	67,3
Médio curso	MORADA NOVA	15,1	31,8	53,1
	OCARA	17,7	10,3	72,1
	CHOROZINHO	12,88	12,98	74,14
	CASCAVEL	7,8	32,8	59,4
Baixo curso	BEBERIBE	23,2	12,1	64,6
	FORTIM	23	14,7	62,3
	ARACATI	14,6	26,9	58,5
	PALHANO	41,5	7,2	51,3

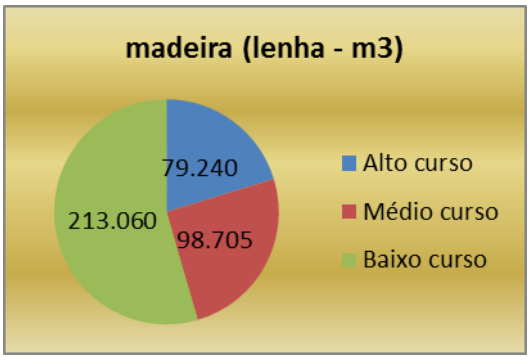
Fonte: IPECE (2011)

4.2.3.1 Extrativismo Vegetal

Com relação ao extrativismo vegetal, os municípios da bacia destacam-se na fabricação de carvão vegetal, produzindo no total 195 t anuais, sendo a região do baixo curso responsável pela maior produção com 119t/anuais.

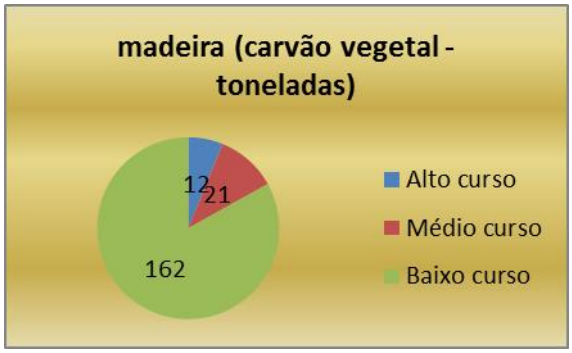
Outro tipo de extração é a retirada de lenha com 391.005 m^3, tendo novamente o baixo curso a maior produção com 213.060m^3. A retirada da cera e do pó da carnaúba também constitui outra atividade na bacia. A produção de cera no alto curso foi de 195t, no médio 5t e no baixo 316t. Em relação ao pó da carnaúba no alto curso 10t, no médio 12t e no baixo curso 102t. A região do baixo curso é a que apresenta um maior destaque na atividade do extrativismo vegetal, conforme os gráficos 20, 21, 22 e 23 a seguir.

Gráfico 20: Produção de lenha por setor na bacia



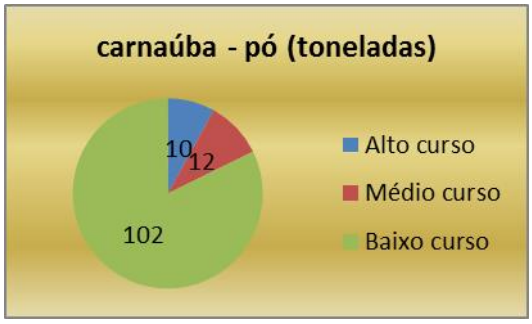
Fonte: IBGE (2011)

Gráfico 21: Produção de carvão vegetal por setor na bacia



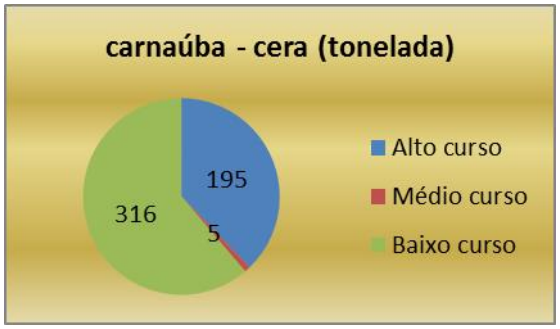
Fonte: IBGE (2011)

Gráfico 22: Produção de pó de carnaúba por setor na bacia



Fonte: IBGE (2011)

Gráfico 23: Produção de cera de carnaúba por setor na bacia



Fonte: IBGE (2011)

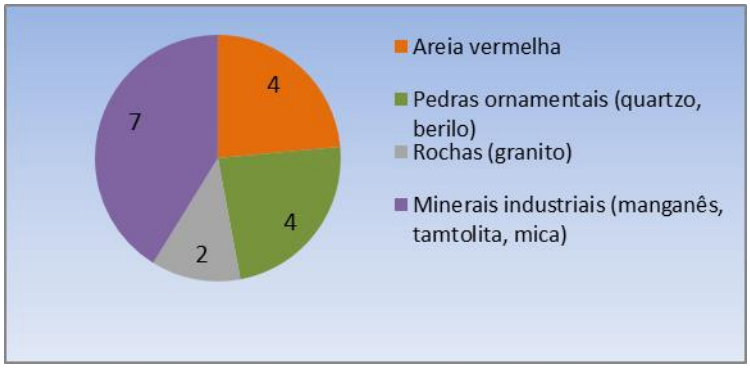
4.2.3.2 Extrativismo Mineral

As informações relativas ao extrativismo mineral foram adquiridas junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) que é órgão responsável em administrar os recursos minerais e dados da Cogerh (2001). As seguintes atividades mineradoras predominam na bacia: argila, areia vermelha, granito, mica, manganês, quartzo e tantalita. O gráfico 24 ilustra a distribuição de ocorrência dos minerais na bacia.

A areia vermelha ocorre principalmente nos campos de dunas e nos tabuleiros pré-litorâneos e interiores. Em Chorozinho existem 03 lavras regularizadas desde 1998 correspondendo a 18,75% de produção mineral na bacia. A exploração de minerais industriais é responsável por 43% da produção, onde existem 03 lavras de mica em Cascavel (distrito de Pitombeiras), 01 em Ocara (localidade de Lagoa Comprida no distrito de Curupira), 02 lavras de manganês em Ocara (localidade de

deserto no distrito de Novo Horizonte) e 01 lavra de tantalita em Ocara. As pedras ornamentais são representadas pelo quartzo com 03 lavras em Beberibe (02 na Fazenda Iracema e 01 na Fazenda Jucá) e 01 lavra de berilo também em Beberibe (Fazenda Jucá) e corresponde a 25% da produção. A exploração do granito ocorre em Aracoiaba com 02 lavras (Várzea da Serra e Pedra Aguda) com 12,5% de produção. A argila é outro mineral que é bastante utilizado na bacia, sendo que retirada de uma forma clandestina ao longo das planícies aluvionares e das lagoas da bacia. Não foi registrada nenhuma lavra regularizada para a argila na bacia em estudo.

Gráfico 24: Distribuição dos minerais na bacia



Fonte: Dados cadastrais de lavras por município (DNPM, 2011 e Cogerh, 2010).

4.2.3.3 Agropecuária

A bacia do Pirangi, ao contrário do que ocorre nas bacias do Jaguaribe e Acaraú não se caracteriza por uma marcante tradição na atividade agrícola irrigada. Nesse sentido, inexistem grandes perímetros de irrigação. Os aspectos estudados envolveram principalmente as áreas mais próximas ao leito fluvial.

A irrigação é pouco desenvolvida na bacia. As áreas irrigadas pela iniciativa privada segundo dados da Cogerh (2001) encontram-se posicionadas ao longo do Canal do Trabalhador que passa pela bacia, com destaque para as empresas de Jaime Aquino, Itaueras e AGM.

Os municípios do baixo curso possuem um total de 5770 estabelecimentos voltados para a produção de lavoura permanente, perfazendo uma área de 66.241 hectares. No médio curso os municípios possuem um total de 4424 estabelecimentos, perfazendo uma área de 35365 hectares. No alto curso 902 estabelecimentos com área total de 5957 hectares. Na lavoura temporária, os municípios do baixo curso possuem 4333 estabelecimentos com área de 17150

hectares, o médio curso com 5952 estabelecimentos e 31691 hectares. A tabela 15 destaca os principais produtos dos municípios da bacia. Deve-se levar em conta que em alguns municípios não estão totalmente inseridos na bacia hidrográfica. Em relação aos estabelecimentos que fazem parte do Programa Agricultura Familiar, a maior parte dos municípios da bacia possuem este programa (tabela 16).

Tabela 16: Número de estabelecimentos que possuem agricultura familiar

	MUNICÍPIOS	AGRICULTURA FAMILAR		NÃO POSSUEM AGRICULTURA FAMILIAR	
		Número de estabelecimentos (unidades)	Área dos estabelecimentos (ha)	Número de estabelecimentos (unidades)	Área dos estabelecimentos (ha)
Alto curso	ARACOIABA	1695	12715	178	19130
	QUIXADÁ	4345	55136	1022	87401
	IBARETAMA	711	27197	157	34690
Médio curso	MORADA NOVA	3905	70984	498	97180
	OCARA	1871	25663	144	23082
	CHOROZINHO	624	4355	497	15980
	CASCAVEL	2172	12664	219	13655
Baixo curso	ARACATI	1789	15316	252	8389
	BEBERIBE	2793	19422	374	85269
	FORTIM	479	3726	43	6520
	PALHANO	1006	6906	163	6436

Fonte: Censo Agropecuário IBGE (2007)

Tabela 15: Dados de pecuária, culturas temporárias, culturas permanentes dos municípios da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi

	MUNICÍPIOS	LAVOURAS TEMPORÁRIAS							LAVOURAS PERMANENTES					PECUÁRIA				
		Cana-de-açúcar (ton/ano)	Feijão (ton/ano)	Mamona (baga)	Mandioca (ton/ano)	Milho (grãos/ano)	Algodão (ton/ano)	Outros*	Banana (ton/ano)	Castanha de caju (ton/ano)	Coco-da-baía (mil/frutos)	Manga (ton/ano)	Outros**	Bovinos	Caprinos	Ovinos	Suínos	Outros***
Alto curso	Aracoiaba	902	399	27	1044	1319	---	1018	232	511	1175	217	389	11229	899	2784	3326	43.081
	Quixadá	---	1375	205	1350	2438	306	999	49	622	108	60	9	56920	9750	40600	4440	2.529.680
	Ibaretama	---	969	22	1050	706	40	---	14	340	6	6	---	13800	4900	13250	2345	97.190
Médio curso	Morada Nova	---	2.403	32	213	2472	---	19.680	736	1358	40	22	70	55211	16445	49547	11398	430.137
	Ocara	320	872	4	1266	1702	300	1964	25	6602	40	18	10	8586	1596	5080	4011	34.599
	Cascavel	58.378	306	64	1930	129	11	1785	715	3672	10.166	3450	918	9719	1366	10500	6797	998.018
	Chorozinho	193	125	15	7150	35	--	3	15	1570	309	---	249	5778	825	1585	929	1.348.40
Baixo curso	Aracati	2800	684	7	1458	515	---	36400	781	2836	1724	797	2233	7705	5215	15013	3073	108.936
	Beberibe	23.180	643	27	25.200	250	9	395	261	5028	14.782	2002	30	11579	6864	14759	7026	1.106.419
	Fortim	---	184	6	4750	96	16	115	--	2168	744	---	---	1681	1475	2159	1278	17.976
	Palhano	---	297	7	22.610	750	---	----	---	2005	---	---	---	3154	5796	5972	1261	41.726

Fonte: IBGE (2011)

*Tomate, arroz,

** Incluem-se nesta lista goiaba, mamão, laranja

** Incluem-se nesta lista equinos, asininos, bubalinos, muares, galinhas e galos

As atividades agrícolas estão bastante reduzidas e localizadas, apresentando um predomínio de cultivos de subsistência (milho, feijão e mandioca).

A atividade agrícola na bacia do rio Pirangi produz em maior proporção cana-de-açúcar (no litoral), feijão, milho, mandioca. Na produção de frutos, dentre eles, destaca-se a banana, coco-da-baía e a castanha de caju, como os mais cultivados. O algodão é produzido em maior quantidade nos municípios de Ocara e Quixadá.

Ao longo do Canal do Trabalhador, no município de Beberibe, observa-se o cultivo de caju em regime de sequeiro e irrigado, conforme dados da Cogerh (2001). Em alguns estabelecimentos de municípios observa-se a cultura do caju juntamente com o feijão.

A pecuária desenvolve-se especialmente em meio a vegetação de caatinga, sendo de uma forma extensiva. No distrito de Daniel de Queiroz e São João dos Queirozes em Quixadá observa-se o cultivo de abelhas para a produção de mel.

Assentamentos de Reforma Agrária

A bacia apresenta um total de 18 assentamentos (quadro 27), sendo 10 de administração estadual pela DAS – Secretaria de Desenvolvimento Agrário e 08 pelo governo federal através do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

O município de Ocara localizado no médio curso do Pirangi é o que concentra mais assentamentos rurais na bacia com 05 assentamentos e Beberibe o segundo com 04. Destaca-se que estão incluídos no Programa Crédito Fundiário do Governo do Estado do Ceará. Segundo Oliveira (2009) A política de crédito fundiário é parte do processo de desenvolvimento do capitalismo moderno no campo brasileiro. Esse processo está marcado pela lógica do desenvolvimento desigual e contraditório, pois, ao mesmo tempo em que atua na direção da ampliação do agronegócio, por meio de subsídios e isenções fiscais em diferentes regiões do País, tem proporcionado o processo de expansão da agricultura camponesa.

Quadro 27: Assentamentos existentes na bacia do rio Pirangi

Assentamento	Município	Administração
Associação Comunitária de Pequenos Agricultores de Furnas	Ocara	Estadual
Aroeira	Ocara/Aracoiaba	Federal
Córrego do Quinxiaxé	Ocara/Aracoiaba	Federal
Cachoeira	Ocara	Estadual
Lagoa do Serrote II	Ocara	Estadual
Umari Casa Forte	Beberibe	Federal
Umari III	Beberibe	Federal
Córrego do Meio	Beberibe	Federal
Santa Maria	Beberibe	Federal
Associação Comunitária de João Gonçalves	Ibaretama	Estadual (Crédito Fundiário)
Tijuca Boa Vista	Ibaretama/Quixadá	Estadual
Lenin/Paz	Ibaretama	Federal
Associação Comunitária dos Assentados da Fazenda Monte Sinai	Quixadá	Estadual – Projeto São José
Ass. Comunitária dos pequenos produtores rurais da fazenda Belmonte	Morada Nova	Estadual (Crédito fundiário)
Amazonas II	Morada Nova	Federal
Cipó	Morada Nova	Federal
Assentamento João Paulo II	Aracati	Estadual - Crédito Fundiário
Associação Comunitária Lagoa Salgada	Fortim	Estadual - Crédito Fundiário
Ass. dos moradores do distrito de campestre	Fortim	Estadual - Crédito Fundiário

Fonte: MDA (2011)

4.2.3.4 Aquicultura e Pesca

A pesca continental é praticada nos açudes de propriedades particulares da bacia, mas a pesca marítima é a que apresenta um maior rendimento produtivo. Destaca-se no baixo curso a criação de camarão em cativeiro, sendo que no litoral de Beberibe verifica-se a instalação de 39 fazendas de camarão. Segundo o IBAMA (2005) O rio Pirangi é o segundo estuário do Litoral Leste com a implantação de tanques para a atividade de carcinicultura, perdendo apenas para o estuário do rio Jaguaribe.

Em Parajuru através da Associação Comunitária local (ACP), desenvolve-se o Projeto de Carcinicultura da Gamboa (antiga salina que foi abandonada). Segundo essa associação o projeto tem 25 viveiros em funcionamento, gerando emprego e renda para mais de 30 famílias. O projeto é executado pelos sócios da

ACP, a renda destina-se a suprir as despesas dos viveiros, e o lucro fica nas mãos dos associados sendo que uma porcentagem é paga a associação para manter a administração dos trabalhos.

Este projeto teve início em 2003 segundo o site da ACP (Associação Comunitária Produtores de Parajuru) quando a associação juntamente com a empresa Verde Vida Engenharia Ambiental, elaboraram um estudo que possibilitou o licenciamento ambiental da SEMACE, permitindo o início do projeto de carcinicultura.

Ao longo da margem da CE-040 em Beberibe existe o porto de Parajuru onde ficam ancorados barcos para a pesca da lagosta (figura 56). Os pescadores conseguiram aprovação de um projeto para ampliação do cais, área para lavagem de equipamentos e depósitos para pescado. O projeto de um montante de R$ 1.124.000,00 foi abandonado, não havendo nenhum benefício para o porto de Parajuru. Segundo a Associação Comunitária Produtores de Parajuru (ACP) e das reportagens consultadas do Diário do Nordeste (2012) um dos principais benefícios seria a instalação de um tanque para armazenamento de diesel (figura 57) para uso na pesca marítima e que seria subsidiado. Foi construído um tanque colocado sob um suporte de concreto sendo que nunca recebeu combustível.

Figura 56 - barcos ancorados no Porto de Parajuru

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 57 - Tanque para armazenamento de diesel e que nunca foi abastecido.

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

4.2.5.5 Indústria, Comércio e Serviços

Na bacia do Pirangi, alguns municípios possuem atividades relacionadas ao comércio, indústrias e serviços. De modo isolado são registradas fábricas de processamento de caju como em Santa Tereza, distrito de Aracati e na Serra do Félix em Beberibe. O comércio é constituídos por pequenas mercearias e lojas que se encontram dispersos nas sedes municipais, distritais e comunidade rurais. Encontra-se uma maior atividade comercial nas sedes municipais e os serviços também se concentram mais nas sedes, destaca-se dentre eles o segmento do turismo que é bastante acentuado em alguns municípios.

Turismo e Lazer

Os municípios que possuem uma atividade turística mais significativa são Aracati, Fortim, Quixadá, Cascavel e Beberibe, porém o que apresenta possui uma vinculação mais direta com a área da bacia do rio Pirangi é Beberibe, sendo um dos municípios mais visitados por turistas no Ceará. Segundo os dados da Secretaria de Turismo do Ceará (SETUR) em 2010, o município foi o 3º mais visitado com 243.256 turistas, abaixo apenas para Fortaleza, Caucaia, Aquiraz.

A posição destacada de Beberibe no receptivo turístico deve-se a alguns fatores como a facilidade de acesso, pois o município fica a 83 km da capital do estado, Fortaleza, e um constantemente fluxo ônibus e “vans” da capital, que tem como destino o litoral de Beberibe. A CE-040 permite um fácil acesso, uma vez que se encontra bem pavimentada e bastante conservada.

No tocante a infra-estrutura turística do município, as praias de Morro Branco e das Fontes possuem bares, restaurantes e pousadas a fim de atenderem os visitantes. Não só estas duas praias detêm estes equipamentos, outras localidades do município como Uruaú e Canto Verde atendem bem a demanda de visitas. Os melhores hotéis e pousadas encontram-se nas praias de Morro Branco e das Fontes. A beleza natural das praias de Beberibe talvez seja a principal causa do grande volume de visitas, aliadas ao grande marketing existente na área. O Monumento Natural das Falésias, com seu labirinto de falésias e suas areias coloridas da praia de Morro Branco, é o que os turistas mais procuram.

Durante o ano, os meses de janeiro, julho, agosto e setembro são considerados como da alta estação. Os meses de agosto e setembro é onde aumenta a presença de turistas estrangeiros por causa das férias da Europa. Em

janeiro acontece a festa da padroeira do município, Nossa Senhora dos Navegantes, vindo muitos visitantes de outras localidades para Beberibe. Nos meses de janeiro, fevereiro e julho um grande número de turistas de outros estados brasileiros costumam visitar o município.

A praia de Parajuru situa-se no extremo litoral leste de Beberibe, não apresentando uma infraestrutura turística tão consolidada como Morro Branco e Praia das Fontes, mas é possível observar atualmente a instalação de hotéis, pousadas e casas de veraneio. Na praia há poucas barracas, mas destaca-se a presença de uma escola de *kitesurf (*figura 58*)*, que pertence a um grupo austríaco desde 2008. A principal atração do local é a foz do rio Pirangi que proporciona ao visitante uma visão do encontro do rio com e mar e optar também praticar *kitesurf* bem próximo ao rio.

Figura 58: Barraca de Kitesurf onde funciona uma escola para a prática desse esporte.

