



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**CENTRO DE CIÊNCIAS**

**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

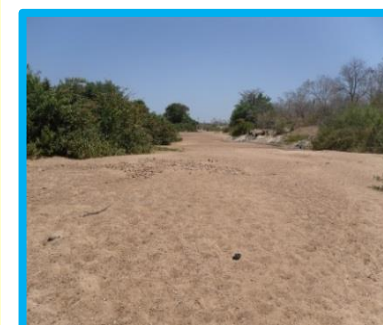
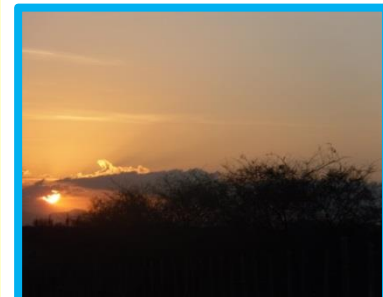


**RONALDO MENDES LOURENÇO**

**DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA COMO APORTE  
PARA A ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO NO MÉDIO CURSO DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACATIAÇU (CE) – BRASIL**

**FORTALEZA – CEARÁ**

**2013**



RONALDO MENDES LOURENÇO

DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA COMO APORTE PARA A ANÁLISE  
DA DEGRADAÇÃO NO MÉDIO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
ARACATIAÇU (CE) – BRASIL

Dissertação de Mestrado submetida à  
Coordenação do Programa de Pós-Graduação  
em Geografia, da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial exigido para a  
obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Celina Linhares  
Sales.

Área de Concentração: Dinâmica Ambiental e  
Territorial do Nordeste Semiárido.

Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade  
no Semiárido.

Fortaleza – Ceará

2013

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

- 
- L936d Lourenço, Ronaldo Mendes.  
Diagnóstico físico-conservacionista como aporte para a análise da degradação no médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio Aracatiaçu (CE) – Brasil / Ronaldo Mendes Lourenço. – 2013.  
179 f.: il. enc.; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2013.  
Área de Concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial do Nordeste Semi-Árido.  
Orientação: Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales.
1. Bacias hidrográficas. 2. Degradação ambiental. 3. Diagnóstico físico-conservacionista. I. Título.

---

CDD 910

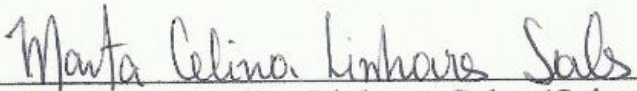
RONALDO MENDES LOURENÇO

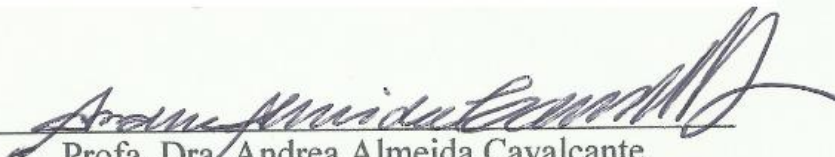
DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA COMO APORTE PARA A ANÁLISE  
DA DEGRADAÇÃO NO MÉDIO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
ARACATIAÇU (CE) – BRASIL


Dissertação submetida à Coordenação do curso de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Aprovada em 25/07/2013.

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Marta Celina Linhares Sales (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará - (UFC)  
Departamento de Geografia

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Andrea Almeida Cavalcante  
Universidade Estadual do Ceará - (UECE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ernane Cortez Lima  
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UEVA)

## **DEDICATÓRIA**

*A minha Família e as pessoas que fazem parte da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre me iluminou e abriu todos os caminhos que até hoje percorri.

Aos meus pais, José Edmar Lourenço e Rosiana Mendes Lourenço, que me educaram e ensinaram a viver a vida com responsabilidade.

Ao meu irmão, Gustavo Mendes Lourenço, que me inspira com a sua inteligência, seu gênio forte e personalidade.

A Cícero Anastácio Araújo de Miranda, a quem tanto admiro por sua inteligência, história de vida, companheirismo, afeto, contribuições, apoio e importância em minha caminhada na busca de ser um pessoa melhor para o mundo.

A todos os meus familiares, em especial à Edfrance Linhares, que me ajudou a dar importância aos meus estudos e me incentivou a alcançar voos maiores no mundo do conhecimento.

À minha orientadora, Marta Celina Linhares Sales, pelo apoio e acompanhamento desde o período da graduação, que sempre esteve presente incentivando-me e ensinando-me a ser um apaixonado pela ciência geográfica. Obrigado pelas brincadeiras, amizade, respeito e paciência.

Ao professor José Gerardo Beserra Oliveira, pelo apoio e por disponibilizar o Laboratório de Zoneamento Ecológico e seus equipamentos.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET) do curso de Geografia da Universidade Federal do Ceará, que colaborou academicamente para o meu crescimento, enquanto pesquisador e ser humano, durante os três anos em que fui integrante do grupo. Particularmente, as professoras Maria Elisa Zanella, Maria Clélia Lustosa Costa e Alexandra Maria de Oliveira que contribuíram para a minha formação enquanto docente-pesquisador.

Ao grande irmão, Felipe da Rocha Borges, pelos ensinamentos na área cartográfica, pelas contribuições diretas na pesquisa e por suas palavras de encorajamento e de descontração. Agradeço por sua amizade.

A amiga, Juliana Felipe Farias, pelos diálogos, amizade e companheirismo que tanto ajudaram durante toda essa caminhada.

A Andrea Bezerra Crispim, por todas as discussões geográficas e pelos ensinamentos de como realizar uma boa pesquisa. Obrigado por sua amizade, carinho, paciência e disponibilidade.

A Camila de Freitas Câmara, minha grande companheira da vida acadêmica e pessoal. Agradeço a você por dividir as angústias e conquistas, por sua amizade verdadeira e sincera, e por você fazer parte de minha vida.

A Carolina Magalhães, por todo companheirismo, afeto, amizade e lealdade.

Ao amigo João Luís Sampaio, pelos diálogos, contribuições e por escutar e esclarecer as minhas dúvidas sobre geoprocessamento.

A turma 2007.1 (Baluartes da Geografia), em especial a Marcos Xavier, Otávio Landim, Camila Meneses, Rachel Araújo, Frabécio Andrade, Davy Rabelo, Rodolfo Gois, Eciane Soares, Tâmara Kaline, Gisela Parente e Emanuel Bezerra, participantes da minha história

acadêmica, que ao longo desses anos fomos construindo uma história de amizade, conquistas e alegrias.

À Alessandra Bezerra da Rocha, pelas discussões, contribuições e grande ajuda na pesquisa.

A todos os docentes do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, em especial aos professores Edson Vicente da Silva e Christian Dennys Monteiro de Oliveira pelas contribuições ao longo da minha graduação.

Em especial, ao amigo Francisco Lucas Pinto e a amiga Maria Assunção Oliveira Pinto, pelo imenso apoio, receptividade, atenção e disposição em colaborar com a construção desta pesquisa.

Ao Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH), onde pude iniciar minha vida acadêmica, e aos colegas que fazem parte dele.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento em Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro no período da pesquisa.

A todos que colaboraram de alguma forma, com a pesquisa.

*“O olhar do geógrafo está em constante construção, em amadurecimento, tal qual a formação do sujeito, é algo a ser reinventado, é a constante interpretação do mundo, é aceitar a mudança de pontos de vista.”*

(Aziz Ab’Saber)



## RESUMO

A bacia do rio Aracatiaçu possui uma abrangência de 3.512,121 km<sup>2</sup> nascendo próximo das serras de Santa Luzia e Tamanduá, no município de Sobral, região centro-norte do Estado do Ceará, sendo que 1.440, 13 km<sup>2</sup> correspondem ao setor do médio curso do rio, objeto de estudo desta pesquisa. As formas insustentáveis de utilização dos recursos naturais na região da bacia vêm ocasionando à degradação ambiental, devido, principalmente, ao uso inadequado do solo, tendo como consequência a supressão da vegetação associada ao desencadeamento de processos erosivos. Nesse sentido, o presente estudo visa analisar o processo de degradação ambiental no médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu, por meio do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC). A metodologia aplicada contemplou a análise dos parâmetros naturais como: o Índice Climático (IC), Erosividade da Chuva (R), Erodibilidade dos Solos (K), Declividade Média (DM), Densidade de Drenagem (DD) e o Índice de Cobertura Vegetal (ICV). O resultado desta análise está expresso em uma fórmula descritiva, que evidencia o grau de deterioração e/ou conservação dos recursos naturais nos setores da bacia. As informações foram complementadas por meio de análises de cobertura e uso do solo entre os anos de 1981 e 2009, como forma de mostrar as transformações motivadas pela ação do homem e, conseqüentemente, o aumento da degradação. A partir dos resultados encontrados, observa-se que o processo de deterioração ambiental no âmbito da bacia vem evoluindo ao longo dos anos analisados, destacando-se o setor A com o maior índice de degradação (41,4%), seguido do setor B (33,3%) e do setor C (32,9%) que mesmo com o menor índice foi o que apresentou a maior variação no aumento do processo de degradação física da área, entre os anos de 1981 e 2009. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de diretrizes e ações que visem à mitigação e combate aos processos de deterioração ambiental, sendo este efetivado a partir da junção das comunidades inseridas no contexto da bacia com o poder público e as universidades.

Palavras-chave: Degradação Ambiental; Abordagem Sistêmica; Diagnóstico Físico-Conservacionista; Bacia Hidrográfica; Semiárido.

## RESUMEN

La cuenca del río Aracatiaçu posee 3.512,121 km<sup>2</sup> nasciendo cerca de las sierras de Santa Luzia y Tamanduá, en el municipio de Sobral, región centro norte del estado de Ceará, de esta parte 1.440, 13 km<sup>2</sup> corresponden al sector del medio curso del río, objeto de estudio de esta investigación. Las formas insostenibles de utilización de los recursos naturales en la región de la bacía han causado la degradación ambiental, debido, principalmente, al uso inadecuado del suelo, lo que, como consecuencia, llevó a la supresión de la vegetación asociada al desencadenamiento de los procesos erosivos. En este sentido, este estudio visa analizar el proceso de degradación ambiental en el medio curso de la cuenca hidrográfica del río Aracatiaçu, a través del Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC). La metodología aplicada contempló el análisis de los parámetros naturales como: Índice Climático (IC), Erosividad de la Lluvia (R), Erodibilidad de Suelos (K), Declividad Media (DM), Densidad de Drenaje (DD) y Índice de Cobertura Vegetal (ICV). El resultado de dicho análisis está expreso en una fórmula descriptiva, que evidencia el grado de deterioración y/o conservación de los recursos naturales en los sectores de la cuenca. Las informaciones fueron complementadas por medio de análisis de cobertura y uso del suelo entre los años de 1981 y 2009, como formas de mostrar las transformaciones motivadas por la acción del hombre y, consecuentemente, el aumento de degradación. A partir de los resultados encontrados, se observa que el proceso de deterioración ambiental en el ámbito de la cuenca ha evolucionado a lo largo de los años analizados, en el que se destaca el sector A con el mayor índice de degradación (41,4%), seguido del sector B (33,3%) y del sector C (32,9%) que, aunque con el menor índice, fue el que presentó la mayor variación del aumento del proceso de degradación física del área, entre los años de 1981 y 2009. Así que, se hace necesario el desarrollo de directrices y acciones que visen la mitigación y el combate a los procesos de deterioración ambiental, siendo este efectuado a partir de la junción de las comunidades insertas en el contexto de la cuenca con el poder público y las universidades.

Palabras-clave: Degradación Ambiental; Abordaje Sistémico; Diagnóstico Físico-Conservacionista; Cuenca Hidrográfica; Semiárido.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Localização geográfica dos postos pluviométricos no médio curso do rio Aracatiaçu	64
Figura 02	Etapas do diagnóstico ambiental	91
Figura 03	Maciço residual em depressão sertaneja	99
Figura 04	Perfil topográfico longitudinal do setor A do médio curso do rio Aracatiaçu	100
Figura 05	Perfil topográfico longitudinal do setor B do médio curso do rio Aracatiaçu	101
Figura 06	Perfil topográfico longitudinal do setor C do médio curso do rio Aracatiaçu	102
Figura 07	Açude São Pedro da Timbaúba	108
Figura 08	Açude Patos	108
Figura 09	Açude Aracatiaçu	108
Figura 10	Açude Missi	108
Figura 11	Barragem Cumbuco	108
Figura 12	Poço situado em um afluente do rio Aracatiaçu	110
Figura 13	Cisterna de placa na Agrovila do Açude Missi	111
Figura 14	Prática extrativista da fibra da carnaúba	113
Figura 15	Neossolo litólico com afloramentos rochosos	115
Figura 16	Pecuária extensiva na região de planossolos	116
Figura 17	Estratos diferenciados de Caatinga arbustiva	118
Figura 18	Criação de ovinos em propriedades rurais do município	131
Figura 19	Extratativismo da fibra da carnaúba	133
Figura 20	Usos no açude São Pedro da Timbaúba	134
Figura 21	Agrovila do Açude Missi	136
Figura 22	Lixão destinado aos resíduos sólidos no município de Miraíma	138
Figura 23	Setorização do médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu	141
Figura 24	Práticas extrativistas e supressão da mata ciliar no setor A	160
Figura 25	Processo de degradação ambiental acentuado no setor B do médio curso	161
Figura 26	Setores do médio curso representados pelos resultados da fórmula descritiva	163
Figura 27	Avanço do desmatamento no setor C do médio curso da bacia.	176

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	Balanço hídrico do médio curso do rio Aracatiaçu	68
Gráfico 02	Evolução quantitativa da população em zona rural e urbana	127
Gráfico 03	Percentual dos setores do médio curso da bacia	142
Gráfico 04	Valores de erosividade (R) dos setores	147
Gráfico 05	Erodibilidade dos solos (K) dos setores do médio curso	151
Gráfico 06	Unidades de Risco de degradação física dos setores do médio curso em 1981	166
Gráfico 07	Unidades Risco de degradação física dos setores do médio curso em 2009	167

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Conceituações sobre bacia hidrográfica	33
Quadro 02	Parâmetros observados para a realização do diagnóstico físico-conservacionista	53
Quadro 03	Diagnósticos para o estudo integral da bacia hidrográfica	55
Quadro 04	Adaptações da fórmula descritiva final do DFC	58
Quadro 05	Tipos de clima em razão do índice efetivo de umidade (Im)	69
Quadro 06	Índices de aridez (Ia) para diferentes classificações climáticas	69
Quadro 07	Intervalos de índice climático (IC) com respectivas classes e índices	70
Quadro 08	Intervalos de (R) com índices e classes correspondentes	74
Quadro 09	Intervalos de (K) com respectivas classes e índices para a fórmula descritiva	76
Quadro 10	Classes de relevo e índices para o parâmetro DM	78
Quadro 11	Classificação dos valores de densidade de drenagem com respectivos índices	80
Quadro 12	Classes de cobertura vegetal e índice (ICV)	83
Quadro 13	Material cartográfico e sensores remotos utilizados na pesquisa	87
Quadro 14	Síntese das características geológicas e geomorfológicas do médio curso	99
Quadro 15	Número de poços por municípios	109
Quadro 16	Cisternas construídas pela ASA nos municípios do médio curso	111
Quadro 17	Associações de solos identificadas no médio curso do rio Aracatiaçu	112
Quadro 18	Equação da reta para a fórmula descritiva	165
Quadro 19	Propostas para a gestão ambiental e planejamento do médio curso do rio Aracatiaçu	173

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Postos pluviométricos selecionados para esta pesquisa	64
Tabela 02	Precipitação média mensal entre os anos de 1988 e 2012	65
Tabela 03	Temperatura média mensal da série histórica dos postos pluviométricos	67
Tabela 04	Síntese dos resultados do balanço hídrico para cada posto pluviométrico	67
Tabela 05	Distribuição evolutiva da população no município de Miraíma	126
Tabela 06	Indicadores demográficos no município de Miraíma	126
Tabela 07	Domicílios particulares no município de Miraíma em zona urbana e rural	127
Tabela 08	Lavoura permanente no município de Miraíma em 2004	129
Tabela 09	Lavoura permanente no município de Miraíma em 2009	129
Tabela 10	Lavouras temporárias no município de Miraíma em 2004	129
Tabela 11	Lavouras temporárias no município de Miraíma em 2009	129
Tabela 12	Pecuária no município de Miraíma em 2004 e 2011	131
Tabela 13	Extração vegetal e Silvicultura no município de Miraíma em 2004	132
Tabela 14	Extração vegetal e Silvicultura no município de Miraíma em 2009	132
Tabela 15	Domicílios particulares permanentes segundo as formas de abastecimento de água (2000-2010)	136
Tabela 16	Tratamento de água no município de Miraíma	137
Tabela 17	Tipo de esgotamento sanitário no município de Miraíma	137
Tabela 18	Tipo de destino/coleta dado ao lixo no município de Miraíma	139
Tabela 19	Índices climáticos obtidos pelo método de Thornthwaite e Mather (1957)	144
Tabela 20	Média ponderada do índice de severidade do clima dos setores do médio curso	144
Tabela 21	Erosividade da chuva (R) mensal e anual referente aos postos pluviométricos do médio curso	145
Tabela 22	Erosividade dos setores do médio curso e índices para a fórmula descritiva	145
Tabela 23	Valores de erodibilidade das associações de solos do médio curso	147
Tabela 24	Classes de erodibilidade e índices K para as associações de solos do	148

	médio curso	
Tabela 25	Erodibilidade de solos (K) por setor com os índices para fórmula descritiva	149
Tabela 26	Índice de declividade média (DM) dos setores do médio curso	153
Tabela 27	Densidade de drenagem dos setores do médio curso	154
Tabela 28	Classes de densidade de drenagem dos setores do médio curso e índice DD para a fórmula descritiva final	154
Tabela 29	Índice de cobertura vegetal (ICV) dos setores do médio curso em 1981	157
Tabela 30	Índice de cobertura vegetal (ICV) dos setores do médio curso em 2009	157
Tabela 31	Somatório dos índices obtidos nos parâmetros	162
Tabela 32	Índice de degradação física dos setores do médio curso entre os anos de 1981 e 2009	165
Tabela 33	Cobertura e uso do solo por Km <sup>2</sup> dos setores do médio curso em 1981	170
Tabela 34	Cobertura e uso do solo por Km <sup>2</sup> dos setores do médio curso em 2009	170

## **LISTA DE FLUXOGRAMAS**

Fluxograma 01	Roteiro das etapas metodológicas e operacionais da pesquisa	84, 85
---------------	---	--------



## LISTA DE MAPAS

Mapa 01	Básico do Médio Curso do Rio Aracatiaçu	28
Mapa 02	Geologia do Médio Curso do Rio Aracatiaçu	95
Mapa 03	Geomorfologia do Médio Curso do Rio Aracatiaçu	97
Mapa 04	Hipsometria do Médio Curso do Rio Aracatiaçu	98
Mapa 05	Associações de Solos do Médio Curso do Rio Aracatiaçu	114
Mapa 06	Básico do Município de Miraíma	122
Mapa 07	Severidade do Clima do Médio Curso do Rio Aracatiaçu	142
Mapa 08	Erosividade da Chuva (R) do Médio Curso do Rio Aracatiaçu	146
Mapa 09	Erodibilidade dos Solos (K) do Médio Curso do Rio Aracatiaçu	150
Mapa 10	Classes de Relevo e Declividade do Médio Curso do Rio Aracatiaçu	152
Mapa 11	Hierarquia Fluvial do Médio Curso do Rio Aracatiaçu	155
Mapa 12	Índice de Cobertura Vegetal (ICV) do Médio Curso do Rio Aracatiaçu em 1981 e 2009	158
Mapa 13	Cobertura e Uso do Solo do Médio Curso do Rio Aracatiaçu em 1981 e 2009	171

## LISTA DE SIGLAS

ARM	Armazenamento de Água no Solo
ASA	Articulação do Semiárido
ASD	Áreas Susceptíveis à Desertificação
BH	Bacia Hidrográfica
CA	Corrente Alternada
CA	Cobertura Vegetal Atual
CBH	Comitês de Bacias Hidrográficas
CBH	Gerenciamento de Bacia Hidrográfica
CCD	Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
CIDIAT	Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente
CO	Cobertura Vegetal Original
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DA	Diagnóstico Recurso Água
DCA	Diagnóstico da Contaminação Ambiental
DD	Densidade de Drenagem
DEF	Deficiência Hídrica
DF	Diagnóstico Recurso Fauna
DFC	Diagnóstico Físico-Conservacionista
DIBH	Diagnóstico Integral da Bacia
DM	Declividade Média
DS	Diagnóstico Recurso Solo
DSE	Diagnóstico Socioeconômico
DV	Diagnóstico Recurso Vegetação
EDA	Estado de Degradação Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOS	Eventos El Niño-Oscilação Sul
ETP	Evapotranspiração Potencial
ETR	Evapotranspiração Real

EUPS	Equação Universal de Perdas de Solo
EXC	Excedente Hídrico
FECOP	Fundo de Combate à Pobreza
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice Climático
ICV	Índice de Cobertura Vegetal
IM	Índice Efetivo de Umidade
IMA	Índice Municipal de Alerta
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IUCN	International Union For The Conservation of Nature
K	Erodibilidade dos Solos
LAGEPLAN	Laboratório de Geoecologia da paisagem e Planejamento Regional
LCGRH	Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos
LI	Linhas de Instabilidade
MARNR	Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
MMS	Complexos Convectivos de Mesoescala
MS	Meses Secos
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Precipitação
PAE-CE	Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PAN	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PE	Potencial Erosivo dos Solos
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
PLANERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNM	Pressão do Nível do Mar
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas.
R	Erosividade da Chuva

REM	Radiação Eletromagnética
SIAB	Sistema de Informação de Atenção Básica
SIGERH	Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos
SIGs	Sistema de Informações Geográficas
SIRH	Sistema de Informações dos Recursos Hídricos do Ceará
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SOHIDRA	Superintendência de Obras Hidráulicas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SUDAM	Superintendência de Desenvolvimento para a Amazônia
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento para o Nordeste
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UEVA	Universidade Estadual Vale do Acaraú
UFC	Universidade Federal do Ceará
VCAS	Vórtices Ciclônicos de Ar Superior
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	24
1.1	Localização da Área de Pesquisa	27
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	29
2.1	Análise Sistêmica em Bacia Hidrográfica	29
2.2	Discussões sobre a Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil e no Ceará	37
2.3	A Região Semiárida em Perspectiva: entre os caminhos da Seca e da Caatinga	42
2.4	O Fenômeno da Desertificação e a Busca pela Sustentabilidade no Semiárido	45
<b>3</b>	<b>BASES METODOLÓGICAS PARA O ESTUDO</b>	53
3.1	Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) Voltado para o Estudo de Bacias Hidrográficas	53
3.2	Fórmula Descritiva	56
3.3	Adaptações da Fórmula Descritiva Final para o Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC)	58
3.4	Geoprocessamento Aplicado ao Diagnóstico do Meio Físico	60
3.5	Bases para a Determinação dos Parâmetros do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC)	62
3.5.1	Determinação do Parâmetro Índice Climático (IC)	62
3.5.1.1	Balanço Hídrico	65
3.5.1.2	Índices Climáticos	68
3.5.2	Determinação do Parâmetro Erosividade da Chuva (R)	70
3.5.2.1	A Relação Solo e Erosão Hídrica	71
3.5.3	Determinação do Parâmetro Erodibilidade dos Solos (K)	74
3.5.4	Determinação do Parâmetro Declividade Média (DM)	77
3.5.5	Determinação do Parâmetro Densidade de Drenagem (DD)	78
3.5.6	Determinação do Parâmetro Índice de Cobertura Vegetal (ICV)	80
3.6	Procedimentos Técnicos-Operacionais	83
3.6.1	Fase de Organização e Inventário	86
3.6.2	Fase de Análises	87
3.6.3	Fase de Diagnóstico	90
3.6.4	Fase Propositiva	92

<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA BACIA DO RIO ARACATIAÇU</b>	<b>93</b>
4.1	Características Geológicas/Geomorfológicas	93
4.2	Características Hidrogeológicas	103
4.3	Características Climáticas e Recursos Hídricos	103
4.4	Características Pedológicas	111
4.5	Características Fitoecológicas	116
<b>5</b>	<b>DINÂMICA SOCIOECONÔMICA DO MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO ARACATIAÇU – O SERTÃO DE MIRAÍMA</b>	<b>121</b>
5.1	O Sertão de Miraíma: cenários e perspectivas	121
5.2	Características Econômicas Predominantes em Miraíma	128
5.3	As Águas do Aracatiaçu: a vivência com o rio e o contexto ambiental no Município	133
<b>6</b>	<b>DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC) NO MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO ARACATIAÇU</b>	<b>140</b>
6.1	Setorização do Médio Curso	140
6.2	Índice Climático (IC) do Médio Curso	142
6.3	Erosividade da Chuva (R) no Médio Curso	144
6.4	Erodibilidade dos Solos (K) do Médio Curso	147
6.5	Declividade Média (DM) do Médio Curso	151
6.6	Densidade de Drenagem (DD) no Médio Curso	153
6.7	Índice de Cobertura Vegetal (ICV) do Médio Curso	156
<b>7</b>	<b>AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO NO MÉDIO CURSO DO RIO ARACATIAÇU</b>	<b>162</b>
7.1	Fórmula Descritiva Final	162
7.2	Valor do Estado de Degradação Ambiental do Médio Curso	164
7.3	Resultados Alcançados pelo Diagnóstico Físico-Conservacionista no Médio Curso	167
7.4	Cobertura e Uso do Solo no Médio Curso do Rio Aracatiaçu	169
7.4.1	Análise da Cobertura do Solo no Médio Curso do Rio Aracatiaçu entre os anos de 1981 e 2009	169
7.5	Proposta para a Gestão Ambiental e o Planejamento: desafios para a sustentabilidade dos recursos naturais no médio curso	172

<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	175
	<b>REFERÊNCIAS</b>	178

## 1. INTRODUÇÃO

---

*“(...) Desculpe eu pedir a toda hora pra chegar o inverno, Desculpe eu pedir para acabar com o inferno, Que sempre queimou o meu Ceará.”.*  
(Luis Gonzaga – Súplica Cearense)

A compreensão, nas últimas décadas, da relação dialética entre sociedade-natureza favorece uma maior percepção dos desequilíbrios socioambientais causados nos sistemas ambientais, principalmente, quando afetam a qualidade de vida das populações. A pressão do homem sobre áreas consideradas frágeis ou geologicamente vulneráveis, como é o caso de regiões semiáridas, tem promovido o desencadeamento de problemáticas que interferem na qualidade socioambiental de diferentes paisagens.