Usinas Eólicas

Os campos de dunas que se localizam bem próximos a praia de Parajuru foi construído um parque eólico. Este tipo de construção causa uma descaracterização da paisagem na área. É mais uma infra-estrutura de produção eólica de grande porte que se instalou no local, a exemplo do que ocorre em outros trechos do litoral cearense. O Ceará é destaque nacional na geração de energia eólica, mas o que se tem observado é que apesar desta energia ser considerada “limpa”, a energia eólica vem causando degradação nos ambientes costeiros que são bastante importantes para o litoral; as dunas. A instalação de parques eólicos nas dunas vem promovendo o desmonte das mesmas para a construção das

estradas e instalação das torres. Estas construções desestabilizam a função ecológica das dunas como o aporte sedimentar vindo da faixa de praia, pós-praia, impactam a biodiversidade e reduzem os reservatórios naturais de água doce.

No Estado do Ceará existe 03 Parques Eólicos em funcionamento, os parques eólicos do Mucuripe em Fortaleza, o da Prainha em Aquiraz e o outro em São Gonçalo do Amarante. De acordo com os dados da ANAEEL (2008) existem 6 empreendimentos de parques eólicos em construção no Ceará, localizados nos municípios de Acaraú, Amontada, Aracati, Beberibe, Camocim, Paracuru e São Gonçalo do Amarante. Mais 14 empreendimentos similares tem construção prevista, ou seja, serão 23 parques eólicos no Ceará, todos ocupando importante ecossistema litorâneo, responsável pela dinâmica costeira. É necessário que se faça revisão destes empreendimentos para o litoral cearense que já sofre com os empreendimentos imobiliários que degradam cada vez mais a paisagem litorânea. Estudos de Meireles (2008), apontam vários impactos ambientais associados a cortes e aterros nas dunas fixas e móveis. Segundo o autor, estas atividades certamente alteram o nível hidrostático do lençol freático, o que poderá influenciar no fluxo de água subterrânea e na composição e abrangência espacial das lagoas interdunares.

O quadro 28 resume as principais atividades econômicas encontradas ao longo da bacia do rio Pirangi.

Quadro 28 - Síntese das principais atividades econômicas exercidas na bacia

Curso do rio	Municípios	**Principais Atividades Econômicas**								
		Extrativismo Vegetal	Agricultura de Subsistência	Pecuária Extensiva	Agricultura irrigada	Extrativismo Mineral	Aquicultura	Comércio	Indústria	Turismo
Alto	Aracoiaba	X	X	X		X	X	X	X	
	Ibaretama	X	X	X			X	X	X	
	Quixadá	X	X	X			X	X	X	X
Médio	Ocara	X	X	X		X	X	X	X	
	Morada Nova	X	X	X	X		X	X	X	
	Cascavel	X	X	X		X	X	X	X	X
	Chorozinho	X	X	X		X	X	X	X	
Baixo	Aracati	X	X	X			X	X	X	X
	Beberibe	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Fortim	X	X	X			X	X	X	X
	Palhano	X	X	X			X	X	X	

As figuras 59 e 60 ilustram as diversas formas de uso e ocupação ao longo da bacia.

Figura 59.1 – Barracas na Praia de Parajuru/Beberibe

Figura 59.2 – Usinas Eólicas entre as praias de Parajuru e Canto Verde/Beberibe

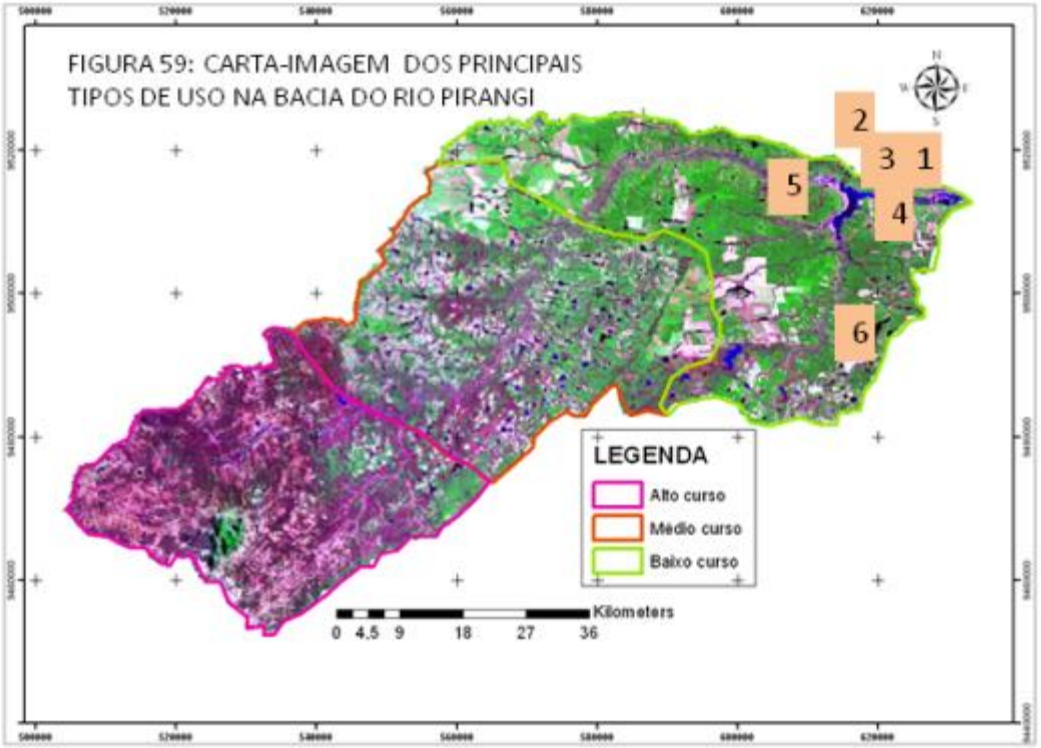


Figura 59.3 – Turismo e Lazer: Hotel em Parajuru/Beberibe

Figura 59.4 – Tanque de Carcinicultura em Parajuru/Beberibe

Figura 59.5 – Preparação do solo para plantio

Figura 59.6 – Mini Fábrica no distrito de Santa Tereza / Aracati

Figura 60.1 – Fazenda no distrito de São João dos Queirozes / Quixadá

Figura 60.2 – Criação de peixes/ Quixadá

Figura 60.3 – Plantação de milho /Quixadá

Figura 60.4: Plantação em consórcio de feijão e caju /Ocara

Figura 60.5 – Extração de lenha no distrito /Ocara

Figura 60.6 – Agricultura irrigada da empresa Itaueras no distrito de São José/Palhano

Fonte: Cogerh (2009)

4.4 ESTADO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANGI

A interpretação dos mapas de uso e ocupação do solo demonstrou que a bacia hidrográfica do rio Pirangi vem passando por significativas alterações do ponto vista ambiental, resultado da ação dos diversos agentes que se utilizam dos recursos naturais e que acabam por gerar uma sequência de impactos negativos.

A análise dos problemas ambientais teve como base a legislação ambiental a partir das resoluções do CONAMA (1986) e do conceito de impacto ambiental. Segundo esta lei toda alteração no meio ambiente provocada exclusivamente pela conduta ou atividade humana, atingindo direta ou indiretamente a saúde, a segurança e o bem estar da população, atividades socioeconômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente ou a qualidade dos recursos ambientais, é considerada impacto ambiental.

Os principais impactos ambientais da bacia estão associados às atividades de carcinicultura, a retirada da mata ciliar, queimadas e desmatamentos, ocupação nas margens do rio e a pecuária extensiva.

4.3.1 Carcinicultura

A atividade de criação em cativeiro de camarão constitui hoje em um dos principais vetores de impactos ambientais relacionados aos estuários do Estado do Ceará. O rio Pirangi não é indiferente a esta situação, pois no seu estuário verifica-se a presença de tanques de carcinicultura e ainda algumas áreas que foram abandonados. Ao longo das bacias hidrográficas do estado do Ceará foram identificadas 245 fazendas de camarão, conforme diagnóstico realizado pelo órgão ambiental federal de meio ambiente (Ibama, 2005), com uma área total ocupada de 6.069,97 hectares. Esta atividade é causadora de um dos maiores impactos observados na bacia do rio Pirangi. As figuras 61 e 62 demonstram esses impactos.

A carcinicultura passa atualmente por uma grave crise econômica em virtude da acumulação dos impactos ambientais gerados pela busca excessiva da produtividade, ocasionando aumento dos níveis de contaminação dos mananciais, fragmentação do ecossistema manguezal e das áreas úmidas associadas e a expansão de doenças virais acometidas ao camarão (QUEIROZ E MEIRELES, 2008). Por dita razão, a industria camaroneira, antes apresentada como uma das

mais lucrativas da economia nacional entrou em colapso, fato agravado recentemente pela redução das exportações e, consequentemente, abandono das fazendas. As principais unidades geoambientais afetadas pelos empreendimentos da carcinicultura envolvem a planície flúvio-marinha que inclui o ecossistema manguezal, especialmente as áreas de apicum/salgado. Outra unidade é o Tabuleiro sendo com 89,5% dos empreendimentos interferindo em áreas de apicum/salgado e 34,2% interferindo em áreas de mangue conforme os dados do Ibama (2005). O outro sistema ambiental afetado no rio Pirangi foi o Tabuleiro, em 23,7% dos casos. Os principais impactos ambientais levantados por diversos autores como Meireles e dos estudos do IBAMA relacionados a esta atividade são:

- Descaracterização geoambiental e ecodinâmica do ecossistema manguezal: primeiramente o manguezal é considerado uma APP (Área de Preservação Permanente). O seu desmatamento para a instalação dos viveiros constituiu-se em um grave problema ambiental. Devido a estas instalações houve uma alteração físico-químicas e biológica do manguezal e dos solos que sustentam essa vegetação. O bloqueio das marés e da água doce impede que haja nutrientes para a sobrevivência da fauna. O desmatamento desencadeou uma fragmentação dos habitats e extinção de áreas que antes eram ocupadas pela fauna e flora e com isso há uma diminuição da biodiversidade local. A diminuição de caranguejos, mariscos e outros animais prejudica a comunidade local que antes coletavam estes animais para a venda ou para o próprio consumo.
- Desmatamento do carnaubal que se associa lateralmente com as áreas de apicum;
- Impermeabilização do solo: Os viveiros impede que haja o fluxo subterrâneo de água doce dos aquíferos. Esse fluxo é um dos responsáveis pelo aporte de água doce para o ecossistema manguezal. Durante o período de maior precipitação pluvial (fevereiro a maio) é quando ocorre uma maior transferência de água doce para o manguezal.
- Desaparecimento dos setores de apicum: apesar de haver ainda uma discussão contrária ao apicum fazer parte do manguezal o desmatamento do apicum vem provocando um desaparecimento desta importante unidade que pertence ao manguezal. Os viveiros tem contribuído para a impermeabilização

do solo deste setor o que compromete o aporte de água doce e dos canais de marés que atuam para a revegetação do apicum.

- Bloqueio dos fluxos de marés: as obras para a construção dos viveiros, diques, comportas, vias de acesso bloqueou o fluxo de marés o que provocou a mortandade da fauna, alterações na distribuição dos nutrientes. A ação das marés tem a função de transporte e deposição de sedimentos (areias, silte, argila e detritos orgânicos) que contém nutrientes para a fauna e flora e também para a dispersão de sementes.

Figura 61 - Viveiros dos camarões

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 62 - Desmatamento do manguezal

Fonte – Ibama (2005)

4.3.2 Desmatamentos/Queimadas e Intervenção da Agropecuária

O desmatamento é uma prática comum em toda a bacia do rio Pirangi desde a nascente até a sua foz, estando efetuada ao preparo do solo para o plantio, extração da lenha, construções, implantação de viveiros (manguezal) e pecuária.

A transformação de áreas em pastos (figura 63) causou desmatamentos em diversos pontos na área de pesquisa. Na pecuária extensiva, Magalhães (2006) comenta que a concentração do gado provoca a degradação ambiental, uma vez que o pisoteio do rebanho tem causado a compactação do solo. Com isso há dificuldade de infiltração da água para o lençol subterrâneo.

Este tipo de atividade conforme Queiroz (2010) compromete seriamente os recursos hídricos através do escoamento superficial (*runoff*) pelas águas das chuvas.

A queimada (figura 64) é a técnica mais usada para a limpeza dos roçados na área de estudo. A cobertura vegetal é a defesa natural do solo contra a erosão. A vegetação em uma bacia hidrográfica é de suma importância, sendo uma de suas principais características a capacidade de interceptação, ou seja, a capacidade de reter parte da precipitação acima da superfície do solo (QUEIROZ, 2010).

Segundo Lorandi e Cançado (2008) quanto maior a densidade da cobertura vegetal, maior é a sua importância na redução da remoção de sedimentos, no processo de escoamento superficial (runoff) e na consequente conservação do solo. As queimadas eliminam praticamente toda a matéria orgânica do solo, que é lixiviada pelas águas superficiais e/ou carreada pela ação dos ventos. As queimas que se praticam fazem com que o solo perca sua capacidade de absorção e retenção de umidade e, principalmente, sua resistência à erosão. Segundo Dias (1999), o arraste de solos pela água e vento varia de acordo com o tipo de solo e cultivo, além das condições ambientais da área estudada. Por exemplo, quando se utiliza um solo arenoso em uma região de chuvas intensas, a preocupação com a erosão deve ser dobrada, uma vez que, a desagregação das partículas do solo é maior em solos arenosos que nos argilosos.

Figura 64 - Queimadas para o preparo do solo distrito de Curupira em Ocara

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 63 - Área desmatada para pasto no sertão de Quixadá

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Segundo os dados do censo agropecuário do IBGE (2006) na seção em que se investiga o sistema de preparo do solo (convencional que inclui aração mais gradagem, cultivo mínimo que abrange a gradagem ou se as propriedades utilizam o plantio direto na palha). A maior parte tem como método de preparo do solo o cultivo convencional, ou seja, o que prejudica mais a capacidade produtiva da terra. No alto curso, das 4061 propriedades, 32,35% (1314) realizam o cultivo convencional, 66,11% (2685 propriedades) o cultivo mínimo e apenas 1,5% (62 estabelecimentos) o plantio direto na palha. No médio curso no total são 5307 propriedades, sendo que 50,25% (2609 propriedades) realizam o cultivo convencional, 49,16% (1195 estabelecimentos) praticam o cultivo mínimo e menos de 1% (0,58%) praticam o plantio direto na palha. No baixo curso, das 2977 propriedades, 56,975 (1696) realizam o cultivo convencional, 44,63% (1195) exercem o cultivo mínimo e apenas 86 propriedades (3,21%) praticam o plantio direto na palha.

Segundo Silva e Pereira (2005) estas ações de desmatamento e aproveitamento agropecuário, infelizmente não foram acompanhadas de devidas medidas de manejo ambiental (rotação de cultivos, plantio em curvas de nível, etc...). Como principais consequências ambientais decorrentes destas atividades socioeconômicas estão a perda progressiva dos solos, surgimento de voçorocas e assoreamento (acúmulo de sedimentos) dos cursos d'água e intensificação de processos de desertificação.

O desmatamento é dos principais fatores do empobrecimento dos solos, uma vez que a retirada da cobertura vegetal deixa o mesmo exposto à força das águas das chuvas intensificando a suscetibilidade aos processos erosivos, conforme Queiroz (2010), (figura 65).

O escoamento superficial ocorre durante um evento chuvoso, quando a capacidade de armazenamento de água no solo é saturada ou quando a capacidade de infiltração seja exercida. O fluxo que escoa sobre o solo se apresenta, quase sempre, como uma massa de água com pequenos cursos anastomosados e, raramente, na forma de um lençol de água, de profundidade uniforme (GUERRA & CUNHA, 2000 *apud* Magalhães, 2006).

Esse fluxo de água tem que transpor vários obstáculos, que podem ser fragmentos rochosos e a cobertura vegetal, os quais fazem diminuir sua energia. A interação entre o fluxo de água, e as gotas de chuva que caem sobre esse fluxo,

podem aumentar ainda mais a sua energia (GUERRA & CUNHA, 2000 *apud* Magalhães, 2006).

Na planície fuvial do rio Pirangi com os desmatamentos nas margens do rio, posteriormente, são retirados materiais para serem utilizados em algumas construções nos distritos da bacia, fato observado também em muitas planícies fluviais ao longo dos rios como encontrou Magalhães (2006) em sua área de pesquisa.

Convém lembrar que muitos destes impactos derivam também do não conhecimento de pequenos agricultores do sertão que realizam práticas antigas de preparo do solo. É quase uma tradição nos sertões a limpeza da terra serem realizadas através da queima.

Os sertanejos não possuem equipamentos necessários para o preparo e então tem como alternativa essas práticas que acabam com o tempo deixando o solo mais empobrecido do que ele já se apresenta. Muitos agricultores sabem que essas atitudes não contribuem para o manejo correto da terra, mas não possuem conhecimento técnico na busca de alternativas mais conservacionistas. O baixo nível de instrução aliado a falta de um incentivo por parte dos órgãos públicos na busca de uma melhoria para a agricultura e pecuárias de famílias dispersas na depressão sertaneja tem contribuído para um aumento dos impactos ambientais na bacia. Destaca-se que apesar de muitos agricultores não saberem ou realizarem algumas práticas de manejo correto do solo, outros tem o conhecimento mesmo que não técnico, mas de uma forma que tem contribuído para o melhoramento das condições do solo.

Em suma, a prática de uma agricultura itinerante, com baixos níveis tecnológicos, aliado à pecuária extensiva e ao extrativismo da lenha e do carvão vegetal, tem contribuído para o crescente desmatamento na bacia. Entretanto, não se constata, ainda, a ocorrência de áreas fortemente degradadas, que apresentem processos erosivos acelerados e perda significativa da biodiversidade (COGERH, 2001).

Figura 65: Solo exposto a força da água que promove o arraste das partículas que formam o solo em distrito de Ocara

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

4.3.3 Retirada das Matas Ciliares.

A Mata Ciliar segundo a Resolução 303 do CONAMA é a floresta que se localiza ao longo dos rios, córregos, igarapés, nascentes, lagos naturais e artificiais. A faixa de mata ciliar varia de acordo com a largura dos cursos de água onde estão situadas.

As matas ciliares desempenham funções muito importantes na manutenção da qualidade das águas, na estabilidade dos solos, na regularização dos regimes hídricos, na questão das cheias, no processo de controle do assoreamento dos rios, contribuindo, finalmente, para o sustento da fauna aquática e ribeirinha. Possui ainda importância vital para a proteção dos mananciais, para o controle dos nutrientes, sedimentos, adubos, agrotóxicos e erosão do solo, sendo, por fim, importantes na definição das características físicas, química e biológicas dos rios (RIBAS, 2000).

Na planície fluvial do Rio Pirangi a mata ciliar foi sendo retirada e/ou substituída pelas culturas de subsistência (arroz, feijão, milho etc.).

O rio apresenta na região de alto e médio curso sua mata ciliar representada por pequenas áreas (figura 66, 67 e 68). As áreas com culturas agrícolas e antropizadas não se apresentam muito significativas, sendo observado ao longo do traçado do rio o predomínio da vegetação de caatinga arbustiva, que avança até a sua calha (COGERH, 2001).

Figura 66 - Desmatamento das matas ciliares o rio Pirangi em Ibaretama

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 67 - Desmatamento das matas ciliares no açude Batente em Morada Nova e Ocara, em período chuvoso a água carrega sedimentos para dentro do açude.

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

As nascentes do rio Pirangi apresentem-se relativamente preservadas, mas observa-se próximo as nascentes o predomínio de áreas antropizadas ou com cultivos agrícolas e bastante antropizadas com o desenvolvimento da carcinicultura próximo a sua foz.

No seu baixo curso a mata ciliar de carnaúbas forma uma larga faixa que se estende até o manguezal na região litorânea, adentrando, ainda, ao longo do riacho Umburanas, um dos seus principais tributários (COGERH, 2001).

Nas regiões de médio/baixo curso das bacias do Pirangi, são observados nas várzeas, carnaubais explorados economicamente pela população local. Observa-se também desmatamento nas margens do açude Batente. No manguezal os desmatamentos na planície flúvio-marinha provocaram a erosão do solo e assoreamento do bosque de manguezal, do apicum e do salgado. As construções dos tanques de carcinicultura retiraram áreas de carnaubal que eram utilizadas pelas comunidades para o extrativismo vegetal. Estas unidades são importantes exportadoras de nutrientes para o manguezal conforme estudos de Meireles et al (2007).

A retirada das matas ciliares acaba causando um maior número de sedimentos que são carreados para o rio e também uma concentração de nutrientes que acaba causando uma proliferação da vegetação (figura 68) no rio gerando uma camada verde impedindo que ocorra a penetração da luz solar. A concentração de alguns nutrientes como fósforo devido a poluição favorece a eutrofização o que acaba prejudicando a fauna aquática.

Figura 68: Concentração excessiva de vegetação na superfície do rio Pirangi no município de Ibaretama as margens CE-060 que gera um impedimento à entrada de luz solar em zonas mais profundas do rio.

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

4.3.4 Ocupação Urbana nas margens do rio

Em alguns distritos especialmente o de Pirangi (Ibaretama) as casas ocupam as margens do rio (figura 69). No baixo curso há ocupação no entorno do manguezal na localidade de Várzea da Serra e Umburanas distritos de Parajuru e Paripueira. Em períodos de maior precipitação pluvial, observam-se trechos inundáveis nas áreas rurais dos distritos ao longo da bacia (figura 70). Cabe aqui destacar a diferença entre inundação e enchente para assim compreender os problemas relacionados as ocupações urbanas nas margens dos rios. Segundo Kobyama et al (2006) a inundação, popularmente tratada como enchente, é o aumento do nível dos rios além de sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas áreas próximas a ele. Estas áreas planas próximas aos rios sobre as quais as águas extravasam são chamadas de planície de inundação. Quando não ocorre o transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação.

Devido às populações habitarem essas regiões das planícies de inundação acaba sendo afetadas em períodos de cheia e consequentemente nessa época favorece o aparecimento de doenças de veiculação hídrica.

Na região de médio curso do rio segundo um levantamento feito pela Cogerh (2001) os pontos de inundação que afetam as populações estende-se das proximidades da comunidade de Quinxinxé, no encontro do rio Pirangi com o riacho Feijão no distrito de Boa Água em Morada Nova. A localidade de Santa Clara, no encontro com o riacho dos Macacos e um pequeno trecho no distrito de Pirangi

(Ibaretama). Os trechos dos riachos São Paulo (distrito de Oiticica em Ibaretama) e Boa Vista (distrito de São João dos Queirozes em Quixadá). Os trechos do Riacho Cipó até a localidade do Cedro (distrito de São João dos Queirozes em Quixadá) e pequenos trechos do rio principal até a localidade de Oriente (distrito de São João dos Queirozes em Quixadá), conforme os dados da Cogerh (2001).

Figura 69 - casas bem próximas ao canal fluvial, distrito de Pirangi (Ibaretama)

Fonte: Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 70- transbordameno do rio Pirangi durante as chuvas de 2009, distrito de Pirangi, Ibaretama de Pirangi (Ibaretama)

Fonte: COGERH, 2010

As ocupações em áreas de risco a inundação é um dos grandes problemas relacionados aos recursos hídricos. As condições precárias das comunidades que habitam esses locais são visíveis, evidenciando uma população de baixa renda que não tem acesso a habitações melhores.

A falta de um planejamento em relação as ocupações em áreas de risco atinge as grandes cidades (em maior proporção) como também pequenos municípios drenados por algum rio. Os problemas relacionados a essa situação geram uma série de impactos ambientais que se observa ao longo dos rios como, por exemplo, falta saneamento básico das casas que lançam seus dejetos diretamente no rio e a disposição dos resíduos sólidos nos corpos hídricos que alteram a qualidade da água.

4.3.5 Extração Mineral

A atividade de explotação mineral é tida como uma das mais impactantes ao meio ambiente, haja vista os diversos impactos que gera: degradação visual da paisagem, do solo, do relevo, alterações na qualidade da água, transtornos gerados nas populações que habitam ao redor dos projetos e a saúde das pessoas envolvidas diretamente no empreendimento (DIAS,1999).

Na bacia são abertas lavras, como por exemplo, para a retirada de areia (figura 71) e áreas de lavras clandestinas que em alguns casos visa atender a uma demanda restrita como a que ocorre em um pequeno distrito de Ocara (figura 72), onde se abriu uma lavra para extração da areia para a estrada.

A mineração é, sem dúvida, uma atividade indispensável à sobrevivência do homem moderno, dada a importância assumida pelos bens minerais em praticamente todas as atividades humanas. Ao mesmo tempo, apresenta-se como um desafio para o conceito de desenvolvimento sustentável, uma vez que retirada da natureza recursos naturais exauríveis. (DIAS, 1999).

Um dos principais impactos causado por estas atividades segundo Dias (1999(são o risco de contaminação da água subterrânea devido a presença de alguns minerais que pode acidificar a água.

Figura 71 Retirada de areia no município de Beberibe

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 72 - Extração de areia (chamada de localmente – área de empréstimo) para pequenas construções como as vias de acesso na zona rural.

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

A bacia em estudo não difere muito em relação as outras bacias no que concerne aos tipos de uso e impactos ambientais. A maior parte das bacias do estado do Ceará possuem atividades como a agropecuária tanto para a subsistência da população como para a produção em maior escala (como nos perímetros irrigados). A carcinicultura é outra atividade comum em quase todos os estuários, o

que diferentemente ocorre no Pirangi é que se observou a comunidade local através de uma associação também criar camarão em cativeiro.

Em decorrência das atividades econômicas e de uma ocupação desordenada perto dos cursos d'água os impactos ambientais são comum em muitas bacias como os desmatamentos, queimadas, retirada da mata ciliar, poluição o que gera uma alteração nas características naturais das unidades geoambientais.

Através desse mapeamento e identificação desses usos e dos impactos que se tem provocado é que será necessário estabelecer novas formas ou um melhor direcionamento para o uso dos recursos naturais. Para isso é preciso estabelecer as condições de suporte dessas unidades através das vulnerabilidades, potencialidades e limitações o que será discutido no próximo capítulo.

O quadro 29 sintetiza as condições de uso e ocupação e impactos associados.

Quadro 29 - Principais impactos ambientais da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi

UNIDADES GEOAMBIENTAIS	FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	IMPACTOS AMBIENTAIS	
		CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS
Planície Litorânea	- Agricultura de subsistência; - Carcinicultura; - Turismo e lazer; - Pesca (lagosta) - Cultivo caju	- Desmatamentos; - Queimadas; - Interferências no ecossistema manguezal	- Diminuição ou perda da biodiversidade (fauna e flora nativas); - Erosão; Redução da fauna do manguezal

Elaboração: a autora

Quadro 29 - Principais impactos ambientais da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi – continuação

UNIDADES GEOAMBIENTAIS	FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	IMPACTOS AMBIENTAIS	
		CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS
Tabuleiros Pré-Litorâneos e Interiores	- Culturas de subsistência; - Sítios; - Plantações de Caju, cana-de-açúcar; - Loteamentos; - Casas de veraneio; - Implantação de indústrias; - Pecuária extensiva;	- Desmatamentos indiscriminados e queimadas; - Introdução de novas espécies da fauna e flora; - Uso de fertilizantes agrícolas; - Deposição e acúmulo inadequados de lixo; - Poluição da água, do ar e do solo; - Compactação do solo;	- Redução da fertilidade do solo e da sua capacidade de infiltração de água; - Erosão; - Redução ou perda da biodiversidade; - Alteração das propriedades físico-químicas do solo e das águas superficiais e subterrâneas;

Elaboração: a autora

Quadro 29 - Principais impactos ambientais da Bacia Hidrográfica do rio Pirangi - (continuação)

UNIDADES GEOAMBIENTAIS	FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	IMPACTOS AMBIENTAIS	
		CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS
Cristas Residuais	- Agricultura de subsistência	- desmatamentos indiscriminados	Escoamento superficial elevado e erosão.
Sertões de Quixadá, Ibaretama, Morada Nova e Ocara	- Culturas de subsistência; - Pecuária extensiva; - Sede distrital de São João dos Queirozes	- Desmatamentos indiscriminados e queimadas; - Deposição e acúmulo inadequados de lixo;	Redução ou perda da biodiversidade; - Redução da fertilidade do solo; - Erosão; - Compactação do solo;
Planície Fluvial do Rio Pirangi	- Extrativismo vegetal (carnaúba, oiticica); - Extrativismo mineral; - Agricultura de subsistência; -- Ocupações irregulares nas margens fluviais; - Pecuária extensiva.	- Desmatamentos indiscriminados e queimadas; - Uso de fertilizantes agrícolas; - Queimadas; - Poluição hídrica e do solo.	- Degradação da mata ciliar; - Processos erosivos; - Salinização dos solos; - Assoreamento do leito fluvial; - Riscos de inundações e enchentes; - Alteração da rede de drenagem natural do rio.

Elaboração: a autora, com base em estudos de Magalhães (2006)

Capítulo 05: Proposta de Planejamento Ambiental para a Bacia Hidrográfica do rio Pirangi

O zoneamento ambiental consiste em um procedimento de compartimentação de determinado território em áreas, sugerindo e/ou autorizando determinadas atividades, como também, restringindo outras, em razão das características ambientais e socioeconômicas do local, de modo a mapear o potencial, limitações e fragilidades de cada região de acordo com os usos possíveis, sem comprometer seus recursos naturais e meio ambiente (FARIAS et al, 2012).

Capítulo 05: Proposta de Planejamento Ambiental para a Bacia Hidrográfica do rio Pirangi

Este capítulo aborda uma proposta de planejamento ambiental para a bacia em estudo através de um zoneamento ambiental, e para isso seguiu-se alguns procedimentos para se chegar ao mapeamento final do zoneamento com suas respectivas zonas.

Inicialmente determinou-se a vulnerabilidade natural e ambiental em relação a erosão para a bacia, identificando, mapeando e caracterizando cada categoria de vulnerabilidade abrangendo desde a classe Muito baixa a Muito alta. Posteriormente explanou-se sobre as potencialidades e limitações das unidades geoambientais da bacia.

O zoneamento ambiental proposto utilizou-se como base a legislação ambiental para a determinação das APP's e de acordo com as condições de vulnerabilidades, potencialidades e limitações zoneou-se a bacia em 04 zonas: Zona de Preservação Ambiental (ZPA), Zona de Uso Disciplinado e Conservação Ambiental (ZUCA), Zona de Uso Intensivo (ZIU), e Zona de Recuperação Ambiental (ZRA).

5.1 Vulnerabilidade Natural

A definição de cada peso de vulnerabilidade para os temas como já foi explicitado nos procedimentos técnicos seguiu-se as proposições de Crepani et al (2001), Oliveira (2011), Tagliani (2003), Grigio (2003), Costa et al (2006) e Ross (1994) adaptados de acordo com a área de estudo e escala de trabalho.

O cruzamento dos mapas de geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação realizada a partir de cálculos algébricos entre os temas possibilitou criar o mapa final de Vulnerabilidade Natural à erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi.

O resultado alcançado pela análise algébrica de mapas permitiu a modelagem de graus de vulnerabilidade natural e ambiental. Contudo, esses foram agrupados em cinco classes distribuídas entre as situações onde há o predomínio dos processos de pedogênese (às quais se atribuem valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (às quais se atribuem valores ao redor de

2,0) e situações de predomínio dos processos de morfogênese (às quais se atribuem valores próximos de 3,0) (CREPANI et al., 2001 *apud* Oliveira (2011).

A nomenclatura conforme Oliveira (2011) das classes de vulnerabilidade natural e ambiental foi designada da seguinte forma da tabela 17:

Tabela 17 – Classes e Graus na determinação da vulnerabilidade à erosão utilizada no trabalho.

Classe de Vulnerabilidade	**Graus de Vulnerabilidade**
Muito Baixa	1,0 – 1,3
Baixa	1,4 – 1,7
Moderada	1,8 – 2,2
Alta	2,3 – 2,6
Muito Alta	2,7 – 3,0

Fonte: Crepani et al (2001) / Oliveira (2011)

5.1.1 Vulnerabilidade para os temas Geologia e Geomorfologia

O critério utilizado para a definição da vulnerabilidade do tema “geologia” relaciona-se com a evolução geológica da bacia, tendo como base a idade litológica e o grau de coesão das rochas. Segundo Crepani et al (2001) Como toda rocha é um agregado de minerais, sua resistência ao intemperismo vai depender da resistência ao intemperismo dos minerais que a compõem (o que depende da natureza das ligações entre os átomos dos diferentes elementos químicos que os constituem), bem como da resistência à desagregação entre os minerais (o que vai depender da natureza das forças que juntaram as partículas, cristais ou grãos).

Quanto mais porosa a rocha for ou fraturada, a água então percolará e poderá “atacar” os grãos que a constituem, favorecendo que novas superfícies do cristal sejam expostas e intemperizadas.

Em relação ao grau de coesão das rochas ígneas, metamórficas e sedimentares Crepani et al (2001) ressalta que quanto mais antiga menor é a vulnerabilidade e quanto mais recente como os sedimentos inconsolidados, recém formados (onde não há uma coesão maior entre as partículas que constituem as rochas) a vulnerabilidade é maior. Aqui convém ressaltar as rochas cristalinas

presentes na depressão sertaneja. Estas rochas dificultam a infiltração das águas no período chuvoso, o que ocasiona um escoamento superficial maior, gerando uma maior tendência aos efeitos erosivos. Desta forma, a rocha cristalina apesar de não fazer parte do grupo de rochas sedimentares, esta apresenta uma tendência a erosão na depressão sertaneja devido ao escoamento das águas.

A vulnerabilidade para a geologia da bacia correspondeu em cinco classes temáticas conforme a figura 73 e a tabela 18.

As unidades litoestratigráficas da Unidade Canindé e Acopiara são consideradas mais estáveis, por se constituírem de rochas mais resistentes como os migmatitos e gnaisses, já as unidades formadas por sedimentos mais recentes como os Depósitos Sedimentares Cenozóicos e os Aluviais a instabilidade é maior. Os sedimentos da Formação Barreiras por apresentar um grau de coesão maior dos arenitos argilosos possuem uma vulnerabilidade baixa até intermediária. Conforme a figura 73-A o alto e médio curso da bacia são mais estáveis geologicamente do que no baixo curso (envolvendo a planície litorânea) onde a instabilidade é maior. De acordo com os dados da tabela a categoria Baixa foi a área de maior abrangência da bacia com 2133,46km^2 cerca de 48,78% e a área de menor abrangência foi a categoria de Muito Alta Vulnerabilidade com 3,18km^2 (0,07%).

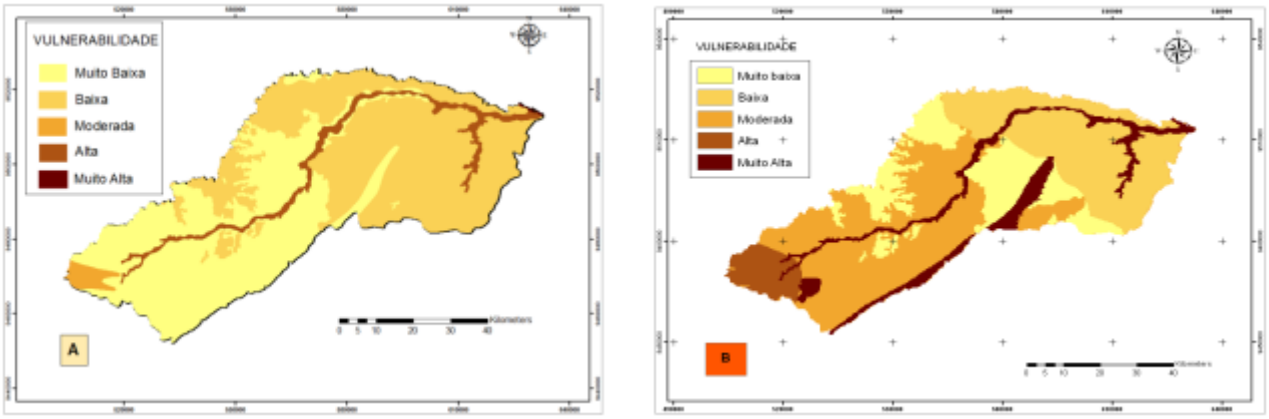
O estabelecimento dos valores de vulnerabilidade para a geomorfologia baseia-se no fato da dissecação do relevo pela drenagem, declividade e outras considerações locais.

Em relação a declividade (inclinação do relevo em relação ao horizonte) está diretamente relacionada com o escoamento das águas envolvendo a transformação da energia potencial em energia cinética (Crepani et al, 2001). Portanto, quanto maior a declividade, maior será a energia potencial, pois as águas escoam dos pontos mais altos do terreno em direção às partes mais baixas e com isso apresentarão maior capacidade de erosão. De uma configuração geral segundo o autor, as formas de origem estrutural e denundacional com relevos planos a suavemente ondulados o mais provável é valores baixos de vulnerabilidade. Enquanto que relevos ondulados e escarpados como as cristas residuais a vulnerabilidade é maior. A maior parte da área de estudo encontra-se em relevo plano a suave ondulado (com exceção das cristas residuais), mas esse fator não confere uma estabilidade total para a bacia, estabeleceu-se valores

diferenciados para o relevo na bacia. A figura 73-B ilustra a espacialização da vulnerabilidade geomorfológica para a bacia.

Apesar da planície litorânea ser plana, os processos morfogenéticos predominam mais do que os pedogenéticos por isso o grau de vulnerabilidade é maior. A planície fluvial por apresentar riscos a inundação e possuir sedimentos inconsolidados também possui vulnerabilidade elevada. A depressão sertaneja no alto curso por ser um pouco mais elevada e ser a mais dissecada pela rede de drenagem, como nos sertões de Quixadá e Ibaretama (distrito de Oiticica) os valores de vulnerabilidade são Altas. O setor menos dissecado da depressão sertaneja localiza-se perto dos sertões de Ocara e Morada Nova. Verifica-se também interferência em alguns setores do município de Ocara e Morada Nova da morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre o mesmo espaço. Devido a essas condições classificou-se como moderada. Os tabuleiros onde ocorre uma dissecação mais fraca em interflúvios tabulares, a vulnerabilidade variou entre baixa a muito baixa. Destaca-se que uma vulnerabilidade para a geologia pode ser muito baixa a baixa, como o que ocorre nas cristas residuais, devido as rochas terem resistido aos processos erosivos antigos no que resultou a formação desse relevo. Mas, por apresentar declividades o que favorece um maior escoamento das águas, geomorfologicamente fica na categoria Muito Alta devido a essa instabilidade do relevo. A categoria com menor área foi a Alta com 233,73 km^2 (5,34%) e a com maior área foi a Moderada com 1619,64km^2 (37,03%) conforme os dados da tabela 18.

Figura 73 - Vulnerabilidade para o tema Geologia e Geomorfologia. A: Geologia e B: Geomorfologia



Fonte -Juliana Maria Oliveira Silva

Tabela 18: Graus de vulnerabilidade e respectivas áreas para os temas geologia e geomorfologia.

Grau de Vulnerabilidade	Área (km^2) para Geologia	Área (%)	Área (km^2) para Geomorfologia	Área (%)
Muito Baixa	1929,66	44,12	801,44	18,32
Baixa	2133,46	48,78	1260	28,81
Moderada	69,66	1,59	1619,64	37,03
Alta	237,29	5,42	233,73	5,34
Muito Alta	3,18	0,07	460,16	10,52
Total	4373	100	4373	100

Fonte: Juliana Maria Oliveira Silva

5.1.2 Vulnerabilidade para os temas Pedologia e Vegetação

O estabelecimento dos graus de vulnerabilidade da pedologia, o critério a ser utilizado é a maturidade dos solos. Segundo Crepani et al (2001) essa maturidade, produto direto do balanço morfogênese/pedogênese, indica claramente se prevalecem os processos erosivos da morfogênese que geram solos jovens, pouco desenvolvidos, ou se, no outro extremo, as condições de estabilidade permitem o predomínio dos processos de pedogênese gerando solos maduros, bem desenvolvidos. De acordo com o autor, com base nos experimentos o grupo dos latossolos são mais estáveis, posteriormente os podzólicos com estabilidade moderada e os bastantes instáveis os solos jovens e pouco desenvolvidos.