Entender o contexto ambiental nordestino e, particularmente, o cearense, é defrontar-se com questões que estão ligadas a uma estrutura ambiental, socioeconômica e política em crise. Afirma-se isso, uma vez que se tem o fundamento histórico dessa região marcada pela: i) exploração insustentável dos recursos naturais; ii) concentração de terras e do esquecimento das populações sertanejas, que sofrem com o ciclo de miséria, fome e seca; iii) a falta de políticas públicas voltadas para populações em situação de vulnerabilidade ambiental e socioeconômica; e iv) de ações que visem à convivência sustentável do homem com os geoambientes.

Tratando-se desse contexto, observa-se que ainda estamos em processo de construção, em nosso país, de ações que visem o combate e a mitigação dos efeitos da degradação ambiental que se espraia dos sertões adentro, devido ao uso e manejo inadequado que o homem vem realizando com os recursos naturais. Crispim (2011) enfatiza que essas áreas carecem de políticas ambientais conservacionistas que considerem a capacidade de suporte dos ambientes naturais, o que passa a causar desequilíbrios nos sistemas ambientais, sendo as questões dirigidas à implementação dessas políticas um desafio.

Diante do exposto, diversos são os estudos direcionados para o entendimento dessas questões. E, neste contexto, umas das unidades que mais ganharam destaque nos últimos anos, como ambientes em que a viabilização do planejamento e da gestão ambiental podem ser aplicados, foram as bacias hidrográficas que se enquadram, conforme Gorayeb (2008) e Leal (2012), como uma unidade geográfica fundamental para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o planejamento ambiental, como o estabelecido na Lei Federal 9.433/1997 e em legislações estaduais.

Tendo em vista, o reconhecimento da bacia hidrográfica como unidade espacial eficaz para subsidiar a elaboração de ações de planejamento e gestão ambiental, destaca-se o



médio curso da bacia do rio Aracatiaçu, que sofre com processos de degradação que alteram gradativamente as condições ambientais, especificamente em relação a solos, vegetação e recursos hídricos. Nesse sentido, a ação antropogênica vem interferindo na dinâmica natural dos sistemas ambientais, e entre as problemáticas mais comuns, destacam-se o assoreamento dos canais fluviais, o desmatamento da mata ciliar associado à prática das queimadas, o agroextrativismo indiscriminado com extração de carnaúbas e culturas de vazante, sobrepastoreio, paisagens com marcas configuradas da desertificação, entre outros.

A partir dessa situação, compreende-se que a realização desse estudo de caráter integrador visando o diagnóstico do meio físico como também um socioeconômico, servirá para estabelecer o ordenamento espacial e ambiental das atividades humanas e dos recursos naturais renováveis no médio curso da bacia. Além de viabilizar a gestão adequada dos recursos hídricos e de proporcionar o desenvolvimento de diretrizes para o desenvolvimento sustentável.

É importante ressaltar a validade de estudos mais detalhados dessa área, tais como trabalhos que realizem um levantamento dos recursos e potencialidades naturais dos municípios que estão inseridos no médio curso da bacia do Aracatiaçu, uma vez que os sujeitos sociais interferem na produção do espaço, gerando o debate sobre planejamento e gestão ambiental com o poder público junto à comunidade que habita a região estudada. Enfim, acredita-se que a abordagem sistêmica aliada ao diagnóstico físico-conservacionista e socioeconômico são eficazes, já que fornecem indicativos concretos para o manejo racional dos recursos naturais renováveis no médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu, com fins a sua preservação, além de subsidiar no combate e mitigação da degradação ambiental, assumindo um papel essencial na garantia do planejamento ambiental e desenvolvimento sustentável.

Portanto, o presente estudo teve como objetivo geral realizar um diagnóstico físico-conservacionista do médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu, com vistas à criação de um índice do estado de degradação física que possa subsidiar a gestão ambiental e o planejamento da região estudada.

Os objetivos específicos serão tratados no sentido de:

- Elaborar um Diagnóstico Físico Conservacionista – DFC do médio curso do rio Aracatiaçu;
- Elaborar um Diagnóstico Socioeconômico do município de Miraíma;

- Analisar o processo de degradação ambiental fazendo uma discussão sobre gestão, planejamento e desenvolvimento sustentável;
- Identificar as atuais condições de uso e ocupação da terra que evidenciam os indicativos do grau de conservação e/ou de degradação dos recursos naturais;
- Apresentar propostas como subsidio a gestão ambiental e a implementação do desenvolvimento sustentável;

O resultado do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) do médio curso do rio Aracatiaçu compõe um dos principais instrumentos para o desenvolvimento de práticas e ações que visem à preservação, a conservação e a recuperação de áreas degradadas evidentes na região estudada, como também fornece indicativos consideráveis para o estabelecimentos de diretrizes para o planejamento ambiental com fins sustentáveis.

No Capítulo 01 – **Introdução** – realiza-se uma discussão inicial sobre as questões relacionadas à temática abordada na pesquisa e na área de estudo.

No Capítulo 02 – **Fundamentação Teórica** – discutem-se temáticas que fundamentaram e consolidaram a interface teoria e prática, tais como: análise sistêmica em bacia hidrográfica, gestão de recursos hídricos no Brasil e no Ceará e o contexto da região semiárida, a partir do enfoque da problemática da desertificação e da busca pela sustentabilidade no semiárido.

No Capítulo 03 – **Bases Metodológicas para o Estudo** – explana-se a metodologia trabalhada no desenvolvimento da pesquisa baseada na concepção sistêmica e no Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC).

O Capítulo 04 – **Caracterização do Meio Físico da Bacia do Rio Aracatiaçu** – traz a estruturação geográfica da área de estudo, caracterizando os seus componentes geoambientais e suas interações com o ambiente. Esses componentes foram analisados sob a perspectiva da análise integrada e sistêmica relacionando os aspectos geológicos, geomorfológicos, Hidrogeológicos, Climáticos, hídricos, pedológicos e fitoecológicos, apresentando o estado e as principais características de cada um e seu dinamismo.

O Capítulo 05 – **Dinâmica Socioeconômica do Médio Curso da Bacia do Rio Aracatiaçu – O Sertão de Miraíma** – traz um diagnóstico socioeconômico do município de Miraíma, escolhido para a efetivação dessa caracterização por está totalmente inserido dentro do médio curso do rio. Foram discutidos dados que se evidencia a realidade da dinâmica do município e o processo de utilização dos recursos naturais.

No Capítulo 06 – **Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) no Médio Curso da Bacia do Rio Aracatiaçu** – foram escolhidos os parâmetros proposto pela metodologia do DFC com algumas adaptações – Índice Climático (IC), Erosividade (R), Erodibilidade (K), Declividade Média (DM), Densidade de Drenagem (DD) e Índice de Cobertura Vegetal (ICV).

O Capítulo 07 – **Avaliação da Degradação na Bacia do Médio Curso do Rio Aracatiaçu** – traz as análises e a integração das informações obtidas, a partir dos resultados evidenciados na aplicação de cada parâmetro com os seus respectivos índices da fórmula descritiva, o que permitirá uma análise qualitativa quanto ao nível de degradação física dos recursos naturais do médio curso da bacia, além das considerações finais.

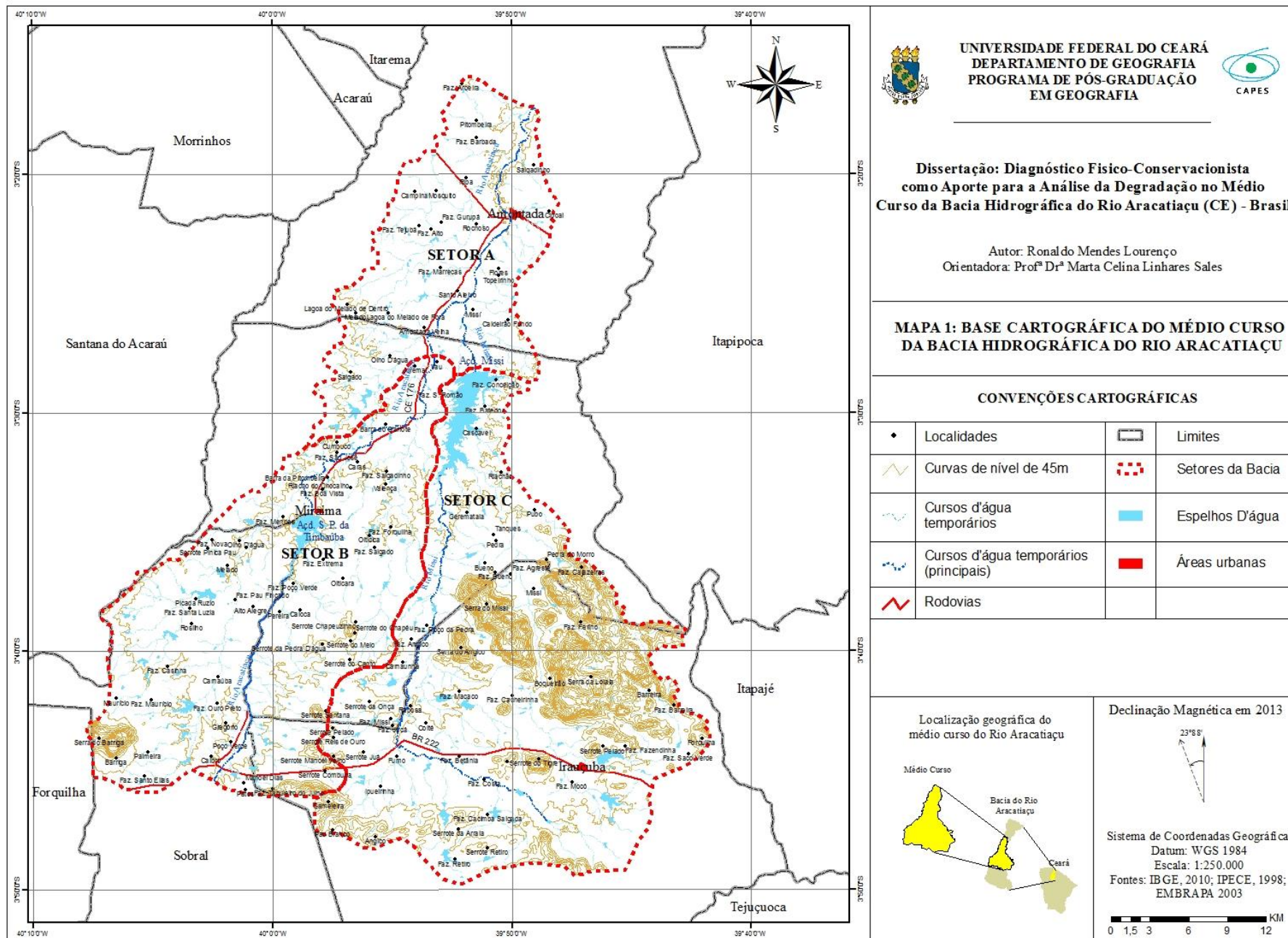
E o Capítulo 08 – **Considerações Finais** – ressalta a relevância deste estudo para o melhor entendimento da degradação ambiental em bacias hidrográficas semiáridas, destacando a utilização do DFC como um importante instrumento na avaliação da degradação dos recursos naturais renováveis.