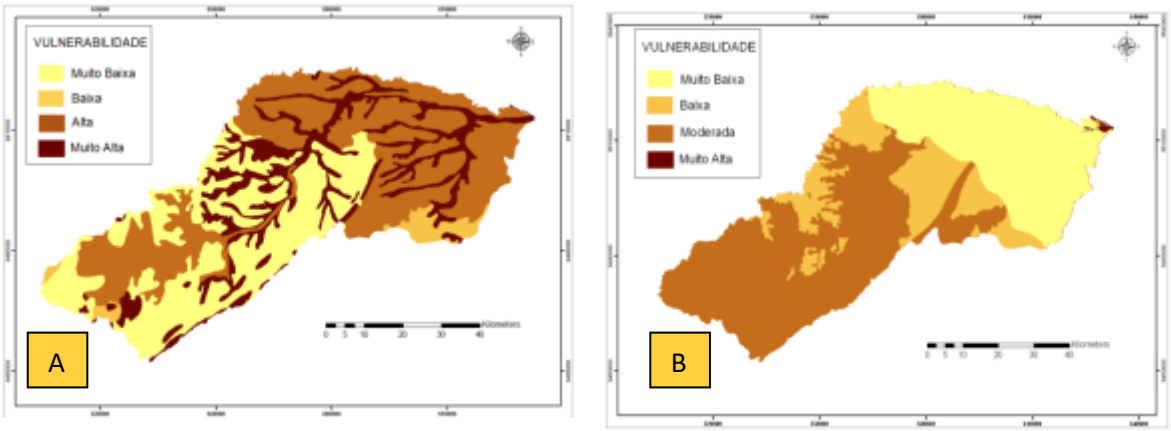
Na figura 74-A, pode-se observar a distribuição dos graus de vulnerabilidade em relação a pedologia. O grupo dos argissolos aparece como vulnerabilidade baixa no alto e médio curso da bacia associado a relevo suave ondulado. As áreas mais instáveis são de solos identificados como jovens, com pequena ou quase nenhuma evolução dos perfis do solo. Estão se desenvolvendo a partir do material de origem depositados ou então em lugares de alta declividade. As áreas com neossolos litólicos no alto e médio curso da bacia, os neossolos quartzarênicos no baixo curso, os neossolos flúvicos na planície fluvial são exemplos de área de vulnerabilidade elevada na bacia. Os Planossolos Nátricos possuem alto teor de sódio nos horizontes subsuperficiais e são solos rasos a pouco profundos, imperfeitamente mal drenados e bastantes susceptíveis à erosão também ficou na categoria Muito Alta. Outro destaque diz respeito aos solos Planossolos Solódico que representa solos susceptíveis a erosão, imperfeitamente drenados e de baixa

permeabilidade ficando na categoria Alta. A categoria Muito Alta vulnerabilidade é a que possui menor área com 868,46km^2 e a categoria que possui maior área é a Alta com 1885,7km^2 conforme os dados da tabela 19.

A definição dos graus de vulnerabilidade para a vegetação está relacionada com a densidade da cobertura vegetal. A densidade da cobertura propicia uma maior proteção contra os processos morfogenéticos como a erosão. A vegetação ameniza os impactos das gotas das chuvas que causariam a desagregação das partículas do solo, espalhando-as e favorecendo o "*splash*" e posteriormente o escoamento superficial (*runnoff*). Portanto, as áreas com altas densidades de cobertura vegetal são mais estáveis e com menor densidade são mais instáveis.

Na figura 74-B a ocorrência de vegetação subperenifólia de tabuleiro oferece uma proteção maior sendo baixa a vulnerabilidade. As áreas com caatinga uma cobertura mais aberta e área sem vegetação como nos campos de dunas e faixa de praia a vulnerabilidade é de moderada a alta. Nesta etapa, não se considerou as áreas agrícolas, pois inclui as interferências antrópicas e esta relação será abordada na vulnerabilidade ambiental. A categoria com maior área segundo os dados da tabela 19 foi a Moderada com 2134,96 km^2 e a com menor área foi a Muito Alta com 9,32km^2.

Figura 74: Vulnerabilidade para Pedologia e Vegetação. A: Pedologia e B: Vegetação



Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

Tabela 19: Graus de vulnerabilidade e área para os temas pedologia e vegetação

Grau de Vulnerabilidade	Área (km^2) para Pedologia	Área (%)	Área (km^2) para Vegetação	Área (%)
Muito Baixa	Sem ocorrência	-----	1402,63	32,07
Baixa	1473,72	33,70	826,09	18,90
Moderada	145,55	3,32	2134,96	48,82
Alta	1885,7	43,12	----	---
Muito Alta	868,46	19,85	9,32	0,21
Total	4373	100	4373	

Fonte – Juliana Maria Oliveira Silva

5.1.3 Discussão da Vulnerabilidade Natural

O mapa 12 e a tabela 20 apresentam a distribuição percentual e em área da Vulnerabilidade Natural. A geração do mapa de vulnerabilidade natural visa mostrar a intensidade, e a sua distribuição na bacia, da susceptibilidade do ambiente a degradação, aos processos erosivos levando-se em consideração os fatores ambientais.

Muito Baixa – É a terceira unidade da bacia correspondendo a uma área de 773 km^2 localiza-se nos distritos de Curupira, Arisco dos Marianos e Serragem em Ocara, uma parte em Cristais (Cascavel), setores de Nova Vida (Ibaretama) e Serra do Félix (Beberibe) e Triângulo (Chorozinho), Santa Tereza (Aracati). A categoria assenta-se nos tabuleiros interiores da Formação Barreiras e recobertos com vegetação subcaducifólia de tabuleiro, alternando com algumas manchas de caatinga no médio curso da bacia. Os solos são espessos do tipo Argissolos Vermelho-Amarelos, textura média, com uma fertilidade natural média a alta. A drenagem com padrão sub-paralelo com fraca dissecação. As sub-bacias incluem as Riacho do Córrego, Mosquito, Mocoré, Serrote e Córrego do Meio. Esta área possui estabilidade morfogenética, mostrando-se favorável à pedogênese. Deste modo, são ambientes menos susceptíveis aos riscos de erosão.

Baixa – Corresponde a maior unidade na bacia perfazendo um total de 2064km^2 nos distritos de Paripueira, Itapeim, Forquilha e uma parte da Serra do Félix (todos estes pertencentes ao município de Beberibe), parte de Serragem (Ocara), Santa Tereza, Jirau e Córrego dos Fernandes (Aracati) e Guajiru e Campestre (Fortim), parte de Aruaru (Morada Nova), Nova Vida. Apresenta topografia plana a suave ondulada dos tabuleiros pré-litorâneos com fraco índice de dissecação, estando mais próximos

ao litoral no baixo curso da bacia. Os solos são mais pobres (do tipo Neossolos Quartzarênicos) do que os dos tabuleiros interiores com fatores mais limitantes, com pouco desenvolvimento físico ou a baixa fertilidade natural. Porém, a vegetação subperenifólia de tabuleiro propicia uma maior proteção ao solo e a topografia pouco movimentada. No alto e médio curso da bacia aparece esta categoria na Depressão sertaneja com solos argissolos e uma vegetação de caatinga e também subcducifólia de tabuleiro. As sub-bacias correspondentes desta categoria são a do Córrego Grande, Andreza, Baixo Curso, Feijão, Boa água, Serra.

Moderada – com 1018km^2 abrangendo os distritos de uma parte Pitombeiras (Cascavel), parte de Nova Vida (Ibaretama), Boa Água e uma parte de Aruaru (ambos em Morada Nova) e Cristais (Cascavel). Esta área encontra-se na depressão sertaneja no alto e médio curso com relevo plano a moderadamente dissecado. Os solos encontram-se desde os Argissolos medianamente profundos, com fertilidade natural média a alta e estão em setores mais elevados da depressão. Identificam-se também os Planossolos solódicos e Planossolos Nátricos sendo poucos profundos, mal drenados e susceptíveis a erosão. A vegetação que recobre é uma caatinga aberta ou mesmo ausência de vegetação. As sub-bacias deste setor envolve uma parte das sub-bacias Alto Pirangi, Salgado, Riacho dos Macacos, Riacho Massapê, Varzea Redonda, Riacho Fundão, Mosquito, Mocoré e Serrote.

Alta – representam uma área de 260km^2 e uma parte dos distritos de São João dos Queirozes (Quixadá), Pirangi e Oiticica (Ibaretama), setores das cristas residuais e uma parte da Serra do Félix (Beberibe). Apesar do relevo suave ondulado da depressão sertaneja e uma pequena parte das cristas residuais é dissecado moderadamente pela drenagem. Apresenta solos do tipo Planossolos Solódicos nos níveis rebaixados da depressão sertaneja, com fertilidade natural média a baixa, com problemas de sais com altos teores de sódio susceptíveis a erosão. Integra esta categoria a Depressão sertaneja de Quixadá e Ibaretama com as sub-bacias do Alto Pirangi, São Pedro, Cipó. Neste setor ocorrem rochas e solos impermeáveis dificultando a infiltração das águas pluviais e, consequentemente, apresentam maior quantidade de água para ser drenada em direção às partes mais baixas do terreno. A maior quantidade de água em superfície implica em um número maior de canais de drenagem, maior disponibilidade de energia potencial para o escoamento superficial (*runoff)* e, portanto, uma maior capacidade erosiva ou de promover a morfogênese.

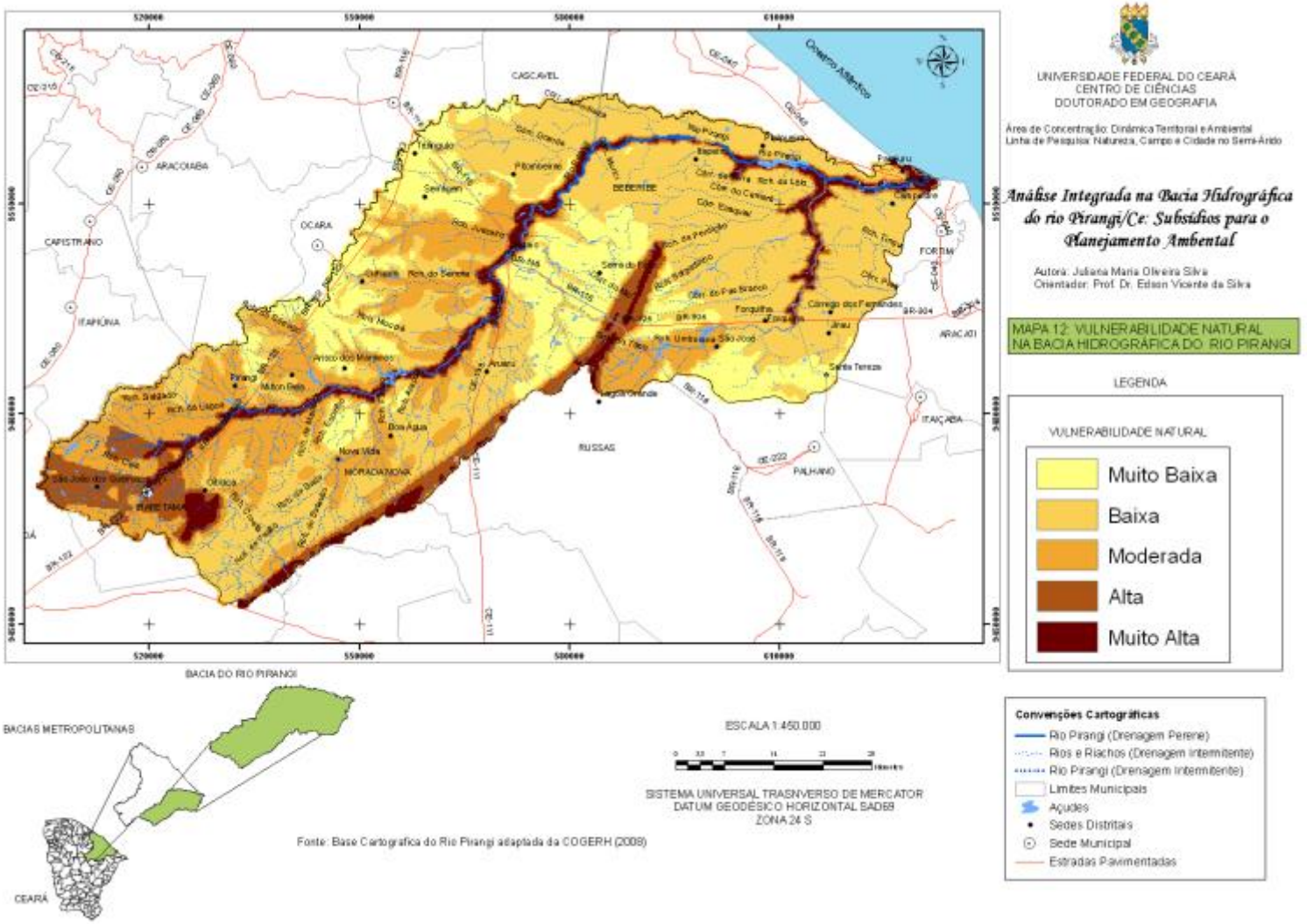
Encontra-se também solos do tipo, Vertissolos e Neossolos Litólicos, este último tem como característica principal ser raso, pedregoso.

Muito Alta – correspondem aos setores onde os processos morfogenéticos atuam mais intensamente com 270 km^2. Ocupam os distritos de São João dos Queirozes (Quixadá), a sede municipal de Ibaretama, o distrito de Oiticica em Ibaretama, os distritos por onde se encontra a planície fluvial, as cristas residuais como o distrito de Serra do Félix em Beberibe. Os distritos do baixo curso como Parajuru (Beberibe) e Guajiru (Fortim) estão inseridos na categoria. São representados pela planície litorânea e pelas planícies fluviais, lacustre e flúvio-marinhas. A planície litorânea e seus subsistemas (faixa de praia, campo de dunas, planície lacustre, planície flúvio-marinha) são ambientes fortemente instáveis (estão constantemente em formação). A faixa de praia devido aos fluxos de marés faz com que esse ambiente esteja em constante mudança. O solo é pobre em nutrientes, não tem uma vegetação que propicie uma maior proteção aos processos erosivos. Alta vulnerabilidade a erosão, são ambientes muito frágeis. Possui muitas limitações por causa dessa dinâmica: não tem sedimentos consolidados, possui baixo suporte para as edificações. As dunas móveis são ambientes instáveis, pois estão sujeitas aos processos eólicos e não possuem vegetação o que facilita a movimentação de sedimentos, ou seja, a vulnerabilidade a erosão é intensa. As dunas fixas os processos eólicos são bem menos atuantes, pois com a presença da cobertura vegetal que barra os processos eólicos, a vulnerabilidade à erosão é bem menor, mas, se retirada poderá evoluir para uma vulnerabilidade maior a erosão. A planície flúvio-marinha é um ambiente instável com vulnerabilidade alta a inundações periódicas, salinidade alta e variável. A Planície fluvial possui sedimentos aluviais, recentes e com problemas relacionados a salinidade e inundações. Em alguns setores ocorrem os planossolos solódicos e solonetz solodizado com a presença da caatinga e nas partes mais altas os argissolos. As cristas residuais e inselbegues, possuem declividade acentuada com solos altamente susceptíveis a erosão do tipo neossolos litólicos, baixa cobertura vegetal do tipo caatinga.

Tabela 20: Graus de Vulnerabilidade Natural e área da bacia do rio Pirangi

Vulnerabilidade Natural	Área (km^2) da bacia
Muito Baixa	773
Baixa	2064
Moderada	1018
Alta	260
Muito Alta	270

Elaboração: autora


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido
Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi/Ce: Subsídios para o Planejamento Ambental
Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
MAPA 12: VULNERABILIDADE NATURAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANGI
LEGENDA
VULNERABILIDADE NATURAL
Muito Baixa
Baixa
Moderada
Alta
Muito Alta
Convenções Cartográficas
Rio Pirangi (Drenagem Perene)
Rios e Riachos (Drenagem Intermitente)
Rio Pirangi (Drenagem Intermitente)
Limites Municipais
Açudes
Sedes Distritais
Sede Municipal
Estradas Pavimentadas
BACIA DO RIO PIRANGI
BACIAS METROPOLITANAS
CEARÁ
ESCALA 1:450.000
SISTEMA UNIVERSAL TRASNVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24 S
Fonte: Base Cartografica do Rio Pirangi adaptada da COGERH (2009)
CAUCAIA
ARACOIABA
CAPISTRANO
OCARA
BEBERIBE
FORTIM
ITAPIÚNA
ARACATI
RUSSAS
PALHANO
ITAÇABA
MORADA NOVA
Oceano Atlântico

‘5.2 Vulnerabilidade Ambiental

Os diferentes graus de vulnerabilidade ambiental identificados na bacia compreendem 05 categorias conforme a tabela 21 e o mapa 13. O uso e ocupação é um importante parâmetro para o estabelecimento da vulnerabilidade ambiental. As atividades socioeconômicas podem alterar setores da paisagem que anteriormente possuíam uma vulnerabilidade natural baixa e que com o uso podem influenciar na degradação ambiental da área. Desta forma, para cada tipo de ocupação estabeleceu-se valores diferenciados de vulnerabilidade. A ação antrópica na natureza é um fator de destaque na ponderação dos graus de vulnerabilidade de uma determinada área, pois pode ser um agente que favorece a morfogênese, indicando dessa forma uma maior instabilidade de uma área e, por conseguinte, uma maior vulnerabilidade ambiental (OLIVEIRA, 2011).

A discussão das vulnerabilidades está explicitada a seguir. Importante notar é que um mesmo distrito pode apresentar diferentes graus de vulnerabilidade o que dependerá das atividades econômicas, da dinâmica natural em relação a litologia, relevo, solos e grau de conservação da cobertura vegetal.

Tabela 21: Distribuição por área dos graus de vulnerabilidade ambiental na bacia do rio Pirangi

Vulnerabilidade Ambiental	Área (km^2) da bacia
Muito Baixa	920,05
Baixa	1320,75
Moderada	1633,67
Alta	479,4
Muito Alta	10,46
Total	4373

Elaboração: autora

Grau de Vulnerabilidade Ambiental Muito Baixa:

Abrange 920,05 km² e em relação a vulnerabilidade natural se encontra na categoria muito baixa, a baixa. Os distritos que integram essa categoria inclui uma parte de Nova Vida (Ibaretama), parte dos distritos de Curupira e Serragem (Ocara), Pitombeiras (Cascavel), Serra do Félix (Beberibe) no médio curso, Itapeim

(Bebribe), Paripueira (Beberibe), uma parte de Guajiru (Fortim) no baixo curso da bacia.

As áreas compreendidas no grau de vulnerabilidade ambiental muito baixa têm por característica possuírem uma estabilidade do relevo (tabuleiros costeiros e interiores), com feições vegetacionais associadas a vegetações de Subcaducifólia e Subperenifólia de Tabuleiro, com intercalamento de áreas campestres. Ou seja, essas áreas têm um grau de proteção florestal bem mais desenvolvido, apesar das atividades humanas (agricultura de subsistência, casas, zona rural dos distritos). Da área total desta categoria cerca de 796,17 km^2 apresenta vegetação remanescente.

Grau de Vulnerabilidade Baixa

É a segunda maior categoria com 1320,75 km^2 ocupando uma descontinuidade de trechos dos tabuleiros costeiros e interioranos (com vulnerabilidade natural baixa a muito baixa). Inclui uma parte do distrito de Curupira em Ocara, Triângulo (Chorozinho), Serragem (Cascavel), Forquilha (Bebebribe), os aglomerados rurais de Cristais/Cascavel, parte do distrito de Paripueira e Itapeim em Beberibe e possui alguns assentamentos no município de Ocara. Os distritos de Santa Tereza, Jirau (Aracati) também integram esta categoria.

Em relação a vegetação possui a mesma formação da anterior (Vegetação Subcaducifólia e Subperenifólia de Tabuleiro e em Paripueira algumas formações pioneiras na faixa de praia). Também está associada às áreas de pasto com topografia plana, de origem litológica da Formação Barreiras, tabuleiros interiores e costeiros. As atividades econômicas principais são a pecuária e e culturas temporárias e permanentes. São áreas dotadas de boa capacidade produtiva dos recursos naturais, quantidade de água acumulada, com grandes possibilidades de utilização de águas subterrâneas. Os solos são moderadamente profundos, com baixa a média fertilidade natural, pouco susceptível à erosão em função do estado de conservação da vegetação que ocupa 156,74km^2 .

Grau de Vulnerabilidade Moderada

Esta categoria ocupa os tabuleiros interiores e a maior parte da depressão sertaneja do médio curso da bacia com área de 1633,67km^2 é a maior área e abrange os distritos de parte rural Curupira e Serragem (Ocara), Itapeim (Beberibe), São José (Palhano), parte de Oiticica, Pirangi, Nova Vida (Ibaretama), Aruaru em Morada Nova, Cristais (Cascavel). Sua vulnerabilidade natural é a baixa a moderada e alguns setores alta, mas devido as atividades sócioeconômicas tem sua vulnerabilidade ambiental ampliada ficando na categoria moderada. Apresenta uma dispersão (descontinuidade) na área devido aos locais mais protegidos em relação a vegetação que de remanescente ocupa 771,94km^2.

As atividades econômicas principais são a pecuária, agroextrativismo e culturas permanentes e temporárias. Apresenta em alguns pontos solo exposto, cobertura de gramíneas e mata ciliar protegendo os cursos d'água.

Grau de Vulnerabilidade Alta

Ocupando uma área de 479,4 km^2. Localiza-se na Depressão Sertaneja, estando adjacente nas áreas de moderada vulnerabilidade ambiental e de vulnerabilidade natural alta a muito alta. Abrange distritos do alto curso como São João dos Queirozes (Quixadá), Oiticica e Pirangi (Ibaretama e a sua sede municipal). A planície fluvial que perpassa por alguns distritos também está inserida nesta categoria; identificam-se setores alterados devido a retirada de mata ciliar (o que ocasionou assoreamento em alguns trechos do rio), ocupação nas margens onde esgotos domésticos são lançados *"in natura"* no rio, além da extração de argila para pequenas olarias e culturas temporárias. O distrito de Pirangi no alto curso por situar-se próximo as margens do rio de mesmo nome é um dos que mais contribuem para a elevada vulnerabilidade ambiental na planície fluvial. As casas que se encontram nas margens do rio, favorecem a poluição através dos dejetos do banheiro e disposição inadequada dos resíduos sólidos. É um distrito que possui muitos problemas relacionados a inundação em época de chuvas intensas. No alto curso, nas nascentes, a vegetação encontra-se preservada em alguns trechos.

As cristas residuais, apesar de não se encontrarem densamente ocupadas, possuem setores com atividades agroextrativistas e associado a isto a vulnerabilidade natural ser muito alta.

Outro domínio inserido nesta categoria é a depressão sertaneja, mais precisamente nos sertões de Quixadá (distrito de São João dos Queirozes) e Ibaretama na sede municipal e distrito de Oiticica. É uma área onde as condições naturais não são tão propícias, solos rasos como os planossolos e litólicos. O uso da área se dá por atividades agropecuárias com plantios temporários e a maior parte do ano estas áreas ficam descobertas pela vegetação. Do total desta categoria apenas 195,64km^2 representa a vegetação remanescente. A pecuária extensiva e sem a rotação das culturas tem provocado uma vulnerabilidade alta. Observa-se a retirada de matas ciliares onde o rio passa por distritos e aglomerados rurais. O destino de lixo dos distritos é a queima, o que tem prejudicado o solo.

Grau de Vulnerabilidade Muito Alta:

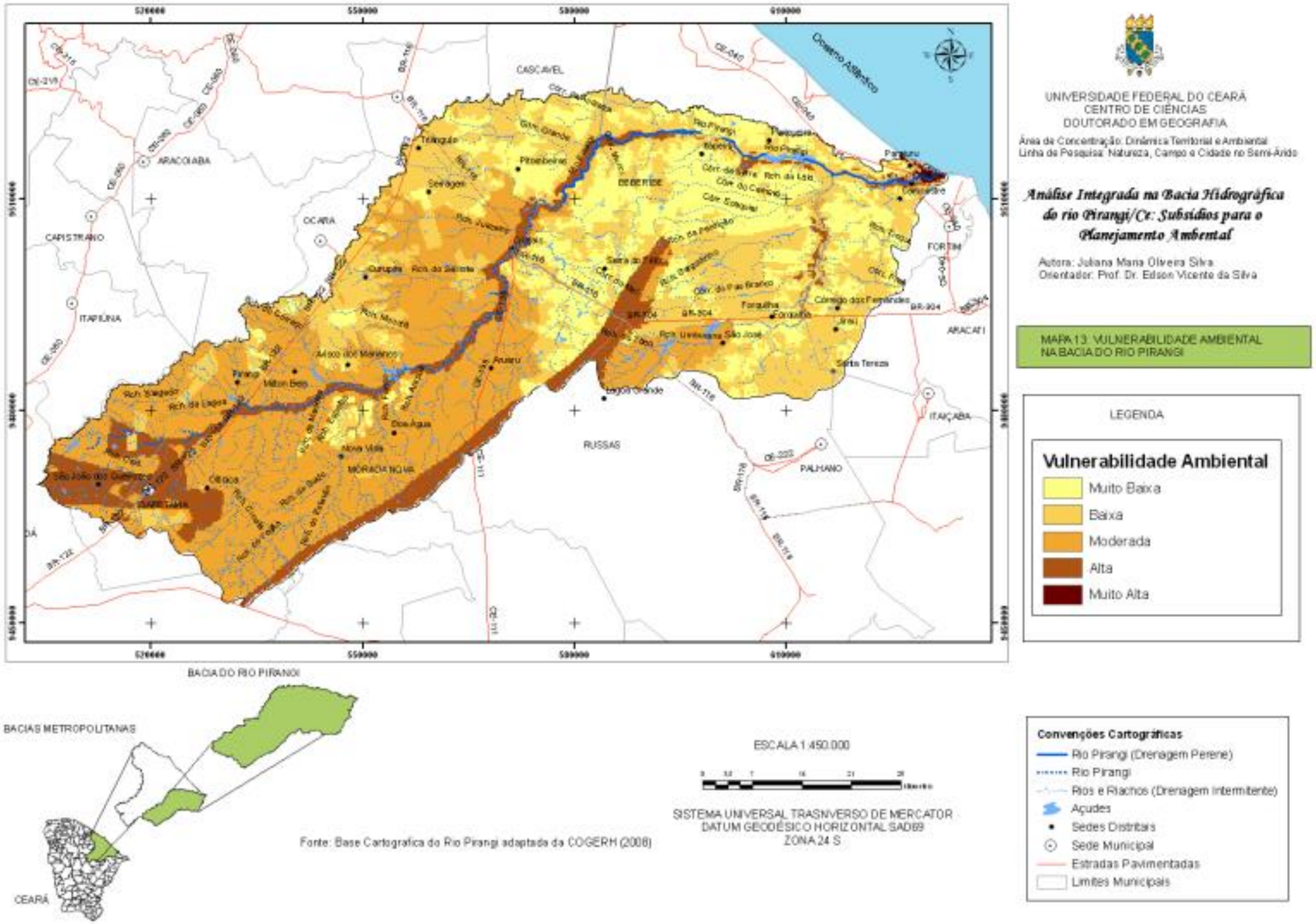
Esta categoria possui uma área de 10,46km^2 da bacia. Este setor corresponde ao domínio de vulnerabilidade natural muito alta. Localiza-se na Planície Litorânea no baixo curso da bacia, com sedimentos recentes como as areias quartzozas marinhas e depósitos aluvionares de mangue.

Este trecho caracteriza-se por ser ocupado pelo distrito de Parajuru (Beberibe) e Guajiru (Fortim), além da comunidade local, somam-se a isto as segundas residências (algumas ocupando trechos de dunas), hotéis e pousadas. A atividade da carcinicultura ocupa a planície flúvio-marinha, o que causou uma descaracterização da paisagem e ainda tem as salinas que foram abandonadas e que permanecem. A urbanização nestes locais acabou por condicionar uma maior vulnerabilidade ao trecho. Observam-se atividades agrícolas com culturas permanentes como o caju e coqueiro e temporárias de subsistência (milho e feijão) nas proximidades dos cursos d'água.

A ação antrópica proporcionou mudanças significativas em relação as vulnerabilidades na bacia, onde áreas que apresentavam uma vulnerabilidade natural de categoria mais baixa ou baixa com a influência das atividades socioeconômicas passaram a apresentar uma vulnerabilidade ambiental moderada a alta. Como também áreas que apresentaram área de vulnerabilidade natural muito

alta, devido as restrições de uso e não se identificar atividades nestas áreas, a vulnerabilidade ambiental propiciou uma categoria alta a moderada.

Através dos mapas é possível avaliar os locais que apresentam um alto risco de degradação e as áreas mais estáveis para fins de melhor uso e ocupação atual e futuras instalações. Aquelas áreas onde se encontram uma vulnerabilidade alta propor melhorias para que estas possam se recuperar e promover uma melhor capacidade produtiva dos recursos naturais.


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido
Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi/Ce: Subsídios para o Planejamento Ambiental
Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
MAPA 13: VULNERABILIDADE AMBIENTAL NA BACIA DO RIO PIRANGI
LEGENDA
Vulnerabilidade Ambiental
Muito Baixa
Baixa
Moderada
Alta
Muito Alta
Convenções Cartográficas
Rio Pirangi (Drenagem Perene)
Rio Pirangi
Rios e Riachos (Drenagem Intermitente)
Açudes
Sedes Distritais
Sede Municipal
Estradas Pavimentadas
Limites Municipais
ESCALA 1:450.000
SISTEMA UNIVERSAL TRASNVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24 S
Fonte: Base Cartografica do Rio Pirangi adaptada da COGERH (2008)
BACIA DO RIO PIRANGI
BACIAS METROPOLITANAS
CEARÁ
Oceano Atlântico
CASCAVEL
OCARA
CAPISTRANO
ITAPIÚNA
ARACOIABA
RUSSAS
PALHANO
ITAIÇABA
ARACATI
FORTIM
BEBERIBE

5.3 Potencialidades e Limitações da área

A partir do levantamento das condições ambientais e sociais da bacia hidrográfica, identificaram-se as potencialidades e limitações das unidades geoambientais. O termo Potencialidades diz respeito às condições naturais do ambiente (solo, relevo, corpos hídricos, vegetação...) para as atividades humanas e as Limitações faz um estudo a cerca das fragilidades dos ambientes, restrição quanto ao uso da terra e ocupação.

A paisagem da área é composta por feições como mar litorâneo, praia, pós-praia, dunas, lagoas, manguezais que compõem a planície litorânea no baixo curso da bacia. As planícies fluviais, os tabuleiros pré-litorâneos e interiores no médio e baixo curso. As cristas residuais e a depressão sertaneja no alto e médio curso. Cada unidade possui potencialidades e limitações que estão sintetizadas no quadro 30.

Na planície litorânea, destacam-se as dunas que são necessárias para o conjunto paisagístico litorâneo, pois constituem excelentes aquíferos que alimentam as lagoas. Estas formações possuem um valor paisagístico que favorece as atividades turísticas. A praia e a pós-praia têm uma forte potencialidade turística e para o lazer. Os banhos de mar, a prática esportiva e as caminhadas são bastante aproveitadas pela população local. As limitações destas feições paisagísticas estão associadas a uma ecodinâmica instável, por ser um ambiente em constante transformação, onde a dinâmica litorânea atua na erosão e transporte de sedimentos, especialmente na faixa de praia e nos campos de dunas. As lagoas costeiras complementam as atividades de lazer e servem também como abastecimento da população local. Uma das principais limitações para a utilização das lagoas é a intermitência de algumas na época de seca e restrições legais em relação a mata ciliar. A planície flúvio-marinha possui como potencialidades a pesca e é uma área de reprodução da fauna. As limitações deste importante ecossistema refere-se que é uma área de inundação periódica, constitui-se de uma APP, solos com drenagem imperfeita e salinização.

Os Tabuleiros Pré-Litorâneos possuem como potencialidades principais ser uma área favorável a ocupação, portanto que seja de uma forma ordenada, planejando principalmente a coleta de lixo, tratamento de esgotamento sanitário. Possui uma considerável reserva hídrica superficial e subterrânea. As principais

limitações desta unidade geoambiental é a deficiência hídrica no período de estiagem, os solos possuem baixa a moderada fertilidade natural.

A planície fluvial do rio Pirangi e as pequenas planícies dos principais afluentes possuem disponibilidade hídrica de superfície e também com alto e médio potencial hidrogeológico. Possuem condições para um extrativismo mineral e vegetal, portanto que respeitem as restrições referentes a utilização da mata ciliar. As limitações da planície incluem solos com drenagem imperfeita, riscos a inundação e irregularidades pluviométricas.

A depressão sertaneja da bacia do rio Pirangi possui um relevo favorável às atividades socioeconômicas como a pecuária e extração de rochas, mas devido as condições de baixa disponibilidade hídrica, solos rasos com susceptibilidade à erosão tornam limitantes o seu uso.

As cristas residuais e os agrupamentos de inselbergues possuem como potencialidades o extrativismo vegetal (nas cristas), patrimônio paisagístico (inselbergues) e as limitações são as restrições legais (inclinação das vertentes), baixa profundidade dos solos, irregularidades pluviométricas e escassez de recursos hídricos superficiais.

Quadro 30 - Potencialidades e Limitações das unidades geoambientais da bacia do rio Pirangi

		POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES
Planície Litorânea	Faixa de praia e Pós-Praia	- Ecoturismo e lazer; - Patrimônio Paisagístico;	- erosão costeira; - ambiente em constante mudança por conta das ações eólicas; - Vulnerabilidade natural e ambiental muito alta
	Dunas Móveis	- Reserva de água subterrânea; - Fonte de sedimentos para as praias; - turismo ecológico.	- vulnerabilidade natural muito alta - ambiente em constante mudança por não possuir sedimentos consolidados
	Dunas Fixas	- Reserva de água subterrânea; - Habitat de espécies faunísticas;	- baixo suporte para edificações - restrições legais
	Planície Lacustre	- turismo ecológico; - lazer; - abastecimento de algumas comunidades; - pesca artesanal	- intermitência de algumas lagoas; - Inundações periódicas; - baixo suporte para edificações
	Planície Flúvio-marinha	- pesca; - habitat de reprodução de espécies; - fonte de renda para comunidades próximas; Lazer e turismo ecológico; Beleza cênica nas ilhas flúvio-marinhas; Pesquisa científica;	- APP - vulnerabilidade natural e ambiental muito alta; - impedimentos a mecanização; Salinidade, riscos a inundação

Tabuleiros Pré-Litorâneos e Interiores	- área propícia para instalações urbanísticas; - reservas hídricas superficiais e subterrâneas; - Agroextrativismo; - Mineração controlada; - Lavoura e pecuária; - Instalação viária	- média a baixa fertilidade dos solos; - deficiência hídrica durante o período seco;
Sertões de Quixadá e Ibaretama	- Solos com fertilidade natural média a alta (Argissolos Vermelho-Amarelos); - Extrativismo vegetal controlado (plantas lenhosas da caatinga); - relevo favorável a Pecuária controlada; - Instalação de núcleos urbanos; - mineração (rochas ornamentais) - turismo (Quixadá)	- Ocorrência de solos rasos e pedregosos (Neossolos Litólicos); - Condições de semi-aridez; - Baixo potencial dos recursos hídricos; - Solos degradados; - Cobertura vegetal antropizada; - Alta vulnerabilidade à ocupação humana e salinização dos solos

Planície Fluvial do Rio Pirangi	- Bom potencial dos recursos hídricos; - Captação de água; - Extrativismo mineral e vegetal; - Média vulnerabilidade à ocupação humana; - agricultura irrigada; agropecuária	- Restrições legais para a preservação da mata ciliar; - Solos com drenagem imperfeita e problemas de salinização - Ocorrência de solos com fertilidade natural de baixa a alta (Neossolos Flúvicos); - Irregularidade pluviométrica; - Riscos de inundações sazonais; - Solos com susceptibilidade à erosão; - Alta vulnerabilidade à poluição e contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.
Cristas Residuais	- extrativismo vegetal; - área de nascente dos riachos dos Macacos, Madeira	Declividade acentuada, afloramentos rochosos - Neossolos Litólicos: desfavoráveis ao uso agrícola; - Deficiência hídrica no período seco; Vulnerabilidade Natural e Ambiental muito alta

Elaboração: a autora

5.4 Proposta de Planejamento Ambiental: Zoneamento Ambiental

O zoneamento ambiental é um instrumento que faz parte de todo um planejamento que se queira aplicar em determinado local e que a gestão poderá colocar em prática de acordo com as recomendações. Na legislação brasileira, o zoneamento tem várias modalidades como o Zoneamento Ecológico-Econômico, Agroecológico e Urbano. Aqui pretende-se adotar um Zoneamento Ambiental, o que é previsto pela legislação.

Um zoneamento ambiental pode ser definido como sendo a identificação e a delimitação de unidades ambientais em um certo espaço físico, segundo suas vocações e fragilidades, acertos e conflitos, determinadas a partir dos elementos que compõem o meio planejado, tendo como resultado a apresentação de um conjunto de unidades, cada qual sujeita às normas especificas para o desenvolvimento de atividades e para a conservação do meio (SANTOS, 2004).

O Zoneamento Ambiental é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6938 de 31/08/1981) prevê preservação, reabilitação e recuperação da qualidade ambiental. Sua meta é o desenvolvimento socioeconômico condicionado à manutenção, em longo prazo, dos recursos naturais e melhoria das condições de vida do homem (SANTOS, 2004).

O zoneamento ambiental foi realizado a partir de informações das unidades geoambientais e suas características naturais, as condições de uso e ocupação, a geomorfologia e os graus de vulnerabilidade natural e ambiental e a legislação ambiental.

Assim para a elaboração deste zoneamento e também de algumas recomendações para cada zona, seguiu-se a proposta de Queiroz (2010), Silva (2008), Vidal (2006), Magalhães (2006) Cardoso (2002), IBAMA (2006), Dias (1999), Resoluções do CONAMA (302 e 303) e Código Florestal (lei Federal 4.771, de 15 de setembro de 1965 modificado pela Lei 12.651/2012) que determina alguns parâmetros para a elaboração do mesmo.

5.4.1 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente- (APP) de rios, riachos, e corpos d'água.

A medida provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, define APP como toda área protegida nos termos dos artigos 2º e 3º do Código Florestal (lei Federal 4.771, de 15 de setembro de 1965 modificado pela Lei 12.651/2012), coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

As APP's tem seu uso e ocupação limitados pelo Código Florestal, e pela Resolução CONAMA 302 e 303. A supressão da vegetação nessas áreas, sem autorização do órgão fiscalizador, é considerado crime ambiental previsto na lei federal 9.605, Lei de Crimes Ambientais.

As Áreas de Preservação Permanente que se enquadram na área de estudo, correspondem os seguintes artigos do Conama e Código Florestal:

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:
I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

a) trinta metros, para o curso d`água com menos de dez metros de largura;

b) cinqüenta metros, para o curso d`água com dez a cinqüenta metros de largura;

III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:

III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:

a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;

b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d`água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinqüenta metros;

A Zona de Preservação Permanente corresponde a paisagens cuja classificação é representada por ambientes com vulnerabilidades muito altas e com ecodinâmica instáveis. Na bacia em estudo, as APP's compreende as áreas de margens de rios com 30 a 50 metros, os açudes com mais de 20ha (100m) , os corpos d'água menores que 20 ha (50m) e maiores que 20 ha (100m).

Devido ao estado de alteração de setores da Área de Preservação Permanente ao longo do rio Pirangi, de seus riachos e corpos d'água sugere-se incentivar nesta área medidas de reflorestamento, pois através destas se preserva o potencial hídrico dessas áreas. As formas atuais de uso e ocupação são caracterizadas em alguns setores pelo extrativismo mineral (areia e argila) e vegetal, pecuária extensiva, agricultura, entre outras. A preservação deste setor evita-se a degradação dos solos e consequentemente o assoreamento do rio.

O reflorestamento e o manejo da mata nativa é sem sombra de dúvidas uma alternativa para a Área de Preservação Permanente principalmente nos topos, vertentes, margens de rios e riachos da área da pesquisa (CORTEZ, 2004).

A seguir, algumas recomendações como estratégias de uso para a melhoria das condições ambientais das APP's:

- Recuperar as áreas degradadas com o reflorestamento das matas ciliares (com isso controlam-se as inundações, assoreamento);
- Aplicar a legislação ambiental;
- Realizar a gestão integrada dos recursos hídricos;
- Implantar sistemas de saneamento básico nas comunidades adjacentes à planície fluvial;
- Incentivar o desenvolvimento de pesquisas científicas;

5.4.2 Zona de Preservação Ambiental- (ZPA)

A zona de preservação ambiental visa a preservação integral da biodiversidade, da estabilidade geomorfológica e dos aspectos paisagísticos. São constituídas por áreas onde a vulnerabilidade natural é de Muito Alta a Alta. As unidades geoambientais da faixa de praia, pós-praia, dunas móveis na planície litorânea da bacia e as cristas residuais integram esta zona.

Nestas zonas de proteção adota-se postura de controle muito rigorosa para os espaços ambientais com níveis elevados de conservação ou fragilidade e para territórios considerados fundamentais para expansão ou conservação da biodiversidade (IBAMA, 2001).

Devido às próprias condições sócio-econômicas do local, fica difícil proibir a retirada de barracas na pós-praia, pois as mesmas pertencem aos moradores, tornando-se um meio de sustento das famílias locais. O que se pode fazer é o mesmo procedimento adotado por Vidal (2006) no zoneamento da Reserva Extrativista do Batoque: as barracas podem ficar, mas com um controle mais efetivo, não permitindo o seu avanço e nem novas construções, mantendo o ambiente natural o mais próximo possível. Segundo o IBAMA (2001) nos setores já alterados nesta zona poderão se admitir um nível de utilização, mas com normas bastante rigorosas.