### **1.1. Localização da Área de Pesquisa**

A bacia do rio Aracatiaçu possui uma abrangência de 3.512,121 km<sup>2</sup> nascendo próximo das serras de Santa Luzia e Tamanduá, no município de Sobral, região centro-norte do estado do Ceará, sendo que 1.440, 13 km<sup>2</sup> correspondem a médio curso do rio, objeto de estudo desta pesquisa. O tributário principal se estende por 181 km até chegar a sua foz, sendo que 60 km desse equivale ao alto curso; 68 km ao médio curso e 53 km ao baixo curso. O rio tem direção predominante no sentido sudeste-nordeste, apresentando características de drenagem intermitente sazonal exorréica (o rio deságua no oceano Atlântico na divisa de Itarema com Amontada). Podem-se citar dois afluentes que merecem destaque: o rio Missi, pela margem direita; e o rio Pajé pela margem esquerda. A bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu engloba os municípios de Amontada (médio e baixo curso), Irauçuba (alto e médio curso), Itapipoca (baixo curso), Itarema (baixo), Miraíma (médio e Alto) e Sobral (médio e alto curso).

A região do médio curso do rio Aracatiaçu está totalmente inserida nos territórios dos municípios de Sobral, Irauçuba, Miraíma e Amontada, como se pode observar no mapa 01. Para a delimitação e setorização do médio curso utilizou-se informações hipsométricas, os divisores d'água e a disposição dos canais fluviais, obtendo como produto final a divisão da bacia em três sub-bacias ou setores A, B e C.

Mapa 01 – Básico do Médio Curso do Rio Aracatiçu.



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



Dissertação: Diagnóstico Físico-Conservacionista  
como Aporte para a Análise da Degradação no Médio  
Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Aracatiçu (CE) - Brasil

Autor: Ronaldo Mendes Lourenço  
Orientadora: Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales

MAPA 1: BASE CARTOGRÁFICA DO MÉDIO CURSO  
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACATIÇU

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

•	Localidades		Limites
	Curvas de nível de 45m		Setores da Bacia
	Cursos d'água temporários		Espelhos D'água
	Cursos d'água temporários (principais)		Áreas urbanas
	Rodovias		

Localização geográfica do médio curso do Rio Aracatiçu



Declinação Magnética em 2013



Sistema de Coordenadas Geográficas  
Datum: WGS 1984  
Escala: 1:250.000  
Fontes: IBGE, 2010; IPECE, 1998; EMBRAPA 2003



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

---

### 2.1 Análise Sistêmica em Bacia Hidrográfica

Conforme Tricart (1977) não existem métodos próprios à geografia, mas métodos próprios de aplicação muito mais gerais e a utilização em geografia é um caso entre outros. Contudo, Mendonça (2001), Christofolletti (1979) (1999), Rodrigues *et al.* (2007), entre outros estudiosos, evidenciam que a análise de sistemas surge como a melhor metodologia da produção de geografia física moderna e contemporânea.

Para Christofolletti (1979), a Teoria Geral dos Sistemas, que baseia a visão citada no parágrafo anterior, foi desenvolvida a priori nos Estados Unidos, por R. Defay em 1929 e Ludwing Von Bertalanffy em 1932, sendo aplicada inicialmente na termodinâmica e na biologia. Para Bertalanffy (1977) os sistemas são conjuntos de elementos que se relacionam entre si, obedecendo a certa organização, procurando atingir um objetivo ou uma finalidade. Assim, o enfoque sistêmico permite compreender o funcionamento e a dinâmica da natureza, e, para Tricart (1977), consiste no melhor instrumento lógico no estudo do meio ambiente. Compreende-se assim, que a concepção sistêmica fornece o embasamento para a análise integrada, a partir da qual é possível identificar, classificar e caracterizar unidades de paisagem que estão comprometidas ambientalmente.

Para Magalhães *et al.* (2010) a introdução da concepção sistêmica na geografia física permitiu uma maior clareza em seu objeto de estudo, assim como uma visão holística do meio natural, aproximando as pesquisas das interações homem-meio. Para estes autores, a geografia física encontra na concepção sistêmica o método mais adequado para estudar e explicar a estrutura dinâmica dos fatos sócio-naturais.

Segundo Cristofolletti (1999) ao abordar sobre a definição e tipologias de sistemas, o autor observa que o vocábulo “sistema” apresenta-se como um conjunto organizado de elementos e de interações sobre os elementos, possuindo uma antiga e difusa utilização no conhecimento científico, porém a preocupação em se realizar a abordagem sistêmica conceitual e analítica rigorosa surge na biologia teórica na década de 30. Em função do uso analógico com os sistemas biológicos, a abordagem sistêmica é absorvida e adaptada em diversas ciências.

Na Geografia Física, a aplicação da visão sistêmica data dos anos 1950, sendo utilizada nos estudos de climatologia e hidrologia (CLAUDINO-SALES, 2004). Na Geomorfologia, sua aplicação deu-se a partir de trabalhos desenvolvidos por Strahler nos anos

1950 tratando da diferença entre sistemas abertos e fechados com base em estudos desenvolvidos por Bertalanffy na mesma década, sendo que a sistematização e o esclarecimento na necessidade da abordagem sistêmica na Geomorfologia são dados por R. J. Chorley em 1962 (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Os sistemas podem ser classificados baseando-se em critérios variados. Para a análise ambiental integrada, conforme Christofolletti (1999) o critério funcional e o de composição integrativa são os mais importantes. De acordo com Christofolletti (1979) (1999) pode-se identificar dois tipos de sistemas: a) sistemas isolados; e b) sistemas não-isolados, que se divide em dois: b.1) fechado, a exemplo o ciclo hidrológico; e b.2) abertos, a exemplo a bacia hidrográfica, ocorrendo troca de matéria e energia neste último. Praticamente os sistemas envolvidos na análise ambiental funcionam dentro de um ambiente, fazendo parte de um complexo maior.

Conforme Rodriguez *et al.* (2007) e Mendonça (2001) as partes que compõem o sistema são os elementos ou unidades, relações, atributos, entradas (input) e saídas (output). Entende-se que um sistema é formado pelo conjunto de elementos que se relacionam, formando certa unidade e integridade. Nesse sentido, percebe-se que

(...) a concepção sistêmica consiste em uma abordagem em que qualquer diversidade da realidade estudada (objetos, propriedades, fenômenos, relações, problemas, situações, etc.) pode-se considerar como uma unidade (um sistema) regulada em um ou outro grau que se manifesta mediante algumas categorias sistêmicas, tais como: estrutura, elemento, meio, relações, intensidade, etc. (RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI, 2007, p. 41).

Para Sotchava (1977) a análise sistêmica contribui para a análise da paisagem por meio de uma perspectiva dinâmica, considerando os elementos naturais relacionados com os aspectos socioeconômicos. De acordo com Rodriguez (2005) a abordagem de sistemas tem desempenhado um papel significativo na descoberta e na construção multidimensional e multi-mundo de níveis de realidade em um sistema científico, sendo muito necessária e produtiva em estudos de fenômenos complexos. Estes fenômenos pertencem às paisagens, a interação entre a biota e o meio ambiente, a interação entre a sociedade e a natureza e a interação do homem com seu ambiente.

Praticamente, os sistemas envolvidos na análise ambiental funcionam dentro de um ambiente, fazendo parte de um conjunto maior. É o caso de trabalhos desenvolvidos por Souza (2007), Meireles (2007), Silva e Pereira (2007), Oliveira (2006), Oliveira (2009), Souza *et al.* (2009) Rodriguez *et al.* (2011), Santos e Souza (2011), Gorayeb (2011) que partem na análise sistêmica em seus estudos desenvolvidos na vertente da análise ambiental

integrada dos sistemas ambientais e suas dinâmicas no contexto socioambiental do espaço cearense.

Dessa maneira, nota-se que a perspectiva holística mais desenvolvida para Christofolletti (1999) e abrangente, no que se refere ao cenário das atividades geográficas, está relacionada com a análise de sistemas, sendo está oriunda de um longo processo de discussão metodológico e científico observado a partir de estudos de Bertalanffy (1977), Chorley e Kennedy (1971), Haigh (1985), Sthraler (1980), Monteiro (2001), Sotchava (1978) e Bertrand (1969) baseados na visão geossistêmica, Tricart (1977) na análise ecodinâmica da paisagem, Rodriguez *et al.* (2007) apoiado na geoecologia das paisagens, entre outros.

Essa discussão sobre a abordagem sistêmica que fundamenta e dá solidez a aplicação e desenvolvimento de diversas outras metodologias e do estudo em questão, pauta-se no campo conceitual e analítico para o estudo das características e complexidade dos sistemas ambientais, particularmente, caracterizados nesse trabalho pela bacia hidrográfica, que evidencia a organização dos elementos físicos e biogeográficos no contexto espacial, como também das variáveis socioeconômicas.

Diante do exposto, compreende-se de acordo com Silva *et al.* (2003) que em virtude de suas características naturais as bacias hidrográficas têm se tornado uma importante unidade espacial utilizada para o gerenciamento de atividades de uso e conservação dos recursos naturais, particularmente, a partir das condições atuais que se observam o grau de conservação e/ou degradação desses recursos em função do crescimento da população e do modelo de desenvolvimento adotado. Essas condições mencionadas são nítidas na área de estudo do médio curso do rio Aracatiaçu, o que reforça a adoção da bacia hidrográfica como objeto de análise associada à metodologia do diagnóstico do meio físico, acaba fornecendo subsídios concretos para a utilização e o manejo racional dos recursos naturais renováveis.

A análise da bacia hidrográfica, para Rodriguez *et al.* (2011) está sustentada na concepção sistêmica de sustentabilidade e de complexidade, o que possibilita considerar e compreender as relações do arranjo espaço-temporal do papel dos recursos hídricos como um recurso indispensável para o funcionamento da biosfera, mas surgida e limitada dentro da complexidade do espaço geográfico.

Como a bacia hidrográfica se insere no contexto de sistemas ambientais, a visão sistêmica foi a mais adequada na presente análise; conforme destacam Rodriguez *et al.* (2011, p.33) e segundos os quais é necessário “(...) entender que as relações entre os diversos componentes naturais e socioeconômicos que se manifestam na bacia, interagem de forma

complexa. Essa interação reflete na estrutura e no funcionamento, na dinâmica e na evolução, no âmbito espacial e territorial.”

Dessa forma, compreende-se que a bacia hidrográfica é uma célula básica de análise ambiental subsidiada pela visão sistêmica e integradora do ambiente, em que os estudos dos processos de degradação ambiental associados às influências das ações antrópicas, manifestam-se sob o equilíbrio ambiental e hidrológico verificando assim não apenas as características físicas, mas também permitindo que o problema seja visto de maneira integrada (CARVALHO, 2011), o que para Ross (2009) ressalta os estudos integrados de um determinado território e o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as intervenções humanas.

Entendendo a bacia hidrográfica como um sistema aberto, sob o ponto de vista geomorfológico como aponta Christofolleti (1999), é fundamental notar que os elementos componentes de uma bacia interagem entre si, o que para Ferretti (2003, p.14) origina processos inter-relacionados, definindo as paisagens geográficas, que “(...) apresentam potencial de utilização baseado segundo as características e natureza do substrato geológico, formas e processos geomorfológicos, mecanismos hidrometeorológicos e hidrogeológicos.” Portanto, a escolha da bacia hidrográfica como objeto de estudo implica a busca pela identificação de seus componentes principais e de suas relações com o seu contexto.

Conforme Ferretti (2003) entre os principais componentes de uma bacia hidrográfica pode-se citar: a vegetação, a geologia, a hidrologia, o clima, o relevo e os solos. E para cada um desses componentes, entende-se a partir de Crispim (2011, p.27) que “A análise sistêmica preconiza o entendimento das interações ambientais existentes em um sistema ambiental, sua dinâmica e estrutura, fortalecendo a ligação entre os elementos existentes em um sistema, cada um com suas próprias características, mas com interdependência entre os mesmos.” Desse modo, o contexto aqui ressaltado fundamenta as análises na área de estudo.

Para Botelho e Silva (2007), a bacia hidrográfica é reconhecida como unidade espacial desde o final da década de 60, sendo entendida como célula básica de análise ambiental que permite o conhecimento e a avaliação de seus diversos componentes, processos e interações que nela acontecem, valendo ressaltar que a visão sistêmica e integrada do ambiente está implicitamente inserida nesta unidade, justificando não só a necessidade do trabalho aqui proposto, como o de sua operacionalidade.



Outro ponto fundamental do presente estudo é a compreensão da bacia hidrográfica como uma unidade de análise e planejamento ambiental, sendo isso fundamental para alertar sobre a questão da degradação ambiental. Botelho e Silva (2007, p. 155), ao enfatizar essa importância de estudos dirigidos às bacias hidrográficas, expõem que “Nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem.”

A bacia hidrográfica pode ser considerada como uma área drenada por uma rede de canais fluviais, influenciados por diversas características topográficas, litológicas, tectônicas, de solos, de vegetação, dentre outras. Mas a bacia hidrográfica representa um complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas (MORAGAS, 2005, p. 22).