Nas cristas residuais que envolvem a serra Azul, serra do Palhano e serra do Félix devido a declividade acentuada e solos rasos, propõem-se a manutenção da vegetação nas encostas, especialmente nas áreas das nascentes dos riachos. As áreas próximas nos chamados pés-de-serra, ocupadas pela agricultura sugere-se uma melhor forma de conservação.

Dentre as atividades que podem ser realizadas na área estão a pesquisa científica, lazer, ecoturismo, monitoramento e educação ambiental.

Zona de Uso Disciplinado e Conservação Ambiental (ZUCA)

O objetivo desta zona é o manejo correto dos atributos naturais, podendo conter ocupações, desde que sejam respeitadas as condições naturais do terreno. Pertencem a ZUCA, as lagoas costeiras, os riachos, as dunas fixas, os açudes, depressão sertaneja dos municípios de Ibaretama, Morada Nova, Ocara e Cascavel. São áreas onde o uso e ocupação devem obedecer algumas restrições, bem como de conservação da terra. É formada por áreas onde a exploração deve ser realizada de forma a garantir a manutenção dos recursos naturais e dos processos ecológicos. Corresponde às áreas de relevo plano, com desnivelamentos muito pequenos ou relevo suave ondulado. Nessas áreas podem ser desenvolvidas a expansão urbana, atividades agropecuárias, indústria, no entanto, assegurando a conservação da bacia. Para estas áreas, onde o uso deve ser disciplinado, devem-se adotar planos de manejo e ocupação, visando menor grau de degradação. São áreas que apresentam vulnerabilidades naturais e ambientais variadas.

As dunas fixas contêm espécies arbóreas que servem de alimentos para a população como o *Anacardium occidentale* (caju), *Byrsonima spp* (murici), dentre outros. Recomenda-se o uso sustentável destas espécies, para que se continue garantir a manutenção das dunas como também dos frutos que a vegetação oferece. De acordo com Cardoso (2002), a implantação das dunas fixas na zona de conservação ambiental servirá para atividades de Ecoturismo e estudos científicos por escolas e universidades feitos em grupos pequenos de visitantes, transformando-a em um laboratório natural.

As lagoas costeiras e os açudes são importantes reservas hídricas para a população, o que se recomenda é um programa de monitoramento da qualidade da água, evitando-se os riscos de poluição. Uma atividade que pode ser desenvolvida nos açudes é a piscicultura, pois gera renda aos criadores e constitui uma fonte de alimento. O gerenciamento dos resíduos sólidos faz-se necessário para a garantia da qualidade da água e balneabilidade. Deve-se incentivar e ampliar especialmente nos sertões a captação da água através da construção de cisternas de placas, mas é preciso um acompanhamento em relação ao risco de poluição se a cisterna não for bem tratada.

A depressão sertaneja apresenta locais com capacidade de uso agrícola moderado dependendo de algumas condições pedológicas, os ambientes frágeis da depressão necessitam de manejo agrícola adequado para evitar processos erosivos. Dias (1999) no seu livro “Manual de Impactos Ambientais” lista uma série de medidas atenuantes para as atividades agrícolas como:

- Cobertura do solo, para manter o solo protegido das intempéries, podendo ser cobertura vegetal de plantas cultivadas (cobertura viva), ou morta;
- Os cultivos integrados, com a utilização de diversas culturas (rotação de culturas) e época de descanso;
- A divisão da área agrícola em pequenas parcelas com a implantação de quebra-ventos, transversalmente à direção do vento;
- Integrar árvores e arbustos na agricultura e na pecuária (realizar a agrossivipastoricultura);
- Fazer o plantio em curvas de nível especialmente nas áreas inclinadas;
- Efetuar o reflorestamento nas áreas mais pobres, com espécies nativas;
- Implementar a adubação orgânica para a conservação e incrementação dos níveis de matéria orgânica no solo;
- Procurar manter as áreas de matas ciliares e de vegetação nativa remanescente, ao menos dentro dos limites legais, para conservar a biodiversidade local;
- Realizar plantio direto.

Para a atividade da pecuária extensiva o autor recomenda as seguintes propostas a fim de controlar a pressão dos animais nos pastos:

- Executar a rotação dos pastos;
- Controlar a duração do pastoreio;
- Implementar o replantio e a produção da forragem;
- Instalar em locais estratégicos as fontes de água e sal;
- Restringir o acesso dos animais nas áreas instáveis e nas áreas de florestas nativas;
- Adotar medidas de controle de erosão;

- Conservar a biodiversidade das unidades produtivas, planejando e implementando estratégias de manejo de áreas para o pastoreio, buscando reduzir os impactos negativos sobre a fauna e a flora silvestre, estabelecendo refúgios compensatórios para a fauna;
- Adotar Sistemas Integrados de Produção, como os Sistemas Agroflorestais (SAFs), entre outras.

Os sistemas agroflorestais compreendem qualquer uso múltiplo da terra que: tem relações complementares entre árvores e essências agrícolas e onde se produz uma combinação entre alimentos, frutos, forragem, lenha e matéria orgânica, como adubo, etc (CORTEZ, 2004).

Diante do modelo atual de exploração da caatinga na área de estudo, pode-se concluir que não há uma sustentação ecológica e econômica. Deste modo, faz-se necessário o desenvolvimento de alternativas que propiciem a recuperação da produtividade da caatinga com técnicas econômicas acessíveis e práticas ecológicas sustentáveis. Segundo ARAÙJO-FILHO e CARVALHO (1996:129)

> "Desde a época da colonização a agricultura que vem sendo praticada na Região Nordeste é itinerante ou migratória, ou seja, o agricultor desmata, queima e planta por um período de dois anos e a área é deixada em pousio para recuperação de sua capacidade produtiva".

Vale ressaltar que muitos pequenos agricultores que praticam essas atividades não tem uma consciência ambiental, pois sempre ficaram às margens do governo, sem receber assistência técnica, tendo que produzirem sozinhos.

O tema da sustentabilidade vem sendo uma grande preocupação dos dias atuais. A perspectiva da sustentabilidade na agricultura prioriza uma nova forma de gestão de uso da terra. Então a agroecologia com as suas diversas aplicabilidades (escolas) é uma proposta sustentável para as comunidades rurais da depressão sertaneja e os diversos assentamentos que existem na bacia. Um dos melhores caminhos para as propostas da agricultura ecológica pode ser por meio da agricultura familiar presente tanto nas comunidades rurais da bacia como nos assentamentos.

A opção pela agricultura familiar como uma estratégia para a imlementação da agricultura ecológica deve-se ao fato dessa forma de produção ser

responsável pela criação de empregos no campo e pela maioria dos alimentos que os brasileiros consomem.

A agroecologia ou agricultura ecológica é uma forma de agricultura sustentável e foi definida em um Seminário realizado em Londrina (1984):

> *"O conjunto de técnicas, processos e sistemas que busquem mobilizar harmonicamente todos os recursos disponíveis na unidade de produção e que reciclem os nutrientes e maximizem o uso de insumos orgânicos nele gerados, que reduzam o impacto ambiental e a poluição, que controlem a erosão, que usem máquinas que humanizem o trabalho e sejam compatíveis com a realidade onde vão operar, e aumentem a produtividade da mão-de-obra, da terra e do capital, que minimizem a dependência externa da tecnologia e matérias-primas, que busquem a otimização do balando energético da produção e que produzam alimentos baratos e de alta qualidade biológica, em escala para suprir as necessidades internas e gerar excedentes exportáveis".*
>
> (BONILLA, 1992:24)

A agroecologia tem varias correntes que diferem de autor para autor e KHATOUNIAN (2001:25) cita as seguintes escolas/correntes: Biodinâmica, Orgânica, Natural, Biológica, Alternativa, Agroecológica (desenvolvida na América Latina) e Permacultura. Todas estas tem como objetivo a busca da sustentabilidade tanto ambiental como social.

A Educação Ambiental é difundida como uma das formas de conscientizar as pessoas quanto a preservação do Meio Ambiente e SILVA (2004:59) diz:

> "A comunidade não deve ser capacitada apenas por conhecimentos técnicos, mas também receber um aprimoramento quanto a uma consciência coletiva, valorizando assim os seus conceitos de valores culturais e territoriais. Faz-se necessário desenvolverem-se condições para que a própria comunidade possa gerenciar e monitorar o uso dos seus recursos naturais e paisagísticos".

Outra alternativa para os sertões é a Apicultura. Segundo informações do Centro de Pesquisa e Assessoria – ESPLAR (1997) apud Cortez (2004), os fatores que tornam a apicultura uma atividade interessante para as famílias de agricultores do semi-árido do Nordeste são:

- 1- Investimento relativamente baixo e retorno elevado, 2- Uso de mão-de-obra familiar 3- Acesso do pequeno Agricultor às linhas de crédito para financiamento de projetos produtivos.4- Tecnicamente é uma atividade de fácil aprendizado e prática. 5- É ecologicamente sustentável na caatinga, devido esta possuir variedade de plantas que fornecem néctar e pólen para as abelhas durante o ano todo.

5.4.4 Zona de Uso Intensivo

Constituem áreas de relevo de suave declividade. Trata-se de ambientes ecodinamicamente mais estáveis, constituindo terrenos onde predomina a pedogênese e acúmulo hídrico subsuperficial por maior tempo. A vulnerabilidade natural é bastante propícia, a ambiental revelou que setores estão alterados causando um aumento na sua vulnerabilidade ambiental.

Os tabuleiros pré-litorâneos e interiores da bacia foram classificados como Ambiente Estável e com vulnerabilidade natural de baixa a muito baixa por possuir estabilidade morfogenética, mostrando-se favorável à pedogênese e vulnerabilidade ambiental moderada. Ressalta-se que os tabuleiros da área encontram-se, ainda, moderadamente sustentável por causa das boas condições naturais, mas com o avanço indiscriminado das atividades humanas, as condições podem evoluir para a vulnerabilidade alta. Os tabuleiros, por apresentarem uma estabilidade ambiental maior, poderão abrigar novas construções, mas não significa que suas atividades não devam ser monitoradas. É preciso um disciplinamento do uso do tabuleiro para que esta unidade não venha a ser utilizada de forma que possam comprometer a sua integridade.

O relevo nessas áreas apresenta melhor capacidade física de ocupação. São áreas da bacia que possuem tipos de uso residencial, comércial, agrícola, pecuária e também atividades mineradoras.

Embora esta zona permite-se um uso maior ao desenvolvimento de atividades econômicas, deve ser evitado o manejo irracional do solo. As propostas mitigadoras têm como objetivo evitar futuros processos erosivos. Em suma, esta zona é bastante propícia ao desenvolvimento das atividades socioeconômicas, pois está se considerando a capacidade de suporte dos ambientes.

Na produção da pecuária sugerem-se as mesmas propostas da zona de conservação, bem como desenvolver a criação extensiva de pequenos animais como os caprinos e ovinos, uma vez que os mesmos exercem um pisoteio relativamente baixo das pastagens naturais. Para a sobrevivência desses animais conforme Cortez (2004) sugere-se a criação das plantas forrageiras. As mais indicadas são espécies da família das cactáceas como, por exemplo, a palma

gigante (*Opuntia fícus*), palma redonda (*Opuntia sp*) e palma miúda ou doce (Nopalea cocheanilifera). Na agricultura como foi exposta anteriormente, nos assentamentos e também nas comunidades que existem nos tabuleiros a proposta de uma agricultura mais sustentável. Propõem-se também instalar hortas comunitárias, com as verduras produzidas a comunidade poderia vender, gerando assim mais uma fonte de renda, como também utilizar na própria alimentação familiar. Para o melhoramento dos níveis de matéria orgânica nos solos o ideal é a preparação do solo através do plantio direto na palha. Essa técnica é feita em pequenos sulcos abertos no solo coberto de palha, isso evita a necessidade de aração ou gradagem na superfície, sendo mantidos, no solo, os restos de culturas anteriores. A rotação de culturas é outra prática recomendada e consiste na alternância dos cultivos de gramíneas, leguminosas e outras, podendo ter períodos intercalados de pousio. Outra técnica é o uso de lavouras para reforma e/ou renovação e/ou recuperação de pastagens – utilização de áreas de pastagens com culturas temporárias com a finalidade de recuperar a sua fertilidade (CORTEZ, 2004). Em setores mais íngremes do terreno, recomenda-se o plantio em nível obedecendo às curvas de nível do terreno, para que as próprias plantas sirvam de barreira para conter ou diminuir a velocidade das águas das chuvas.

Em relação à água, através da construção do açude das Amarelas garantirá mais água para os distritos que terão acesso ao açude. Ressalta-se aqui a importância de uma gestão integrada dos recursos hídricos através da participação conjunta dos órgãos públicos, a comunidade e a contribuição das universidades através de estudos técnicos. Os poços existentes na região deverão ser monitorados quanto a sua vulnerabilidade a poluição. Outra proposta é a construção de barragem subterrânea que aproveita a água que circula no subsolo. É necessário que a barragem subterrânea seja construída em local adequado para a captação e armazenamento de água. O terreno mais adequado é o mais arenoso. Segundo Cortez (2004), para isso é cavada uma valeta cortando a passagem da água até atingir a rocha, depois de cavada, a valeta é preenchida com um tipo de material que impede a passagem da água. Esse material pode ser barro batido ou uma lona plástica. Durante a chuva a barragem armazena água dentro da terra e então pode-se fazer o plantio na área encharcada ou molhada. Lista-se também mais algumas propostas para esta zona com base em Magalhães (2006):

- Disciplinar o parcelamento do solo urbano, controlando sua expansão em direção às áreas de maior vulnerabilidade natural;
- Vincular a aprovação de loteamentos na área urbana à implantação do saneamento básico e condições de infra-estrutura;
- Recuperar áreas degradadas pelas atividades agropastoris, pelos lixões e ocupações humanas desordenadas implantadas nesse espaço;
- Definir áreas, ambientalmente corretas, para a disposição e tratamento de efluentes sanitários e resíduos sólidos domésticos e industriais;
- Monitoramento da qualidade da água;
- Desenvolver, através da elaboração de programas de educação ambiental que possam ser aplicados nas escolas, o conhecimento dos ecossistemas locais, da degradação e recuperação ambiental;
- Aplicar a legislação ambiental quanto ao uso e ocupação dessa zona;

Nos locais onde existam as atividades mineradoras, como propostas sugere-se de acordo com Dias (1997):

- Os danos permanentes devem ser evitados ao máximo;
- As intervenções inevitáveis devem ser adequadas às condições naturais;
- Todas as condicionantes estabelecidas no projeto para a recuperação e/ou reabilitação da área onde ocorrerem as intervenções devem ser implementadas integralmente.
- Implantar medidas de proteção a vegetação e recomposição da vegetação pós-lavra.
- Estudar todas as possibilidades para que os métodos a serem utilizados não interfiram no rebaixamento do lençol freático, com prejuízo ao abastecimento de água.

5.4.5 Zona de Recuperação Ambiental- (ZRA)

Apresenta áreas em estado de degradação moderada a forte onde a vulnerabilidade ambiental foi classificada como Alta a Muito Alta requerendo a adoção de medidas capazes de levá-las a recuperar suas condições de equilíbrio. Esta zona abrange uma parte dos sertões de Quixadá e Ibaretama no alto curso do rio, uma parte dos sertões de Morada Nova e Ocara, como também nos tabuleiros, a planície fluvial, as salinas e tanques de carcinicultura que foram abandonados. Esta zona encontra-se dispersa já que é possível observar setores degradados em todas as unidades geoambientais.

Nesses setores ocorrem inadequadas práticas de uso do solo como as queimadas e desmatamentos, o que ocasionou um empobrecimento da vegetação, erosão dos solos, assoreamento dos cursos d’água, diminuição da biodiversidade, por isso devem ser recuperadas.

5.4.6 Síntese de Zoneamento Ambiental

O zoneamento ambiental está esboçado no quadro síntese de zoneamento ambiental (quadro 31), o qual apresenta de forma sintética a proposição das zonas estabelecendo as potencialidades e as vulnerabilidades de cada zona. Com bases nessas duas características são apresentadas as recomendações de uso e ocupação para cada zona. O mapa 13 de zoneamento ambiental apresentou a espacialização das zonas conforme os princípios discutidos anteriormente. As figuras 75, 76, 77, 78 e 79 ilustram alguns locais das zonas propostas para a bacia.

Figura 75 - Imagem das Áreas de Preservação Permanente

ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Figura 01: Manutenção da mata ciliar (riacho dos Macacos-Ibaretama)

Figura 02: Recuperação da mata ciliar (rio Pirangi em Quixadá)

Fonte – Prefeitura Municipal de Ibaretama

Figura 76 - Imagem da Zona de Preservação Ambiental

ZONA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

Figura 01: Preservação das cristas residuais

Figura 02: Manutenção da biodiversidade da planície flúvio-marinha

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 77 - Imagens da Zona de Uso Disciplinado e Conservação Ambiental

ZONA DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

Figura 01: Incentivar a prática da apicultura (Quixadá)

Figura 02: Buscar novas formas de prepara do solo

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 78 - Imagens da Zona de Uso Intensivo

ZONA DE USO INTENSIVO

Figura 01: Melhorar as atividades agrícolas

Figura 02: Ampliar o acesso a água

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Figura 79 - Imagens da zona de recuperação ambiental

ZONA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

Figura 01: Recuperar e monitorar os processos erosivos

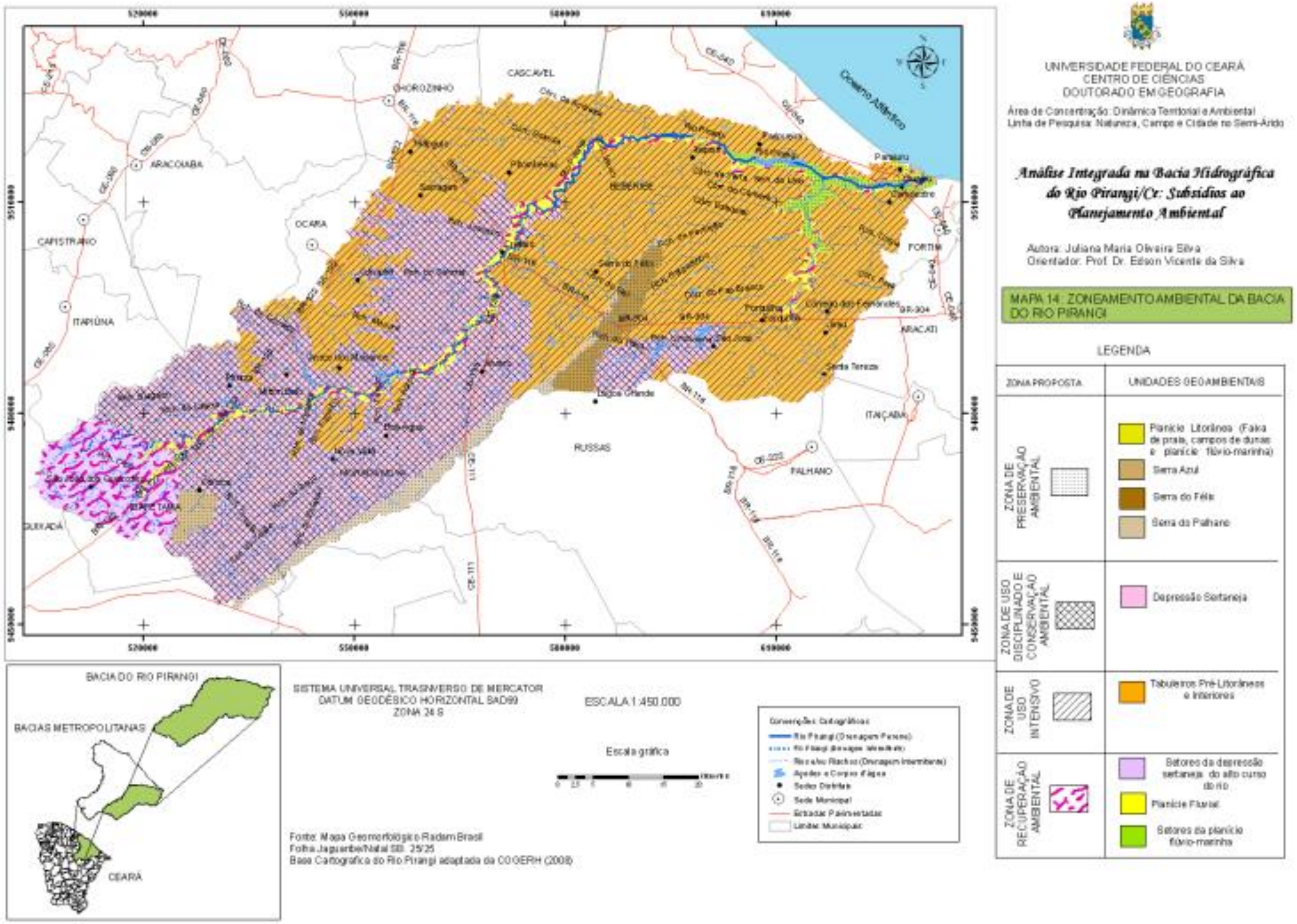
Figura 02: Recuperar as áreas de manguezal que foram desmatadas

Fonte - Juliana Maria Oliveira Silva

Quadro 31 – Síntese de Zoneamento Ambiental.