A adoção desse conceito reforça o que já foi dito sobre as relações entre sociedade e natureza no âmbito das bacias hidrográficas e sua mútua influência, e é nele que este trabalho está pautado. Os autores Rodrigues e Adami (2005) apontam que a unidade espacial da bacia hidrográfica compreende uma das referências mais consideradas em estudos do meio físico, entendendo também que ela constitui uma articulação sistêmica de objetos e formações espaciais (RODRIGUEZ *et al*, 2011). Para Santos (2004), a bacia hidrográfica se apresenta como uma unidade de ordenação territorial. A seguir, no quadro 01, lista-se conceituações sobre bacia hidrográfica conforme alguns estudiosos do tema.

**Quadro 01 – Conceituações sobre Bacia Hidrográfica**

<b>Autores</b>	<b>Conceito de Bacia Hidrográfica</b>
ARAÚJO E GUERRA (2005)	As bacias hidrográficas se caracterizam por serem constituídas por um rio principal e seus afluentes, que transportam água e sedimentos ao longo dos seus canais.
ATTANASIO (2004)	(...) refere-se a uma compartimentação geográfica natural onde se diferencia, possuindo divisores de água. Essa compartimentação é drenada na sua superfície por um rio principal e seus afluentes.
BARRELLA (2001)	(...) caracterizam-se por um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, onde nos relevos mais elevados formam-se seus divisores, as águas precipitadas escoam superficialmente formando os riachos, nas cabeceiras formam riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas superficiais descem, encontram-se com outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, os mesmos continuam sua trajetória que logo a frente se encontra com outros rios, formando rios maiores até desembocarem no mar.”

BARROW (1998)	(...) unidades biogeográficas com alto grau de integridade funcional, representando sistemas relativamente homogêneos. Para o mesmo autor, cada bacia tem sua unicidade, com características físicas naturais que as caracterizam como unidade de paisagem operacional amplamente usada para o planejamento e o manejo integrado, buscando manter a qualidade ambiental e o desenvolvimento sustentável.
BLACK (1996)	(...) uma unidade de terra natural, ou perturbada, na qual toda a água que cai (ou emana de nascentes) é coletada por gravidade e a porção que não evapora escorre através de uma saída comum. A bacia é a unidade básica de suprimento de água.
BORSATO & MARTONI (2004)	(...) uma área que se limita por um divisor de águas, onde esse divisor a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água das chuvas através de suas vertentes. Por meio da rede de drenagem que se verifica nesses divisores.
CEARÁ (2010)	a bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água, de modo que, toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída.
CECÍLIO & REIS (2006)	é a área definida topograficamente, delimitada pelos divisores de águas (...) e drenada por um curso d'água ou por um sistema conectado de cursos d'água, tal que toda vazão efluente seja descarregada por uma simples saída
CHRISTOFOLETTI (1999)	A bacia de drenagem compreende um conjunto de unidades estruturais, destacando-se as formas de relevo representadas pelas vertentes e as relacionadas diretamente com os canais fluviais.
COELHO-NETO (1995)	(...) uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. Definida desta forma, a bacia de drenagem comporta diferentes escalas, desde uma bacia do porte daquela drenada pelo rio Amazonas, até bacias com poucos metros quadrados que drenam para a cabeceira de um pequeno canal erosivo.”
DUNNE & LEOPOLD (1978)	(...) uma área determinada área de terreno que drena água, partículas de solos e material dissolvido para um ponto de saída comum, situado ao longo de um rio, riacho ou ribeirão. Portanto, por essa definição podemos concluir que dentro de uma bacia hidrográfica, podem existir inúmeras micro-bacias (200 km <sup>2</sup> ), sub-bacias (200 a 3000 km <sup>2</sup> ).
FAUSTINO & JIMÉNEZ (2000)	Espaço de terra limitado pelas partes mais altas das montanhas, encostas e morros, onde se desenvolve um sistema de drenagem superficial que concentra a água em um rio principal, que se junta ao lago, mar ou outro maior. Este espaço pode ser delimitado em uma carta de altimetria, seguindo o divisor de águas.

GARCEZ & ALVAREZ (1998)	(...) termo Bacia hidrográfica é tratado por outros autores e pesquisadores como: 1) Bacia de Captação; 2) Bacia Imbrífera; 3) Bacia Coletora; 4) Bacia de Drenagem Superficial; 5) Bacia Hidrológica; 6) Bacia de Contribuição dentre outros. Ainda para Garcez e Alvarez (op. cit), indicam que a bacia hidrográfica configura-se como um sistema fechado topograficamente num ponto do curso de água, de forma que toda a vazão afluyente seja medida ou descarregada através desse ponto. Essas geralmente são constituídas por microbacias ou sub-bacias, que por sua vez possuem inúmeros afluentes, formando assim uma malha de drenagem fluvial.
GUERRA & CUNHA (1996)	(...) a bacia hidrográfica está em constante dinamismo e ajuste dos elementos que a compõem, em função de modificações de entrada e saída de energia, que podem ser catalisadas pelo uso inadequado pelo uso inadequado dos componentes do meio pelo homem.
GUERRA & GUERRA (2011)	Conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Nas depressões longitudinais se verifica a concentração das águas das chuvas, isto é, do lençol de escoamento superficial, dando o lençol concentrado – os rios.
JENKINS et al. (1994)	É a unidade ecossistêmica e morfológica que melhor reflete os impactos das interferências antrópicas, tais como a ocupação das terras com as atividades agrícolas.
LIMA & ZAKIA (2000)	(...) as bacias hidrográficas se caracterizam como sistemas abertos, os quais recebem energia proveniente de agentes climáticos e que perdem energia através do deflúvio, podendo descrever em termos de variáveis (inter) dependentes, que variam em torno de um padrão e, mesmo sendo perturbadas por ações humanas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Isto implica que qualquer alteração no recebimento e/ou na liberação de energia no sistema, se verifica uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio da bacia hidrográfica.
LIMA (1986)	A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema geomorfológico aberto, e como tal ela se encontra, mesmo quando não alterada, em contínua flutuação, num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico. Entende-se então, que a adição de energia e a perda de energia do próprio ecossistema encontram-se sempre em delicado balanço. Desse modo, a área da bacia hidrográfica tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo, no entanto, atuam sobre a taxa ou sobre o regime dessa produção de água, assim como a taxa de sedimentação. O caráter e a extensão dos canais (padrão de drenagem) afetam a disponibilidade de sedimentos, bem como a taxa de formação do deflúvio. Muitas dessas características físicas da bacia hidrográfica, por sua vez, são, em grande parte, controladas ou influenciadas pela sua estrutura geológica.
MATEO (2005)	É uma totalidade sistêmica, formada pela interação e a articulação de diversos sistemas ambientais (eco, geo e sociossistemas)
NASCIMENTO & VILLAÇA (2008)	As bacias hidrográficas constituem-se numa unidade espacial fácil de reconhecimento e caracterização, considerando 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.

POLETTE, <i>et al.</i> , (2000)	(...) uma região topográfica, onde essa área é drenada por um curso d'água ou sistema conectado de curso de água de forma que toda vazão afluyente seja carregada através de uma simples saída.
RODRIGUES & ADAMI (2005)	(...) um sistema que compreende um volume de materiais que se apresentam de modo sólido e líquido, próximo a superfície terrestre, estando 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 rede de canais fluviais, incluindo todos os espaços de circulação, de armazenamento e de saídas de água e do material por ela transportado, que mantém relações com esses canais.
SALAMONI (2001)	A bacia hidrográfica é considerada uma unidade territorial adequada para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais e utilizada como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental. 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.
SANTOS (2004)	Uma bacia hidrográfica circunscreve um território drenado por um rio principal, seus afluentes e subafluentes permanentes ou intermitentes. Seu conceito está associado a noção de sistema, nascentes, divisores de águas, cursos de águas hierarquizadas e foz.
SILVEIRA (1993)	Uma área onde há captação da água naturalmente precipitada, com seu escoamento seguindo em direção para um único local. Apresenta como constituintes básicos o conjunto de vertentes, e as redes de drenagem, formadas pela confluência dos cursos d'águas.”
SILVEIRA (1997)	(...) esse meio físico é um elemento fundante de análise do ciclo hidrológico em sua fase terrestre, sendo caracterizado como área de captação natural da água da precipitação, do quais os escoamentos dessas chuvas seguem em direção para seu exutório ou ponto de saída.
TONELLO (2005)	A bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade de planejamento quando se deseja a preservação dos recursos hídricos já que as atividades desenvolvidas em seu interior têm influência sobre a qualidade e a quantidade das águas.

**Fonte:** Diferentes conceitos de bacia hidrográfica encontrados em literaturas

Entende-se a partir de Faustino e Jiménez (2000) que a bacia hidrográfica é uma unidade geográfica que constitui um âmbito biofísico ideal para caracterizar, diagnosticar, avaliar e planejar o uso dos recursos naturais. Nesse entendimento, observa-se que ela ainda pressupõe uma unidade físico-territorial de planejamento e gestão ambiental e de recursos hídricos (RODRIGUEZ, *et al.*, 2011).

## 2.2. Discussões sobre a Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil e no Ceará

Compreende-se que os recursos hídricos são limitados e assumem um importante papel no desenvolvimento econômico e social de uma determinada região. Nesse sentido, surgem diversos desafios para o desenvolvimento de ações de sustentabilidade aos recursos hídricos e a conservação dos sistemas naturais. No caso em questão, aponta-se a bacia hidrográfica como uma unidade de intervenção que possibilita a consolidação e ações de planejamento e/ou gestão. Entendendo a importância dessa unidade, compreende-se de acordo com Queiroz (2010) que

A utilização da BH como unidade de estudo e planejamento formal iniciou-se nos Estados Unidos, com a criação da *Tennessee Valley Authority* (TVA), em 1993, e a partir de então é adotada no Reino Unido, França, Nigéria e restante do mundo. Nos Estados Unidos, foram criados Comitês de bacias, embasadas na ideia de planejar o desenvolvimento por bacias (como unidade de planejamento) com a execução de grandes obras hidráulicas, sendo mais tarde disseminada esta ideia para o restante do mundo (p.53).

Pautado nisso, observam-se alguns avanços e desafios na implementação da política brasileira e cearense de recursos hídricos, desde a criação de instrumentos planejadores e gestores até a constituição de leis que garantam a proteção e regulação do manejo e uso das águas. Nesse aspecto, a bacia hidrográfica surge como uma unidade viável para a consolidação de políticas relacionadas à gestão e a proteção dos recursos hídricos, já que ela segundo Machado (2005) tem sido cada vez mais, vislumbrada como unidade de planejamento ambiental e de manejo de recurso hídrico. Mas, para compreender este último, é necessário entender como surgiram os mecanismos de gestão das águas em nosso país.

Baseando-se nessa perspectiva, no processo de gestão dos recursos hídricos existe a busca por soluções a curto, médio e longo prazo, por meio de ações voltadas para o planejamento e a execução de programas, projetos e ações coletivas de cunho socioambiental, em que os aspectos antrópicos, físicos e biológicos sejam vistos de modo integrado. Diante disso, a unidade de intervenção caracterizada pela bacia hidrográfica é uma das alternativas de estabelecimento do sistema a ser gerenciado.

Para Tundisi (2005, p. 136), o gerenciamento de recursos hídricos propaga-se a partir da bacia hidrográfica, “(...) sendo mais efetivo à medida que a organização institucional incorpora a participação de usuários, promoção de políticas públicas e treinamento de gerentes com visão sistêmica tecnológica de problemas sociais e econômicos.” Ainda para o autor, a gestão adequada dos recursos hídricos deve partir de uma visão integrada da economia regional, local e global e das relações do desenvolvimento sustentável com as

políticas públicas de desenvolvimento. Nota-se, atualmente, que a gestão dos recursos hídricos está em processo de transição, em que a descentralização, a gestão por bacia, o monitoramento permanente e a disponibilização de informações para a sociedade são pontos cruciais.

Conforme Lanna (1995), a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento apresenta algumas vantagens e desvantagens. As vantagens é a rede de drenagem de uma bacia consiste em caminhos para o entendimento das relações de causa-efeito, especificamente, aquelas relacionadas ao meio hídrico. Tratando-se das desvantagens, elas surgem quando a gestão choca-se com a burocracia dos limites estaduais e municipais que não respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, as relações de causa-efeito de caráter econômico e político.

Para analisar a visão histórica da gestão participativa das águas no Brasil, é importante lembrar que a gestão pública das águas em nosso país ocorreu por meio de uma mudança de paradigma, que vai desde a compreensão da gestão até a própria questão hídrica. Nota-se que até meados da década de 70, o recurso natural água era entendido com um sistema natural isolado, existente em abundância e fundamental para o desenvolvimento brasileiro, restringindo-se na região semiárida brasileira por sua escassez. Pautado nessa visão, foi estabelecido no ano de 1934, o Código das Águas (Decreto 24. 643, de 10/07/1934), que foi um marco do sistema regulatório que possibilitou a expansão da produção hidroelétrica no Brasil. A administração da água realizada por esse instrumento ocorria de maneira centralizada nas esferas federal e estadual, focando-se na gestão quantitativa, na concessão de uso para a produção de energia e para irrigação de projetos públicos (FIGUEIRÊDO *et al.* 2008).

A mudança dessa visão centralizadora para uma descentralizadora, participativa e integrada dos recursos hídricos ocorrerá conforme Figueirêdo *et al.* (*op. cit.*), como resultado de dois processos. O primeiro é fruto da intensificação em escala global dos debates relacionados à questão ambiental, que integrava a água aos demais recursos naturais ressaltando sua situação de escassez e degradação da qualidade, resultante do desperdício no seu uso, do aumento da poluição, do desmatamento e do uso inadequado do solo na agricultura e no meio urbano.

Nesse momento, observava-se a integração da gestão hídrica à gestão ambiental, já que a sociedade preocupava-se em atuar na melhoria da qualidade de vida, pensando globalmente e agindo localmente. Isso ficou notório a partir da realização de alguns fóruns

mundiais, tais como: i) Conferência Internacional sobre Desenvolvimento das Águas e do Meio Ambiente (1992); ii) a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-1992), iii) e a Conferência sobre Avaliação e Gerenciamento de Recursos Hídricos (1996). A posteriori, esse discurso ecológico associado à democratização política brasileira, a partir dos anos 80, despertou na política e na legislação a busca pela preservação do meio ambiente, envolvendo o processo educacional e a sociedade como sujeito agente. Documentos como a Constituição de 1988 e a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938, de 31/08/1981) já mencionavam a importância de um meio ambiente equilibrado, sendo esse equilíbrio responsabilidade do poder público e da população civil.

Centrado nestas discussões sobre a importância da gestão hídrica pautada no desenvolvimento sustentável e na legislação ambiental nacional, que estava em vigor no Brasil, formulou-se então uma nova política de recursos hídricos, promulgada pela Lei 9.433 em 08/01/1997, que dá corpo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) que definiria os princípios e instrumentos de gestão das águas no país, comportando os objetivos de: i) assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; ii) a utilização racional e integrada dos recursos hídricos; iii) a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos. Conforme Figueirêdo *et. al.* (2008, p. 03) nesse momento “(...) o governo consolida seu compromisso com a gestão da quantidade e da qualidade da água para usos múltiplos de forma integrada a gestão dos demais recursos ambientais.” E ainda para os autores

Anteriores a legislação federal, leis estaduais sobre o gerenciamento de recursos hídricos em vários estados brasileiros foram promulgadas fundamentadas nos mesmos princípios da PNRH de participação da sociedade e de gestão integrada, dentre eles: São Paulo, 1991; Ceará, 1992; Rio Grande do Sul, 1994; Bahia, 1995; Sergipe, 1995; Paraíba, 1996 e Pernambuco, 1997.

Para Ruhoff (2004), na elaboração da Lei 9.433 foram considerados diversos princípios para a gestão dos recursos hídricos entre tais pode-se mencionar: i) adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento; ii) a consideração dos usos múltiplos das águas; iii) o reconhecimento da água como bem finito e vulnerável; iv) o reconhecimento do valor econômico do recurso.

De acordo com Lanna (1995), é comum o equívoco em torno do conceito de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica (GBH) confundindo-o com Gerenciamento de Recursos Hídricos, já que este segundo está ligado ao gerenciamento de um único recurso ambiental a água, quando realizado na abrangência da unidade bacia. É importante entender aqui para a fundamentação do trabalho, que o gerenciamento de bacia deve ser considerado como

resultado da adoção da bacia hidrográfica como um ambiente de planejamento e de intervenção da gestão ambiental, sistêmica e globalizada. Entende-se, portanto, que o gerenciamento de bacia hidrográfica é um instrumento que orienta o poder público e a sociedade, em longo prazo, na utilização e no monitoramento dos recursos ambientais, sejam esses naturais, econômicos e socioculturais, promovendo o desenvolvimento sustentável. Portanto, seu processo de constituição requer a mobilização da sociedade, educação ambiental e contínuo incentivo à participação na gestão hídrica e do planejamento e gestão ambiental no âmbito das bacias hidrográficas.

Percebe-se que a bacia hidrográfica, como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, configura de acordo com Tundisi (2005), um avanço conceitual muito importante e integrado de ação. Posto isso, destaca-se os principais tópicos que se referem o planejamento e o gerenciamento integrado: i) bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento, planejamento e ação; ii) água como fator econômico; iii) plano articulado como projetos sociais e econômicos; iv) participação dos usuários, comunidade e organizações; v) educação sanitária e ambiental da comunidade; vi) monitoramento permanente com a participação da comunidade; vii) permanente prospecção e avaliação de impactos e tendências, entre outros.

É importante também ressaltar a importância do Plano Nacional de Recursos Hídricos, instrumento de gestão multidisciplinar, dinâmico, flexível, participativo e permanente, que envolve uma rede de instituições e um amplo leque de iniciativas em prol do alcance dos seus objetivos estratégicos, relacionados: i) à melhoria das disponibilidades hídricas; ii) à redução dos conflitos pelo uso da água e dos eventos hidrológicos críticos e; iii) à valorização da água como um bem socioambiental relevante. Ele é um instrumento de gestão aprovado em 2006, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Resolução CNRH nº 58 de 30 de janeiro de 2006), para fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SINGREH. A Resolução CNRH nº58 de 2006 que aprova o PNRH, estabelece que, a cada quatro anos, sejam feita a sua revisão com o objetivo de orientar os Planos Plurianuais Federal, Estaduais e Distrital e seus respectivos orçamentos anuais (MMA, 2011).

Recentemente teve-se a revisão do PNRH que prevê o detalhamento das atividades a serem realizadas entre os anos de 2012-2015, que estão relacionadas: i) à implementação da Política (Apoio à criação de Comitês de Bacia e ao fortalecimento dos



Comitês já existentes, ampliação do Cadastro de Usos e Usuários de Recursos Hídricos, etc.); ii) ao desenvolvimento institucional (Implementação dos Fundos de Recursos Hídricos e identificação de mecanismos que permitam a maior efetividade na aplicação dos recursos financeiros disponíveis no SINGREH, desenvolvimento de processos de suporte à decisão visando a resolução de conflitos pelo uso da água, etc.); iii) à articulação institucional (Avaliação e mapeamento de áreas vulneráveis a eventos extremos, recuperação e conservação de bacias hidrográficas em áreas urbanas e rurais, etc.); e iv) ao gerenciamento do PNRH (Implantação do Sistema de Gerenciamento do PNRH (SIGEOR/PNRH).

No que se refere à implementação da política de gerenciamento hídrico no Estado do Ceará, observa-se que nas décadas de 80 e 90, o Estado aprimorou a concepção e a forma de inserir sua política de recursos hídricos. A necessidade de consolidação desta política surgirá pela vontade de combater e/ou mitigar os efeitos de um fenômeno antigo e habitual para os nordestinos e cearenses: “A Seca”.

Em 1983, conforme Ceará (2009), ano considerado seco no Estado, que o governo criou um grupo de trabalho com representantes de várias instituições atuantes em recursos hídricos, para formular uma nova política pública. Tais ações, visavam enfrentar o problema da escassez de chuvas e também apresentar ações de curto médio e longo prazos. A partir desse grupo de trabalho, foi criado o I Plano Diretor dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. A institucionalização da política de recursos hídricos para o Estado só ocorrerá de fato em 1987, quando o governo decide criar a Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (SRH), a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA) e vinculando à SRH a Fundação Cearense de Meteorologia e Chuvas Artificiais, passando a se chamar de Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) (CEARÁ, 2009).

O ano de 1993 também surge como um marco para o avanço da política das águas no Ceará, onde será criada a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). Com a criação desta última, o Estado, de forma pioneira, concebe um sistema institucional de recursos hídricos considerando as fases aérea, superficial e subterrânea do ciclo hidrológico. Mais tarde, a Lei Nº. 11.996, de 24/07/92 cria a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e instituiu o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGERH) com base no Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLANERH), 1992.

Para Ruhoff (2004), a Política Nacional de Recursos Hídricos, enquanto instrumento de planejamento estratégico, aborda definições sobre o que, quando e quem deve fazer, não priorizando aspectos práticos de quem deve fazer. Dessa forma, surgem algumas

consequências como possibilidades de implementação planejamento estratégico, tendo os comitês gestores de bacias hidrográficas um importante papel na gestão, destacando-se a função de debatedor das questões intrínsecas aos recursos hídricos e a proteção e sustentabilidades desses. Entende-se, a partir de Tucci (2003), que embora possam existir diversas entidades responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, ainda verifica-se uma fragilidade na articulação interinstitucional, seja devido ao produto de fatores estruturais e circunstanciais ou mesmo pela própria organização político-administrativa do país nos âmbitos municipal, estadual e federal. Mesmo com as dificuldades mencionadas, acredita-se que a formação de Comitês de Bacias é um avanço na democratização da gestão das águas no país, já que eles constituem um espaço de debate, conscientização e formulação de estratégias diferenciadas de uso eficiente da água, considerando-se as especificidades socioeconômicas e ecológicas das regiões brasileiras. E compreende-se que o comitê de bacia que está inserido no médio curso do rio Aracatiaçu, deve assumir o papel de regulador e fiscalizador dos recursos hídricos e do monitoramento das práticas socioambientais.

### **2.3. A região Semiárida em Perspectiva: entre os caminhos da Seca e da Caatinga**

O Nordeste é uma região brasileira marcada por diversas particularidades econômicas, sociais e ambientais. É uma região geográfica que possui uma área absoluta de 1.548.672 Km<sup>2</sup>, equivalendo a 18, 2% do território brasileiro, além de apresentar uma área territorial de 1.542.271 Km<sup>2</sup>. Sua localização está situada entre as latitudes 1° 01'00''S e 18°20'45''S e as longitudes de 34°45'55'' W e 48°50'15'' W (FIGUEIREDO, 2003). Essa região em que se situa o semiárido brasileiro reúne os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, além do território de Fernando de Noronha e a parte norte de Minas Gerais, que se localiza no chamado polígono das secas. Se observarmos os critérios físico-ambientais e aos instrumentos formais de demarcação, encontraremos uma área semiárida no Brasil – a Região Semiárida do Nordeste – que alcança 982.563,3 km<sup>2</sup> (56,55% da área do Nordeste, e 17,66% de Minas Gerais), abrigando uma população de 22.532.359 habitantes, (IBGE, Censo 2010) residentes em 1.135 municípios (CEARÁ, 2011).

Referindo-se ao processo de ocupação do território nordestino, pode-se dizer que foi marcado no início pelo povoamento do litoral e continua acontecendo devido à exploração da atividade extrativa (madeira) e da cultura canavieira destinada a exportação. Sendo somente a partir do século XVII, que teremos de fato a ocupação do sertão semiárido por

meio da atividade da pecuária, a qual trará como consequência o surgimento dos primeiros centros urbanos interioranos.

Oliveira (2009) revendo os estudos de Albuquerque Júnior (2001) demonstra que a região Nordeste representa apenas uma “invenção de imagens e enunciados” esses, produzidos a partir do antigo norte (denominação dada à região Nordeste no passado) e possível com a criação de um novo discurso regionalista, como também pela crise do paradigma naturalista dos padrões. Ao observarmos as imagens que o Nordeste brasileiro possui, Barbalho (2004, p. 2) elucida que

As imagens discursivas sobre o Nordeste, postas em ação pela imprensa paulista nas primeiras décadas do século XX, em especial pelo jornal Estado de São Paulo, qualificam a região Nordeste como atrasada, rural, bárbara, assolada permanentemente pela seca, servil e ignorante. Em contraposição, o Sul do país (da Bahia ao Rio Grande do Sul) é a terra da abundância, do progresso, de uma geografia humana e física generosa (p.2).

A partir dessa representação imaginária do Nordeste do país, compreendemos que a aquisição dessa realidade socioespacial, deu-se a partir das políticas desenvolvimentistas ocorridas no Brasil desde seu período colonial, em que os maiores investimentos ficaram concentrados nas regiões Sudeste e Sul do país. Contudo, será após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), que observaremos outro discurso e prática de planejamento tomado no país, como instrumento para o desenvolvimento, tanto em escala federal, a partir do plano de metas do governo de Juscelino Kubitschek, como também regional com a Superintendência de Desenvolvimento para o Nordeste (SUDENE) e a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), tais instrumentos tinham como objetivo exterminar as desigualdades regionais e promover o desenvolvimento dessas regiões (AMORA & COSTA, 2007).