ZONAS		POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	RECOMENDAÇÕES / TIPOS DE USO APROPRIADO
APP's – Área de Preservação Permanente		Proteção dos cursos d'água do assoreamento Manutenção da fauna	Inundações periódicas; inadequação à ocupação urbana; vulnerabilidade natural e ambiental alta à ocupação urbana.	Recuperação da mata ciliar, obediência à legislação ambiental; pesquisa científica, proteção das nascentes.
ZPA- Zona de Preservação Ambiental	Faixa de praia, Campos de dunas e Planície Flúvio-marinha	Elevada biodiversidade; águas subterrâneas, turismo e lazer, pesca, aporte de sedimentos, reprodução de peixes e crustáceos.	Sedimentos inconsolidados, inundações periódicas, salinidade, vulnerabilidade natural e ambiental muito alta, restrições legais.	Manutenção da biodiversidade; pesquisa científica; ecoturismo; educação ambiental; obediência à legislação ambiental; extrativismo vegetal controlado, reflorestamento do manguezal.
	Cristas Residuais	Área de nascentes	Solos rasos; declividade acentuada; impedimentos à agricultura; áreas legalmente protegidas; susceptibilidade à erosão, vulnerabilidade natural muito alta	Recuperação da vegetação em setores íngremes que foram alterados Obediência a legislação Proteção das nascentes
Zona de Uso Disciplinado e Conservação Ambiental – ZUCA (dunas fixas, lagoas, açudes e depressão sertaneja)		Disponibilidade hídrica (dunas fixas, lagoas e açudes), fauna, média fertilidade dos solos (argissolos), lazer, relevo suave ondulado nos sertões, agricultura e pecuária com técnicas adequadas de manejo.	Restrições legais nas margens dos açudes e lagoas e vegetação das dunas, dissecação moderada nos sertões, vulnerabilidade alta a ocupação, solos desprovidos de vegetação favorece o escoamento, semi-aridez nos sertões.	Expansão da malha viária e urbana; agropecuária e extrativismo vegetal controlado. Práticas de agricultura ecológica, manejo da água, obediência a legislação, rotação de culturas no sertão, piscicultura nos açudes.
Zona de Uso Intensivo - ZUI (Tabuleiros pré-litorâneos e interiores)		Disponibilidade hídrica; agricultura e pecuária com técnicas adequadas de manejo, expansão da malha urbana e viária, relevo favorável, mineração controlada	Média a baixa fertilidade dos solos, riscos a poluição das águas, vulnerabilidade ambiental alta, Impermeabilização dos solos; ocupação de áreas de planícies, precariedades de saneamento ambiental.	Extrativismo vegetal, agropecuária melhorada, gestão integrada dos recursos hídricos, barragem subterrânea, expansão da ocupação urbana; ampliação da rede de esgotos; inibição das ocupações em áreas de planícies.
Zona de Recuperação Ambiental (planície flúvio-marinha, fluvial e parte dos sertões de Quixadá, Ibaretama)		Disponibilidade hídrica, biodiversidade alta (manguezal), média fertilidade dos solos (planície fluvial e depressão sertaneja)	Solos pouco férteis; alguns setores apresentam problemas de drenagem; desmatamento e queimadas acentuados, salinidade (manguezal), retirada da mata ciliar, vulnerabilidade natural alta nas planícies e ambiental em todos os setores.	Obediência da legislação ambiental inibição das ocupações em áreas de planícies.

Fonte: Organização Juliana Maria Oliveira Silva (2012).


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semi-Árido
Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi/Ce: Subsídios ao Planejamento Ambiental
Autora: Juliana Maria Oliveira Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
MAPA 14: ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO PIRANGI
LEGENDA
ZONA PROPOSTA
UNIDADES GEOAMBIENTAIS
ZONA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL
Planície Litorânea (Faixa de praia, campos de dunas e planície flúvio-marinha)
Serra Azul
Serra do Félix
Serra do Palhano
ZONA DE USO DISCIPLINADO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL
Depressão Sertaneja
ZONA DE USO INTENSIVO
Tabuleiros Pré-Litorâneos e Interiores
ZONA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL
Setores da depressão sertaneja do alto curso do rio
Planície Fluvial
Setores da planície flúvio-marinha
Oceano Atlântico
CASCAVEL
HORIZONTE
ARACOIABA
OCARA
CAPISTRANO
ITAPIÚNA
QUIXADÁ
RUSSAS
PALHANO
ITAIÇABA
ARACATI
FORTIM
Lagoa Grande
Santa Tereza
520000
550000
580000
610000
9510000
9480000
9450000
BACIA DO RIO PIRANGI
BACIAS METROPOLITANAS
CEARÁ
SISTEMA UNIVERSAL TRASNVERSO DE MERCATOR
DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL SAD69
ZONA 24 S
ESCALA 1:450.000
Escala gráfica
Convenções Cartográficas
Rio Pirangi (Drenagem Perene)
Rio Pirangi (Drenagem Intermitente)
Riachos (Drenagem Intermitente)
Açudes e Corpos d'água
Sedes Distritais
Sede Municipal
Estradas Pavimentadas
Limites Municipais
Fonte: Mapa Geomorfológico Radam Brasil
Folha Jaguaribe/Natal SB. 24/25
Base Cartográfica do Rio Pirangi adaptada da COGERH (2008)

Este zoneamento poderá ser discutido juntamente com os setores que se encontram envolvidos na gestão da bacia hidrográfica do rio Pirangi. O que se procurou fazer aqui foi uma contribuição para o processo de planejamento e gestão da bacia, buscando conciliar o meio ambiente com as atividades socioeconômicas do local.

A gestão ambiental assenta-se na forma de conduzir processos dinâmicos e interativos que se dão entre o sistema natural e social, a partir de um padrão de modelo de conservação e desenvolvimento almejado. Para compor a gestão ambiental são estabelecidas ações, recursos e mecanismos jurídicos e institucionais necessários à sua efetivação (IBAMA, 2001).

Capítulo 06: Considerações Finais

A tese aqui apresentada procurou abordar uma proposta de planejamento ambiental para a bacia hidrográfica do rio Pirangi e para isso utilizou-se como método de abordagem a análise integrada. Os estudos integrados do meio têm sido bastante difundidos na geografia física, pois, permite uma avaliação de cada elemento do meio físico e como estes se integram para caracterizar as diferentes paisagens. A bacia hidrográfica em estudo possui ambientes heterogêneos resultados de eventos geológicos antigos, tectônica, processos sedimentares, mudanças climáticas e os atuais agentes responsáveis pela esculturação dos ambientes.

O primeiro objetivo estabelecido foi atendido quando se caracterizou a bacia hidrográfica em seus diversos componentes geoambientais no segundo capítulo. Um dos primeiros procedimentos da abordagem integrada refere-se a uma etapa que se denomina de analítica, é quando se realiza um diagnóstico geoambiental da região em seus aspectos abióticos, bióticos e socioeconômicos (capítulo de uso e ocupação). Nesta etapa compreende-se como funcionam os importantes sistemas ambientais e como se apresentam suas complexidades de características física ambientais.

A bacia insere-se em ambiente geologicamente mais antigo com rochas do Pré-Cambriano no alto e médio curso do rio e apresenta-se com um relevo típico, a depressão sertaneja e as cristas residuais e inselbergues resultados dos eventos erosivos ocorridos no passado e que resistiram na paisagem. Aliado a estas condições atua o clima semiárido, influenciando no intemperismo físico da rocha, causando pouca alteração no manto superficial e com isso a formação de neossolos litólicos, mas também, outros tipos de solos foram identificados e caracterizados como os argissolos. A drenagem influenciada pelo clima com rios intermitentes. As rochas graníticas e solos rasos favorecem um maior escoamento das águas gerando padrão dentrítico e pouca disponibilidade hídrica subterrânea. A vegetação adaptada a estes ambientes constitui a caatinga e que se encontra modificada pelas atividades humanas. No baixo curso predomina outro tipo de ambiente com sedimentos mais recentes do Cenozóico. Os tabuleiros pré-litorâneos e interiores sendo este último de ocorrência no médio curso da bacia, apresentam uma maior oferta hídrica subterrânea devido ao material sedimentar o que influencia também

em uma rede de drenagem paralela. A planície fluvial resultado da acumulação de sedimentos transportados pelo rio possui uma fertilidade maior com neossolos flúvicos, em contrapartida apresenta sérios riscos a inundações. A planície litorânea com suas feições de praia, campos de dunas, planície flúvio-marinha e lagoas costeiras, complementam as paisagens da bacia. O clima no baixo curso devido à proximidade oceânica apresenta-se mais úmido com uma maior quantidade de chuvas fato comprovado através dos gráficos de precipitação. O balanço hídrico realizado na área mostra-se bastante favorável para o potencial agrícola, pois se identifica as disponibilidades hídricas de uma região, os períodos de excedente hídrico e deficiência hídrica, a necessidade de água para as plantas, ou seja, contabiliza a entrada e a saída de água no solo.

Desta forma, a primeira hipótese pode ser confirmada de que a análise integrada pode servir de subsídio ao planejamento ambiental, pois se interpretou as características naturais que comandam a bacia e que podem suportar as atividades humanas. Para esta primeira fase, o geoprocessamento foi uma ferramenta fundamental, pois permitiu a espacialização das informações que compõem os mapas básicos e temáticos. Estes produtos apresentaram uma visão abrangente da caracterização geoambiental, como propostas futuras sugere-se ampliar a escala de análise, como por exemplo, produzir mapas detalhados do alto, médio e baixo curso da bacia.

O segundo objetivo também foi cumprido no capítulo três quando se delimitou as sub-bacias do Pirangi. Esta delimitação considerou-se que seja importante para a gestão porque detalha cada uma delas em seus aspectos naturais e em que local se encontram garantindo uma maior informação sobre a espacialização dos recursos hídricos da bacia do Pirangi.

A partir das informações da contextualização geoambiental puderam ser identificadas e mapeadas as unidades geoambientais no capítulo três, de acordo com os objetivos propostos, uma vez que a partir da delimitação destas foi possível detectar as vulnerabilidades, potencialidades, limitações e propostas de planejamento ambiental. As unidades geoambientais encontradas na bacia foram a Depressão Sertaneja, Planície Fluvial, Tabuleiros Costeiros e Interiores, Planície Litorânea e Cristas Residuais resultado da integração dos elementos, onde cada unidade tem um arranjo próprio de solos, drenagem e cobertura vegetal. O mapa das unidades geoambientais apresentado revela uma primeira compreensão das

potencialidades, limitações e vulnerabilidades da bacia. Os quadros-sínteses elaborados representam as características de cada unidade geoambiental e recomenda-se elaborar também mapas de unidades geoambientais do alto e médio curso assim como foi feito no estuário, ampliando o detalhe do mapeamento.

A etapa sintética da análise integrada visou a caracterização dos sistemas espaciais de uso e ocupação do solo através da caracterização dos agentes de pressão sobre o espaço regional. Os dados do levantamento socioeconômico foram apresentados na forma de tabelas e gráficos e representados no capítulo quatro, desta forma, realizando mais um dos objetivos propostos na pesquisa.

As indagações sobre as principais atividades econômicas produzidas na bacia foram respondidas no quarto capítulo como também realizadas as análises dos impactos que se tem produzido na bacia e que são reflexos das diversas atividades socioeconômicas que se tem concretizado. Os principais impactos identificados foram: desmatamentos e queimadas, prática comum em todas as bacias do estado para o preparo da terra, retirada da mata ciliar, essas ações tem contribuído para os processos erosivos, assoreamento em diversos pontos especialmente nos distritos onde o rio passa. As ocupações nas margens do rio, extrativismo mineral e a carcinicultura foram outros impactos observados ao longo da bacia. Os principais produtos elaborados no quarto capítulo constituíram em dois mapas de uso e ocupação expressando as condições atuais de uso o que cumpriu mais um dos objetivos delineados para a pesquisa. Esses mapas servirão ao planejamento identificando as atividades e impactos que elas produzem e redirecionando ou procurando minimizar estes impactos. Corrobora-se a utilização do geoprocessamento juntamente com o sensoriamento remoto que permitiram a manipulação das imagens através da classificação supervisionada que se mostrou útil e levantamentos de campo para comprovar as interpretações as imagens. A indagação se a bacia possui características físicas possíveis para as atividades foi observada e com exceção de alguns ambientes, a área de estudo possui locais mais propícios as atividades socioeconômicas devido apresentarem uma estabilidade maior em relação aos demais ambientes.

A hipótese de que os modelos de vulnerabilidade podem ser um apoio ao planejamento ambiental pode ser executada e foram encontradas e mapeadas cinco graus de vulnerabilidade: muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta. A vulnerabilidade natural (resultado das informações de geologia, geomorfologia,

pedologia e vegetação) é reflexa das condições naturais da bacia e a ambiental destaca a influência das atividades humanas. A álgebra de mapas se tornou eficiente porque permitiu a modelagem e manipulação de diversas variáveis ambientais complexas de uma forma quantitativa e qualitativa, contribuindo para a concretização dos objetivos que se referiam a aplicação do modelo de vulnerabilidade. Como importante produto nesta fase destacam-se os dois mapas produzidos de vulnerabilidade para a bacia.

A terceira hipótese que as atividades socioeconômicas têm ocupado as áreas de vulnerabilidade foi observada em diversos pontos da bacia e que há uma relação que foi demonstrada no mapa de vulnerabilidade ambiental. As áreas que se apresentavam com uma vulnerabilidade natural de muito baixa a baixa quando se cruzou com as atividades sociais e econômicas, demonstrou-se que estas tem uma influência, pois as áreas passaram a apresentar em termos de vulnerabilidade ambiental moderada, alta e alguns setores muito alta devido as ocupações. Cada setor de vulnerabilidade ambiental quantificou-se o que ainda possuía de vegetação remanescente, mesmo que essa seja uma formação secundária. Como propostas sugere-se aperfeiçoar esse modelo porque alguns dados com características geoambientais semelhantes tendem a se homogeneizar. No litoral nordestino esta metodologia é amplamente mais desenvolvida do que nos sertões. Sugere-se aplicar o modelo para o alto, médio e baixo curso da bacia separadamente, pois se detalhará mais a análise. A pesquisa mostrou que uma boa parte da área encontra-se com vulnerabilidade ambiental moderada a elevada o que reflete o cuidado que se deva ter com estes ambientes, procurando direcionar melhor as atividades, especialmente as agropecuárias.

A quarta hipótese foi confirmada e a indagação sobre quais diretrizes são fundamentais para servir de guia ao planejamento ambiental, a tese procurou abordar através das condições de vulnerabilidade, potencialidades e limitações. Através destas considerações é que foi possível estabelecer um zoneamento ambiental, desta forma, essas propostas podem direcionar ao planejamento de uso e ocupação. No zoneamento proposto da bacia, a mesma possui quatro zonas que foram espacializadas no mapa: Preservação Ambiental, Uso Disciplinado, Uso Intensivo e Recuperação Ambiental, cumprindo os últimos objetivos da pesquisa. Cada zona apresentou algumas medidas que procuram conciliar o ambiente com os atuais usos, como também propor outras formas de ocupação do espaço.

Esta tese procurou fornecer algumas bases teóricas e práticas para o planejamento ambiental em bacias hidrográficas tendo como exemplo a bacia do rio Pirangi. Procurou-se cumprir todos os objetivos refletidos e em cada capítulo a tese foi se desenvolvendo para se chegar aos resultados. Espera-se que o trabalho possa contribuir futuramente para as pesquisas relacionadas a temática.

O debate não se encerra aqui, mas é apenas um caminho na busca de se desenvolver questões para a análise de como a geografia física pode contribuir para a construção de um planejamento e com base nas premissas ambientais e não deixando de envolver as atividades socioeconômicas que dependem dos recursos naturais para a sobrevivência.

07 - Referências

AB'SABER, A. N. **Bases Conceituais e Papel do Conhecimento na Previsão de Impactos**. MULLER-PLANTENBERG, C; AB'SABER, A.N (organizadores). Universidade de São Paulo: Edusp, 2002.

AB'SABER, A.N*.* **Os *domínios de natureza no Brasil: Potencialidades paisagísticas***. São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.

ABREU, Edriano. **Iluminismo**. Disponível em http://www.saberhistoria.hpg.ig.com.br /nova_pagina_31.htm (2005). Acesso em 09/09/2010.

ABREU, J.C. **Capítulos da História Colonial**. 6ed. Rio de Janeiro. Civilização Brasileira, 1976.

AIRES,R. **Análise ambiental integrada de micro-bacias hidrográficas no Vale do rio Jaguaribe como subsídio ao Programa Vigilitantes Globais da Água**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2009.

ALHEIROS, M.M. **Avaliação econômica de perdas ambientais na análise de riscos geológicos**. Disponível em: www.ecoeco.org.br/conteudos/publicações/encontros/i_en/mesa4/3.pdf. Acesso em: 08/08/2010.

ALMEIDA, L; SANTOS, L.J.C; MARTINS, G.G. **Contribuição metodológica para a análise da fragilidade emergente: estudo de caso no município de Colombo/PR.** RA´E GA, Curitiba, n. 17, p. 113-127, 2009.

ALVES, J.M.B., SOUZA,E.B; REPELLI, C. A; M. I. VITORINO E FERREIRA, N.S., 1997. Episódios de La Niña na Bacia do Oceano Pacífico Equatorial e a Distribuição de Chuvas no Setor Norte do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 12, 63-76.

AMORIM-NETO, M.S. Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather. In: **Comunicado Técnico Embrapa**. N 134, junho. Pag 1-18, 1989.

ARAÚJO-FILHO, J.A. e CARVALHO, F.C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**. In: ALVAREZ, V; V.H; FONTES, L.E.F; FONTES, M.P.F (editores). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, SBCS / UFV, 1996. p.125-133.

AYOADE J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 10ª ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 2004. 332p.

BARRELLA, W; PETRERE Jr., M., SMITH, W.S; MONTAG, L.F.A. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares:** conservação e recuperação. 2001.

BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes,1973.

BERTONI, J. ; NETO, F. L**. Conservação do solo**. 4 ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global:** esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra, USP, Instituto de Geografia. São Paulo, 1972.

BONILHA, J.A. **Fundamentos da agricultura ecológica: sobrevivência e qualidade de vida**. São Paulo: Nobel, 1992.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, Antônio C.; GUERRA, Antônio J. T. (orgs). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil 2007.

BOTELHO,R.G.M. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA,A.J.T.; SILVA,A.S; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos,temas e aplicações**. Ed. Bertrand Brasil,1999.

BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de recursos naturais: Folha AS.24/25 Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro, MME-SG, V.23, 1985.

CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. Conceituação de Microbacias. In:LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. (Orgs.) **As florestas plantadas e a água.**Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: Ed. RiMA, 2006. 226p.

CARDOSO, E.S. **Análise das condições ambientais do litoral de Iguape e Barro Preto**. Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2002. (Dissertação de Mestrado).

CARVALHO, E.M; PINTO, A.L. **Riscos ambientais em bacias hidrográficas: um estudo de caso da bacia do Córrego Fundo, Aquidauana/MS**. Climatologia e Estudos da Paisagem. Rio Claro. v. 4, n. 1, jul.-dez., 2009. p.53-78.

CEARÁ. Decreto 26.462 de 11 de dezembro de 2011. Regulamenta os arts.24, inciso V e 36 da Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o **Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH, no tocante aos Comitês de Bacias Hidrográficas** - CBHS, e dá outras providências.

CECÍLIO,R.A.; REIS, E.F. **Apostila didática:** manejo de bacias hidrográfcas. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher, 1980.

_____. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: USP, 1979.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo:Ed. Edgard Blucher,2000.

CHORLEY, R. J. A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais. Notícia Geomorfológica, Campinas, v. 11, n. 21, p. 3-22, jun. 1971

CLAUDINO-SALES, V. Sistemas Naturais e Degradação sócio-ambiental no Estado do Ceará. In: Fórum Cearense de Desenvolvimento e Meio Ambiente. (Org.). **Diagnóstico sócio-ambiental do Estado do Ceará**. 1 ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil-BNB, 1993, v. 1, p. 3-22.