Segundo Gasques *et al.* (1995), o Nordeste ainda permanece aquém do padrão nacional, tanto em variáveis econômicas quanto em indicadores sociais. Sales (2002) aponta que a ocupação dessa região ocorreu sempre a partir de uma perspectiva de exploração excessiva, acarretando na exaustão de parte dos recursos naturais. Para a autora, considera-se ainda que, aliada a essa exploração predatória, estabeleceu-se uma estrutura social concentradora de renda e de poder, responsável pela relativa estagnação e baixos índices socioeconômicos vislumbrados nessa região.

A partir disso, nota-se que a imagem do semiárido nordestino é marcada por uma representação negativa, em que o discurso fundamentador encontra suas raízes em documentos antigos (principalmente as cartas reais) e em relatos de viagens pautados em abordagens deterministas, que remete a um quadro natural perverso, marcado pela semiaridez e pelas secas cíclicas, vitimador do homem (DANTAS, 2009). A mudança dessa visão

ocorrerá a partir de uma modificação do olhar da sociedade local em relação ao ambiente semiárido, o que marcará a concordância do conflito entre dois quadros simbólicos contraditórios de imagens negativas do semiárido: o de benefício da oligarquia agrária e de interesses dos empreendedores vinculados à agricultura irrigada e, naquilo que interessa diretamente, ao turismo.

Compreende-se, portanto, que essa área é marcada por grandes níveis de desigualdade social, notórios pela intensa concentração de renda e de terras, sendo que a economia local irá obedecer ao uso e a exploração da terra para práticas agrícolas e criação de rebanhos com uma perspectiva de subsistência. Também nota-se, que o estado de pobreza e de miséria da população são problemáticas diretamente ligadas à distribuição da terra (PESSOA, 2009).

No que diz respeito à caracterização das regiões áridas e semiáridas mundiais, conforme Pessoa (2009) ao observar o documento da *International Union for the Conservation of Nature* (IUCN), faz referência que essas áreas recobrem cerca de 29% da superfície global, abrangendo terras com aspectos economicamente produtivas e com potencial de uso para atividades como agricultura e pecuária sendo esta responsável por grupos de pastoreio.

De acordo com Andrade *et al.* (2010), as regiões semiáridas do globo terrestre caracterizam-se pelo déficit hídrico e por um elevado saldo positivo da energia solar, o que acaba ocasionando altas taxas de evaporação dos corpos hídricos e de superfícies úmidas. Para os autores, o manejo inadequado dos solos rasos associado com a demanda evaporativa, a supressão da cobertura vegetal e a organização social das populações, desorganiza a estrutura social existente no campo, comprometendo a produção de alimentos para as comunidades rurais, completando com o baixo nível de organização social ou a falta de ações em conjunto por parte dos moradores rurais que dependem da água para a sua sobrevivência.

Referindo-se a caracterização do semiárido brasileiro, destacamos os seguintes aspectos, apoiados no que Pessoa (2009) expõe ao analisar Sudene (1982); Silva (2003); Mamede (2003); e Dias (1998): i) a taxa de precipitação anual varia entre 300 e 1000 mm; ii) a evaporação potencial varia entre 1500 a 2000 mm anuais; iii) os solos de maneira geral são considerados rasos, pobres em matéria orgânica e suscetíveis à erosão quando carentes de cobertura vegetal; iv) a vegetação é caducifólia e apresenta-se com folhas modificadas em espinhos, sendo denominada por populações nativas de Caatinga, que em tupi-guarani significa “mata clara” ou “mata aberta”.

Em relação às características sociais dessa região, Anhalt (2006) elucida que a situação social e econômica do semiárido brasileiro sempre foi considerada um reflexo do quadro natural apresentado nessa região. Tratando da questão econômica e natural, Sales (2002) relata que as atividades econômicas desenvolvidas no sertão existiram por muito tempo baseadas no binômio gado-algodão e da agricultura de subsistência praticada em solos aluviais. E também observa que as limitações naturais nessas áreas ficam por conta, principalmente da instabilidade climática, gerando problemas de disponibilidade hídrica que compromete todo o sistema produtivo.

Melo (2009) observa que as regiões secas do mundo, como é o caso da semiárida, estão passando por sérios problemas de degradação ambiental, o que vem acarretando sérias dificuldades nos campos econômico e social. Para Drew

As manifestações das reações do homem ao ambiente variam no tempo e no espaço, e seu comportamento é determinado pela atuação da tradição cultural. Essas relações são conduzidas segundo estruturas construídas pelo sistema econômico. Este comportamento, norteado pelo desenvolvimento econômico, resulta em profundas alterações nas configurações espaciais incompatíveis com objetivos conservacionistas (1994 *apud* MELO, 2009, p. 133).

Associado a esse contexto, encontramos uma forte pressão da população sobre os recursos naturais, estimando-se uma alta densidade demográfica na região, particularmente, no setor sobre a influência do clima semiárido, o que agrava os problemas ambientais. E no que faz parte desta realidade, apontamos questões como a deterioração ambiental, o ciclo da pobreza e da miséria, a problemática da questão fundiária, atividades agropecuárias com emprego de tecnologias rudimentares. Portanto, tudo isso ocasiona um quadro de insustentabilidade e de degradação das regiões semiáridas (SALES, 2002).

#### **2.4. O Fenômeno da Desertificação e a busca pela Sustentabilidade no Semiárido**

Refletindo sobre a problemática da degradação ambiental, Seabra (2009) relata que desde os primórdios as civilizações mantêm uma relação incestuosa com a natureza, explorando os recursos naturais a partir de suas necessidades de sobrevivência, consumo e lazer. O autor também expõe que o processo se torna mais preocupante com a modernidade avançando ao mesmo tempo em que as técnicas são desenvolvidas e a ocorrência de novos padrões sociais.

Nesse sentido, a degradação ou desertificação tem sido um grande problema que vem atingindo repercussões em escala global. Podemos entender por desertificação o processo de degradação nas terras áridas, semiáridas e subúmidas secas do planeta, resultante da

atuação humana sobre o ambiente e fenômenos naturais como a variação do clima (PAN, 2004).

Nota-se que o estudo da degradação ambiental não deve ser realizado apenas sob o ponto de vista físico devem-se considerar também as relações existentes entre a degradação ambiental e a sociedade causadora, para que a problemática seja compreendida de forma global, integrada e holística. Segundo Araújo *et al.* (2010), a degradação das terras envolve a redução dos potenciais recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra, existindo diferentes formas de degradação relacionadas aos vários componentes verticais de uma unidade de terra, como atmosfera, vegetação, solo, geologia e hidrologia. Além desses aspectos físicos afetados pela degradação, nota-se que é inerente à degradação ambiental a variável social (CUNHA & GUERRA, 2009).

Cunha & Guerra (*op. cit.*) ao discutir sobre as causas da degradação ambiental, elucida que o manejo inadequado do solo, tanto em áreas urbanas como rurais, evidencia-se como a principal causa da degradação. As próprias condições naturais podem, junto com o manejo insustentável acelerar a degradação, e uma das unidades territoriais onde as problemáticas de degradação ambiental podem ser gerenciadas é a bacia hidrográfica. Dentre as atividades que causam degradação podemos citar: as práticas agrícolas, o desmatamento, a mineração, o sobrepastoreio e a urbanização.

Compreende-se, desse modo, que as intervenções humanas na dinâmica natural da paisagem, interferem e comprometem no funcionamento dos processos físico-ambientais desencadeando processos de degradação. Partimos dessa percepção ao analisarmos os componentes geológicos, geomorfológicos, climatológicos, hidrológicos, pedológicos e fitoecológicos do médio curso do rio Aracatiaçu.

Conceitualmente, o fenômeno da desertificação é discutido por diversos pesquisadores. Conti (2008) observa que a desertificação pode ser compreendida, a priori, como um conjunto de fenômenos que podem conduzir determinadas áreas a se transformarem em regiões desérticas ou se assimilarem. Isso pode ser ocasionado devido a mudanças climáticas geradas por causas naturais ou pela pressão antrópica sobre os ecossistemas frágeis.

Vasconcelos Sobrinho (1998) ao discutir sobre as primeiras abordagens do fenômeno da desertificação no semiárido nordestino menciona que as primeiras observações vieram de Euclides da Cunha em sua obra “Os Sertões”, para este autor

Os Sertões nos traz belíssimas páginas enfocando este agreste ambiente, enfatiza a existência de mais de um sertão, com peculiaridades próprias relacionadas à pluviosidade, à evaporação, ao sistema atmosférico, à geologia do terreno, às

condições fisiográficas, à sua posição geográfica e ao imaginário mesmo das gentes (*apud* FIGUEIREDO, 2007, p. 104).

Percebe-se que desde muito tempo, a desertificação já era perceptível no semiárido nordestino, contudo, não se tinha um entendimento mais abrangente das problemáticas e das consequências que esse fenômeno gerava para o meio ambiente e para as sociedades. Conforme Nimer (1986), podemos citar a seguinte sequência ao tratarmos do fenômeno da desertificação: desmatamento, que geraria a diminuição da pluviosidade, que acarretaria no ressecamento ambiental. A desertificação é entendida, nesse caso, como um ressecamento ambiental, produzido pelo impacto decorrente das atividades antrópicas que causam a degradação das terras antes consideradas produtivas.

Rodrigues *et al.* (1995), ao referir-se sobre o diagnóstico da desertificação em nível regional, expõe que no Nordeste do Brasil a circunstância de semiaridez existente, acaba por desencadear processos naturais de diminuição da biota nos períodos de secas prolongadas que associadas a ação do homem, levando a formação de núcleos de degradação edáfica e biótica com características irreversíveis. Ainda para esse autor, as causas e custos da desertificação no Nordeste não são diferentes daquelas normalmente encontradas em outras áreas do mundo, estando associada quase sempre: i) ao uso inadequado dos recursos; ii) a práticas inadequadas de uso do solo; iii) a modelos de desenvolvimento regionais imediatistas; iv) a existência de concentrações populacionais, muitas vezes superiores à capacidade de carga do ambiente; e v) um sistema de propriedade da terra altamente concentrado, caracterizam os graves problemas socioeconômicos da desertificação, muitas vezes agravados pela existência de secas periódicas.

Oliveira (2006), ao discutir sobre o significado da desertificação, nos expõe que o termo envolve uma associação complexa de fatores inter-relacionados que se manifesta em diferentes níveis de resolução tanto espaciais como temporais. De modo geral, expressa o resultado da combinação de condições naturais, climáticas e socioeconômicas, e das formas de utilização dos recursos naturais, especialmente, para a produção agrícola e para o desenvolvimento rural. As causas determinantes e os fatores que as controlam são múltiplas e algumas delas podem mudar segundo a escala, resultando em respostas diferentes em função das escalas de tempo e de espaço considerados.

Souza (2006) avaliando as definições estabelecidas pela Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (CCD), aplicadas ao Brasil, as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) (objeto de ação do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN- Brasil) em

conjunto com a CCD) se concentram na região nordeste do país incluindo os espaços semiáridos e subúmidos secos, além de algumas áreas afetadas pelo fenômeno das secas nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, na macrorregião do sudeste brasileiro adjacentes aos espaços subúmidos secos ou semiáridos.

Com tal realidade, pode-se apontar ainda conforme assinala a CCD, as ASDs que representam 1.338.076 Km<sup>2</sup> (15,72% do território brasileiro) e abrigam uma população de 31,6 milhões de habitantes (18,65% da população do país). Portanto, considerando que os efeitos da desertificação são múltiplos e complexos, deve-se atribuir esse fenômeno ao modelo de desenvolvimento adotado ao longo de diversas décadas. Sendo as principais causas e efeitos da desertificação no Estado do Ceará, impulsionados pelo sobrepastoreio extensivo, o extrativismo vegetal indiscriminado, as práticas agrícolas tradicionais, entre outros.

O Estado do Ceará totaliza 150 municípios reconhecidos como integrantes do semiárido nordestino, dentre seus 184 existentes. Em relação ao Polígono das Secas, o Ceará tem 180 municípios nesse perímetro, ficando excluídos Acaraú, Cruz, Jijoca de Jericoacoara e Itarema. Assim, o Estado tem 126.514,9 km<sup>2</sup> incluído no Semiárido, ou seja, 86,80% do seu território, onde residem 4.724.290 habitantes (IBGE, 2010), número correspondente a 55,92% de sua população. Observando isso, o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE-CE) (2010) compreende que 14 municípios localizados nessa faixa semiárida são considerados como áreas susceptíveis à desertificação, situado nos sertões dos Inhamuns, de Irauçuba e do Médio Jaguaribe. Observando essa delimitação, destacamos o médio curso da bacia do rio Aracatiaçu, inserido na ASD de Irauçuba, que está entre as que apresentam uma situação preocupante quando o assunto são os efeitos da desertificação.