CLAUDINO-SALES, V. ; PEULVAST, J . Formas litorâneas: barreiras no litoral do Estado do Ceará. In: Dantas, E.W.C; Meireles, A.J.; Zanella, M.E.. (Org.). **Ceará:** litoral e sertão. 1 ed. : , 2006, v. 1, p. 132-141.

CLAUDINO-SALES, V. **Les littoraux du Ceara - Evolution morfphologique de la zone cotiere de l'Etat du Ceara, Nord-est du Brési, du long terme au court terme**. Université Paris-Sorbonne, PARIS IV, França, 2002 (Tese de Doutorado).

COELHO, A. L. N. 2007. **Aplicações de Geoprocessamento em Bacias de Médio e Grande Porte**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais... Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE, p. 2437-2445. Disponível http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.31.17.41/doc/2437-2445.pdf Acesso em maio de 2010.

COGERH**. Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas**. Fortaleza, 2001.

COGERH**. Canal do Trabalhador e sua Função Social ao longo dos seus 102km**. Fortaleza, 2009.

COGERH**. Revisão do plano de gerenciamento das águas das bacias metropolitanas e elaboração dos planos de gerenciamento das águas do litoral, Acaraú e Coreaú, no Estado do Ceará**. Fortaleza, 2010.

CONAMA. Resolução 001 – Define o conceito de impacto ambiental. Disponível em: <http: www.mma.gov.br/conama/resolucao001. Acesso em: 01/05/2011.

CONAMA. Resolução 303 – Define as Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http: www.mma.gov.br/conama/resolucao303. Acesso em: 01/05/2011.

CORTEZ, E. **Análise e Manejo Geoambiental das Nascentes do Alto Rio Acaraú: Serra das Matas/Ceará**. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2004. Dissertação de Mestrado.

COSTA, F.H.S; PETTA, R.A; LIMA, R.F.S; MEDEIROS, C.N. **Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas**. Revista Brasileira de Cartografia, [S.l.], v.58, n. 2, p.119-127, ago. 2008.

CPRM- **Atlas Digital de Geologia do Estado do Ceará**- 2003.

CPRM- **Atlas Digital dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará**- 1998.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.;DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T & BARBOSA, C. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CRISPIM, A.B. **Sistemas Ambientais e Vulnerabilidades ao uso da terra no vale do rio Pacoti – Ce: subsídios ao ordenamento territorial**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

CRUZ, Z.Q; RIBEIRO, G.P. Ensaios de segmentação e classificação digital de imagens cbers utilizando o sistema Spring em uma unidade de conservação ambiental estudo de caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). **Anais** do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2008.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T.(orgs) **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos.** 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil,Fapesp, 2009. p. 33-44.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Ampliação terminal pesqueiro**. Disponível em: http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/ampliacao-de-terminal-pesqueiro-esta-parada-1.77000

DIAS, M.C.O; **Manual de Impactos Ambientais**. Banco do Nordeste. Fortaleza, CE. 1999.

EMBRAPA. **Manual de classificação dos solos**. Brasília, CNPS, 1999.

ESPÍNDOLA, E.L.G.; SILVA, J.S. V.; MARINELLI, C; ABDON, M.M. **A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar**. São Carlos: Rima Editora, 2000. 188p.

ESPLAR – Centro de Pesquisa e Assessoria – **Uma Proposta Ecológica de Manejo Agroflorestal para a Caatinga-** Fortaleza - 1994.

FARIAS, J. F. ; RABELO, F. D. B. ; Magalhães, G. B. ; SILVA, E. V. ; GORAYEB, A. ; MEIRELES, A. J. A. **Proposta de Zoneamento Ambiental para o Desenvolvimento Comunitário**. In: Adryane Gorayeb; Edson Vicente da Silva. (Org.). Agroecologia e Educação Ambiental Aplicadas ao Desenvolvimento Comunitário. 1ed.Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2012, v. , p. 37-47.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996.

FERNANDES, A. **Temas fitogeográficos**. Stylus Comunições, Fortaleza, 1990, 116p.

FERREIRA, A. G. F.; MELLO, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol.1, nº 1, 2005.

FREITAS, D. **História Local e territorial do Distrito de Piranji Sua origem, sua história. In:** http://ibaretamamefazcrescer.blogspot.com.br/p/piranji.html. Acesso em: 01/07/2012.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Base de dados pluviométricos. Fortaleza: FUNCEME. Disponível em <www.funceme.br >. Acesso em 15 de janeiro de 2011.

FUNCEME. **Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará.** Funceme: 2009.

GALVANI, E. **O significado de normal climatológica e normal climatológica provisória nos estudos climáticos:** potencialidades e limitações. In: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada (palestra). Dourados: UFGD, 2011.

GONÇALVES, G.G.Gomes et al. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas: o caso da bacia do Rio Dourados-MS**. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. Anais… Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p. 422-432.

GRANJEIRO, M.M.G, **Base Conceitual da Organização Ambiental: a Bacia Hidrográfica como Categoria de Análise do Planejamento de Uso da Natureza Semi-Árida.** 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.

GRIGIO, A.M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. Dissertação (Mestrado). UFRN. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Natal/RN. 2003.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. (orgs). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

GUERRA, Antônio José Teixeira. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1987.

IBAMA. **Diagnóstico da atividade de carcinicultura do Estado do Ceará**. Relatório Técnico, 2005.

IBAMA. **Roteiro Metodológico para gestão de Áreas de Proteção Ambiental**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: IBAMA, 2001.

IBAMA. **Programa de Monitoramento do Bioma Caatinga. Ministério do Meio Ambiente**. Brasília: IBAMA, 2008.

IBGE. **Censo Demográfico 2010 (resultado preliminar)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 2008.

KAWAKUBO, Fe. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. Anais… Goiânia: INPE, 2005. p. 2203-2210.

KHATOUIAN, C.A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001.

KOBIYAMA, M; MENDONÇA, M; MORENO, D. A; MARCELINO, I.P.O; GONÇALVES, E. F ; BRAZETTI, L.L.P; GOERL, R.F; MOLLERI, G. S. F; RUDORFF, F.M . **Prevenção de desastres naturais:** Conceitos básicos. 1. ed. Curitiba: Organica Trading, 2006. v. 1.

Lei Federal Nº 9.433, de 8 de janeiro e 1997.Presidência da República, Subchefia para Assuntos Jurídicos. “Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989”.

LIMA, J.A.G. **Relação Sociedade/Natureza e Degradação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Coaçu – Região Metropolitana de Fortaleza/CE: Subsídios ao Planejamento Ambiental**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

LIMA, W. P., ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. ln: RODRIGUES, R. R.; LEITAO FILHO, H. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

LIMA,W.P. **Príncipios de Hidrologia Florestal para o Manejo de Bacias Hidrográficas.** São Paulo: Universidade de São Paulo.1968.242p.

LIMBERGER, Leila. **Abordagem sistêmica e complexidade na geografia.** Geografia - v. 15, n. 2, jul./dez. 2006

LINS-DE-BARROS, F.M. **Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Geomorfologia, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 83-90, 2005.

LORANDI,R; CANÇADO, C.J. Parâmetros físicos necessários ao gerenciamento de bacias hidrográficas. *In*: SCHIAVETTI, A. e CAMARGO, A.F.N.. **Conceitos de bacias hidrográficas**. Ilhéus, Ba: 2002. p.163-177.

MACHADO, P.J.O; TORRES, F.T.P. **Introdução à Hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MACHADO, *P. J. O.* ; *TORRES*, *F. T. P.* ; ROCHA, C. H. B. **Introdução à Hidrogeografia***.* São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. (2007). **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos – Realidade e Perspectivas para o Brasil a Partir da Experiência Francesa.** Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 688p.

MAGALHÃES, A. O. **Análise Ambiental do Alto Curso da Microbacia do Rio Batateira no Município de Crato/CE: Subsídios ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. (Dissertação de Mestrado). UFC, 2006. p. 196.

MARQUES-NETO, R. **A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação**. Geografia (Londrina), v. 17, n. 2, jul./dez, 2008.

MEIRELES, A. J. A. ; CASSOLA, R.S. ; VANINI, S. T. ; QUEIROZ, L.S. **Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, nordeste do Brasil**. Mercator (UFC), v. 12, p. 83-106, 2007.

MEIRELES, A.J.A. **Impactos ambientais em Áreas de Preservação Permanente (APP's) promovidos no campo de dunas da Taíba pela usina eólica Taíba Albatroz – Bons Ventos Geradora de Energia S/A.** Parecer Técnico, 2008.

MENDONCA, F. A. **Geografia Física:** Ciência Humana?. SAO PAULO: CONTEXTO, 1993.

MENDONCA, F. A. ; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia:** Noções básicas e climas do Brasil. 1. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007. v. 1. 208p

MENEZES, J.B. **Índice de vulnerabilidade à erosão para uma bacia na mesorregião do São Francisco Pernambucano, a partir das relações entre morfogênese e pedogênese**. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 8, n. 2, p. 45-56, 2007.

MDA. **Projetos de Reforma Ágrária Conforme Fases de Implementação**. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasília: MDA, 2011.

MONTEIRO, C. A. F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Série Climatologia**, nº1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971.

MORAGAS, W.M. **Análise dos Sistemas Ambientais do Alto Rio Claro-SW/Goiás**: Contribuição ao Planejamento e Gestão. Manejo Geoambiental. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP, Rio Claro: 2005.

MOURA, M.O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico.** (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: UFC – Programa de Pós-graduação em Geografia, 2008. 319 p.

NASCIMENTO, F. R. ; SAMPAIO, J. L. F. . Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 6 e 7, p. 167-180, 2003.

NASCIMENTO, F. R. do. **Degradação Ambiental no Nordeste Brasileiro: O contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará**. (Tese de Doutorado) UFF, 2006. p. 340.

NASCIMENTO, F. R; AIRES, R. **A análise ambiental integrada: concepção teórico-metodlógica no estudo de microbacias hidrográficas em áreas rurais do Ceará-Brasil**.. In: XV Encontro Nacional de Geógrafos - O espaço não Para. Por uma AGB em Movimento., 2008, São Paulo. Anais do XV Encontro Nacional de Geógrafos. São Paulo: Ed. da AGB, 2008.

NASCIMENTO, G.S. **As dunas do litoral leste de Aquiraz/CE: Evolução, Dinâmica e Gestão Ambiental.** (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: UFC – Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2007. 150p.

NASCIMENTO, W. M; VILLAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. Publicado na r**evista eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, n.7, maio de 2008.

NIMER. **Climatologia do Brasil**. SUPREN/IBGE, 1979

OLIVEIRA, A. M. **Crédito Fundiário e Mercado de Terras: Contrarreforma Agrária do Banco Mundial no Ceará - Brasil**. Agrária (São Paulo. Online), v. 1, p. 57-72, 2009.

OLIVEIRA, F.F.G. **Aplicação das técnicas de geoprocessamento na análise dos impactos ambientais e na determinação da vulnerabilidade ambiental no litoral sul do Rio Grande do Norte**. Universidade Programa de Pós-Graduação em Geografia. Rio Claro (2011).

OLIVEIRA, P.T.S. **Processo analítico hierárquico aplicado a vulnerabilidade natural a erosão**. Geociências, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 417-424, 2009.

PEREIRA, R.C.M; SILVA, E.V. Solos e Vegetação do Ceará: Caracterísitcas Gerais. In: SILVA, J.B; CAVALCANTE, T; DANTAS, E.W. (Org.). **Ceará:** um novo olhar geográfico. 1 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005, v. 1, p. 189-210.

PIRES J.S.R.; SANTOS, J. E. **Bacias Hidrográficas: integração entre o meio ambiente e desenvolvimento**. Revista Ciência Hoje: Águas do Brasil, má utilização e falta de planejamento. 19 (110): 40-50, 1995.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. **A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais**. In: SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A. F. M. Conceitos de Bacias Hidrográficas – Teorias e Aplicações. Ilhéus, BA: Editus, 2008.

QUEIROZ, P.H.B. **Planejamento Ambiental aplicado em um setor do médio curso do rio Pacoti – Ceará.** Programa de Pós-Gradução em Geografia, Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2010. (Dissertação de Mestrado).

ROCHA, J.S.M. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária,1997.423p.

RODRIGUES, C. e ADAMIS, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L.A.B (org). **Praticando Geografia e Análise Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

RODRIGUEZ, J. M. M. ; SILVA, E. V. ; LEAL, A. C. . Planejamento ambiental em bacias hidrográficas. In: Edson Vicente da Silva: José Manuel Mateo Roriguez; Antonio Jeovah de Andrade Meireles. (Org.). **Planejamento ambiental e bacias hidrográficas Tomo I** Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas. 1 ed. Fortaleza _ Ceará: Edições UFC, 2011, v. 1, p. 29-47.

RODRIGUEZ, J. M. M. ; SILVA, E. V. **Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável:**problemática, tendências e desafios. 1. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2009. v. 1. 241 p.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens**: Uma Visão Geossistêmica da Análise Ambiental. 1. ed. Fortaleza: Editora UFC, 2004. v. 1. 222 p.

RODRIGUEZ, J.M, M, Planejamento ambiental como campo de ação da Geografia. In: **C.B.G.5,** 1994, Curitiba, PR. Anais...Curitiba: AGB, 1994. V. 1.

_____Planejamento Ambiental: bases, conceitos, níveis e métodos. In: CAVALCANTI, A.P.B. (org). **Desenvolvimento Sustentável e Planejamento**: bases teóricas e conceituais. Fortaleza: UFC - Imprensa Universitária, 1997.

ROLIM,G.S.,SENTELHAS,P.C.,BARBIERI, V.**Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos:**normal,sequencial,de cultura e de produtividade real e potencial.Revista Brasileira de Agrometeorologia,Santa Maria,v. 6,n.1,p133-137,1998.

ROSS, J.L.S. **Ecogeografia do Brasil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

_____. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n° 8, FFLCH/USP, p. 65-76, 1994.

_____. **O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo**. *In: Revista do Departamento de Geografia – FFLCH-USP*, n° 6,São Paulo, 1992.

ROSS, J. L. S; FIERZ, M. S. M. ; AMARAL, R. **Da Ecodinâmica à Fragilidade Ambiental: subsídios ao planejamento e gestão ambiental**. In: Amália Inés Geraiges de Lemos, Jurandyr Luciano Sanches Ross, Ailton Luchiari. (Org.).

Sociedade e Meio Ambiente na América Laltina. Sociedade e Meio Ambiente na América Laltina. 1ed .São Paulo: Expressão Popular, 2008, v. 1, p. 67-84.

SALAMONI, G. **Produção familiar:** possibilidades e restrições para o desenvolvimento sustentável – o exemplo de Santa Silvana – Pelotas –RS. 2000. 331f. Tese. (Doutorado em Geografia.) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro - SP, 2008.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004 (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SANT'ANNA NETO, J.L; SILVA, A.C.; TOMMASELLI, J.T.G.; TAVARES, R. **Regime pluvial e impactos ambientais no litoral norte paulista.** In: V Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2002, Curitiba. Contribuições Científicas. Curitiba, 2002. v. 1. p. 879-886.

SANTOS, I.; VITTE, A. C. **Proposta de mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba**. In: FÓRUM GEO-BIO-HIDROLOGIA: ESTUDOS EM VERTENTES E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS. 1., *Anais...* Curitiba, 1998.

SANTOS, J.O. **Vulnerabilidade Ambiental e áreas de risco na Bacia Hidrográfica do rio Cocó – Região Metropolitana de Fortaleza** – **Ceará**. 2006. 218f.Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia), Universidade Estadual do Ceará,Fortaleza, 2006.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental : teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Texto, 2004.

SETUR. **Indicadores Turísticos 1995/2010**. Secretaria de Turismo do Ceará. Fortaleza: 2011.

SILVA, E. **Educação Ambiental e Ecoturismo: Simbiose em busca de um Desenvolvimento Sustentável**. In: MATOS, K.S.L e SAMPAIO, J.L.F (organizadores). **Educação Ambiental em tempos de semear**. Fortaleza: UFC, 2004. p.58-67.

SILVA, E. V. ; RODRIGUEZ, J. M. M. . **A Classificação das Paisagens a partir de uma Visão Geossistêmica**. Mercator, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 95-112, 2002.

SILVA, E. V. ; RODRIGUEZ, J. M. M. . Educação Ambiental como Subsidio ao Planejamento Integrado de Bacias Hidrográficas. In: MATOS, K.S.L (org). **Educação Ambiental e Sustentabilidade II**. Fortaleza: Edições UFC, 2010. p. 25-34.

SILVA, J.M.O. **Monumento Natural das Falésias de Beberibe-Ce: subsídios ao planejamento e gestão ambiental**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SOTCHAVA, V. B. **The study geosystems**. In: _____. Reports of the Institute of Geography of Siberia and the fay Eeast, special issue for the. XXIII Internacional

Geographical Congress, n. 51, p. 3-40, Irkutsk (Tradução de Carlos A. F. Monteiro e Dora. A. Romariz). Texto Básico, Distribuição Interna, USP- FFLCH-DEGEO-PPGEO, São Paulo, 1963.

SILVA, E.V. **Geoecologia da paisagem do litoral cearense:** uma abordagem ao nível de escala regional e tipológica. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998. (Tese de Professor Titular).

SILVA,T.C. da - **Metodologia dos estudos integrados para o Zoneamento Ecológico-Econômico** IBGE-DRN/BA Datilografado 1987

SOARES, A.M.L. **Zoneamento geoambiental do Município de Beberibe**. 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 1998.

SONEGATTI, O; MACHADO, G. Planejamento Ambiental: princípios e práticas. In: **XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2007, Rio Grande do Norte - RN.** XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natal: Departamento de Geografia - FFLCH - UFRN, 2007.

SOUSA, M. S. **Ceará: bases de fixação do povoamento e o crescimento das cidades**. In: SILVA, J.B; CAVALCANTE, T.C, DANTAS, E.W.C; SOUZA, M.S. (org) **Ceará: um novo olhar geográfico.** Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R. **Sub –bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 21, nº 207,Nov/dez/ 2000.

SOUZA, M. J. N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará in: LIMA, L. C. ; SOUZA, M. J. N. ; MORAES, J. O.; **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

_____. **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza: Subsídios ao Macrozoneamento Ambiental e à Revisão do Plano Diretor Participativo-PDPFor**/ Marcos José Nogueira de Souza... [et al.]. – Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009. 172 p.

SOUZA, M. J. N. **Contribuição ao estudo das unidades morfo-estruturais do Estado do Ceará**. Rev. Geológica, Fortaleza, nº 1671, 1988.

SOUZA, M. J. N. Geomorfologia do Vale do Choró-Ce. USP-Instituto de Geografia. **Série Teses e Monografia** (16), São Paulo, 1975.

SPÖRL, C. **Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FFLCH – USP, 2007.

SRH. **Eixão das águas**. In: http://portal.cogerh.com.br/noticias/presidente-da-cogerh-visita-eixao-das-aguas. Acesso em: 10/08/2012.

STRAHLER, A.N.**Physical Geografhy**. New York, Wiley, 1951.

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. **A natureza da Geografia Física na Geografia**. **Terra Livre –** Revista da Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2003.

TAGLIANI, C.R. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações**. In: XI SBRS, Belo Horizonte, MG, Anais. p. 1657-1664, 2003.

TEIXEIRA, F. J. C. Modelos de Gerenciamento de Recursos Hídricos: análises e propostas de aperfeiçoamento do sistema do Ceará. **Série Água Brasil 6.** Banco Mundial/Ministério da Integração Nacional/Brasil. 2004.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B**. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista UNIARA,2007, n. 20, p. 137 – 156.

THORNTHWAITE, C.W. ; MATHER, J.R.. **The water balance. Publications in Climatology.** Centerton, New Jersey v. VIII, p1, 1955.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TRATA BRASIL
TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE,1977.

TROPPMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator- Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, ano 5, n. 10, 2008.

UVO, C. R. B.; R. BERNDTSSON. Regionalization and Spatial Properties of Ceará State Rainfall in Northeast Brazil. **J. Geoph. Res**., v. 101, nº 2, p.4221-4233. 1996.

VICENTE, L.E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. **Geografia**. Rio Claro: v. 28, n. 3, p. 345-362, set./dez., 2003.

VIDAL, M.R. **Proposta de Gestão Ambiental para a RESEX do Batoque**. Programa de Pós-Gradução em Geografia, Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2006. (Dissertação de Mestrado).

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, J. B. da.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS. E. W. (orgs.) **Ceará: um novo olhar geográfico.** Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

ZAVOIANU, I. **Morphometry of drainage basins**. Amsterdam: Elsevier, 1985.