Conforme o PAE-CE (2010), as problemáticas ambientais ocasionadas pela desertificação se evidenciam na degradação da biodiversidade, na diminuição e disponibilidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, no assoreamento de vales e reservatórios, na perda física e de fertilidade dos solos. Esse fenômeno também deixa suas marcas sociais, traduzidas pelas mudanças na diminuição da capacidade produtiva dos grupos familiares. Nesse contexto, as populações sertanejas que apresentam um grande grau de vulnerabilidade, ficam submetidas à pobreza e à miséria quase em sua totalidade e a uma estrutura fundiária injusta, gerando os movimentos migratórios, a desestruturação de famílias e o acréscimo nos problemas das áreas urbanas que não possuem estrutura para atender as necessidades das populações que chegam.



Observado esse panorama, podemos considerar que o fenômeno da desertificação contextualiza-se a partir da união das seguintes características: i) aumento de paisagens desérticas em áreas fora dos desertos; ii) manifestação imprevista nos ecossistemas semiáridos e subúmidos secos de processos físicos de degradação das terras que são específicos das regiões áridas, tais como a erosão eólica e ações aceleradas de escoamento superficial; iii) decadência da produtividade biológica das terras com degradação dos solos e da cobertura vegetal; iv) salinização dos solos; v) desestruturação dos sistemas socioeconômicos a partir da degradação ambiental; vi) disparidade entre a capacidade produtiva dos recursos naturais e sua capacidade de resiliência; vii) expansão muito significativa dos chãos pedregosos e dos afloramentos rochosos; viii) incompatibilidade de atividades com a capacidade de suporte do ambiente, são exemplos dessa realidade: sobrepastoreio, agricultura rudimentar, extrativismo vegetal insustentável, dentre outras.

Percebe-se também, que as características econômicas e sociais dos municípios cearenses contribuem para elevar os riscos de desertificação, o que conforme Cedeplar e Fiocruz (2008) acentua um cenário pessimista apontando no documento “Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000-2050”, o qual evidencia impactos negativos na maioria dos indicadores econômicos e sociais. Sendo previsto para o Ceará, uma queda de 79,6% na quantidade de terras favoráveis à pecuária e à lavoura (especialmente de subsistência), o que, por sua vez, inibirá o crescimento do PIB em 16,4%, diminuirá a renda per capita e elevará as taxas de migração, diminuindo a qualidade de vida.

Tratando-se do desenvolvimento sustentável como alternativa para o enfrentamento do fenômeno da desertificação que afeta o semiárido nordestino, cearense e, particularmente, a região do médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu, que se insere no contexto das bacias hidrográficas semiáridas, discutiremos então sobre a noção desse tipo de desenvolvimento.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi proposto inicialmente pelo relatório da *Brundtland Commission*, em 1987, que tinha como título “Nosso futuro comum”. Conforme Seiffert (2006)

Esse relatório foi produto da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que abordou o desenvolvimento sustentável como aquele que utiliza os recursos naturais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas necessidades. Fica claro que o conceito dá margem a interpretações que de modo geral baseiam-se num desequilíbrio entre os três eixos fundamentais do conceito de sustentabilidade, que são: o crescimento econômico, a preservação ambiental e a equidade social (*apud* SEIFFERT, 2010, p. 26).

Entende-se, portanto, que o conceito de desenvolvimento sustentável está fundamentado e equilibrado quando contempla a relação entre o ambiental, o social e o econômico. Observa-se que o desenvolvimento econômico não quer dizer de fato desenvolvimento para uma determinada sociedade ou grupo social, mas sim uma expansão de um sistema econômico vigente. Nessa perspectiva, o desenvolvimento sustentável constitui-se, na visão de Seiffert, a adoção de um padrão de desenvolvimento requerido para obter a satisfação duradoura das necessidades humanas com qualidade de vida.

Silva e Rodrigues (2009) enfatizam que a concepção de Desenvolvimento Sustentável é compreender como ocorre a incorporação da sustentabilidade no processo de desenvolvimento, o que cabe reconceituá-lo. Este deve ser assumido como um meio complexo que abraça diferentes estruturas, dimensões diferenciadas, processos complexos e resultados diversos. O desenvolvimento seria uma categoria conceitual que tem a ver com todas as esferas sociais. Diante disso, o desenvolvimento sustentável deve considerar e entender os seus diferentes níveis, por isso não se deve entender um ou outro estado final, mas sim compreendê-lo como um processo, uma transição para graus de racionalidade crescente, governado por um projeto cultural que transcenderia e envolveria os aspectos naturais, econômicos e políticos.

Observando essa concepção de desenvolvimento que incorpora a noção de sustentabilidade, que é definida como a capacidade de promoção do desenvolvimento de maneira segura e equilibrada em todos os âmbitos, o conceito de desenvolvimento sustentável pauta-se, de modo geral, em um equilíbrio entre os eixos fundamentais do conceito de sustentabilidade, que para Sachs (1993) *apud* Seiffert (2010) apresentam cinco dimensões: social, econômica, ecológica, geográfica ou espacial e cultural, além de propor a inserção de um sexto pressuposto; o tecnológico.

É nessa compreensão, que aqui se expande as discussões para um horizonte da sustentabilidade ambiental. A construção da noção de desenvolvimento sustentável toma força a partir da Conferência do Rio, no ano de 1992, em que surge como uma nova perspectiva, que segundo Silva e Rodriguez (2009) reflete um ponto de inflexão no diálogo entre o meio ambiente e desenvolvimento.

Na visão de Zakrzewski (2004, p 83) “O conceito de desenvolvimento sustentável apresenta muitos problemas, especialmente de natureza conceitual, ética e cultural. Também não se refere a uma fundamentação educativa, mas a uma opção contextual adotada por alguns autores sociais em um momento histórico.” Nesse caso, o pensamento ambiental e

sustentabilista apresentam-se pela necessidade de análise sobre as questões ambientais associadas à problemática do desenvolvimento. De fato é necessário entender que nos últimos vinte anos, conforme Rodriguez e Silva (2009) está se desenvolvendo um pensamento sustentabilista fundamentado em uma visão sistêmica, que considera a mesma noção de sustentabilidade, como uma propriedade das diferentes categorias dos sistemas ambientais.

Entretanto, a implementação do desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino, que associe a esse pensamento sistêmico a visão de sustentabilidade, caracteriza-se como um dos grandes desafios para a sociedade e para as instituições governamentais. Nessa perspectiva, surge o debate em torno de novas estratégias de convivência com semiárido, entre tais aparecem novas tecnologias apropriadas para garantir o manejo sustentável dos recursos naturais e da convivência do homem do campo com o ambiente que o cerca. São exemplos dessas tecnologias: i) sistemas de bombeamento de água utilizando energia solar; ii) sistemas de bombeamento com catavento; iii) cercas eletrificadas com energia solar; iv) sistemas de geração de energia elétrica por conversão de energia solar para pequenos motores (CA – corrente alternada); v) secadores solares; vi) biodigestores; vii) fogões eficientes (ANHALT, 2006).

Outra alternativa que se manifesta para assegurar o desenvolvimento sustentável no Nordeste, são as tecnologias de captação e manejo de água da chuva em regiões semiáridas. Sabe-se que a escassez de água é um grande agravante para as populações sertanejas. Pensando nessa eminência, Gnadlinger (2006) observa que a captação e o manejo de água de chuva como água potável ou para uso na agricultura é um pensamento existente há muito tempo, mas está sendo largamente ignorada pelos planejadores públicos e a iniciativa privada, por não ser considerada tão atraente como os megaprojetos de abastecimento de água. Mesmo assim, a captação de água da chuva, se introduzida em larga escala, pode aumentar consideravelmente o abastecimento existente de água a um custo relativamente baixo, e passar para as comunidades a responsabilidade de gerenciar seu próprio abastecimento e contribuir para uma agropecuária sustentável em regiões semiáridas.

Essas tecnologias de captação e manejo das águas das chuvas para a utilização humana e para a agricultura e dessedentação de animais, corporificam um sentido ao mesmo tempo de agrícola, ecológico, econômico-solidário. São exemplos de tecnologias: i) cisternas para o abastecimento humano; ii) as cisternas de placas; iii) a cisterna adaptada para a agricultura; iv) a cacimba; v) a barragem subterrânea; vi) a captação de água “*in situ*”; entre outras.

Portanto, entende-se que a problemática da desertificação está pautada pela relação natureza e ação humana, que do ponto de vista geoambiental, caracteriza-se pelo elevado nível de degradação e deterioração dos recursos naturais. Além da variável humana intensificando e colaborando para a ocorrência desse fenômeno, verifica-se também que as vulnerabilidades existentes também estão associadas à condição climática e a fragilidade do ambiente semiárido. Nessa conjuntura, é fundamental o desenvolvimento de políticas públicas que visem à garantia do desenvolvimento sustentável aliado ao crescimento econômico, a relação do sertanejo com o seu ambiente, ao combate à pobreza e a diminuição das desigualdades sociais, isso claro, a partir dos investimentos em estratégias a nível nacional, estadual e local.

### 3. BASES METODOLÓGICAS PARA O ESTUDO

#### 3.1. Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) voltado para o estudo de bacias hidrográficas

Para a realização da análise sistêmica no médio curso da bacia do rio Aracatiaçu, buscando entender o grau de degradação física dos recursos naturais e do ambiente como um todo, destaca-se a metodologia proposta por Beltrame (1994) que foi adaptada do Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT) com sede na Venezuela e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR), denominada Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC). Para a autora, essa metodologia busca diagnosticar a situação real em que se encontram os recursos naturais renováveis e determinar o potencial de degradação destes recursos em um dado espaço geográfico, visando, principalmente, a manutenção dos recursos hídricos, solo e vegetação.

Desta forma, consideraram-se quatro grandes parâmetros potenciais naturais de degradação física e, a partir deles, são definidos sete sub-parâmetros componentes da fórmula descritiva do estado físico conservacionista da bacia. Observando o quadro 02, é possível identificá-los.

**Quadro 02** - Parâmetros observados para a Realização do Diagnóstico Físico- Conservacionista (DFC)

Fatores Físicos	Parâmetros Analisados
Vegetação	1. Grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal original – Parâmetro CO 2. Grau de proteção da cobertura vegetal fornecido ao solo – Parâmetro CA
Clima	3. Erosividade da Chuva – Parâmetro E 4. Balanço Hídrico – Parâmetro BH
Características Geológicas e Pedológicas	5. Suscetibilidade da textura à erosão, associada da declividade – Parâmetro PE 6. Densidade de Drenagem – Parâmetro DD
Relevo	7. Declividade Média – Parâmetro DM

Fonte: Beltrame (1994)

No parâmetro de Cobertura Vegetal Original (CO), é definido o tipo de vegetação original da área considerando características do solo, da altitude e do clima. Após obter as informações básicas, deve ser feito uma comparação entre a semelhança da vegetação original e a atual, contudo o grau de semelhança atribuído ocorre em relação às características de espacialização de cobertura vegetal não considerando as diferenças entre as espécies originais e atuais (BELTRAME, *op. cit.*). A isso se associa ao resultado um índice que fará parte da fórmula final.

Na determinação da Cobertura de Vegetação Atual (CA), o objetivo é averiguar a proteção que esta oportuniza ao solo. Para tanto, é essencial constatar o atual uso da terra e avaliar a defesa fornecida ao solo pela cobertura vegetal existente. Já o parâmetro Declividade Média (DM) é utilizado para caracterizar o relevo dos diferentes setores da bacia hidrográfica (BELTRAME, *op. cit.*).

O parâmetro de Erosividade da Chuva (E) indica a quantidade de solo perdida pela erosão causada pela ação das chuvas. Nesse parâmetro, é necessário se ter dados das estações pluviométricas nas proximidades e dentro da área da bacia hidrográfica, pois com os dados de precipitação média e anual é que se estabelece o índice de erosão. A adoção do parâmetro Balanço Hídrico (BH) é utilizado para estabelecer o cálculo da diferença entre a entrada e saída de água no solo, também é responsável pela definição do excesso ou deficiência hídrica na bacia (BELTRAME, *op. cit.*).

O parâmetro Potencial Erosivo dos Solos (PE) considera a erodibilidade dos diferentes tipos de solo e as diferentes taxas que isso ocorre pelas diferenças nas propriedades e nos tipos de usos. Para análise desse parâmetro Beltrame associou informações da geologia, da geomorfologia e da textura dos solos. A geologia foi considerada, pois fornece informações sobre o substrato rochoso, sua formação e as transformações ocorridas, já a geomorfologia é importante por especificar o relevo da região estudada e relaciona-se com a litologia e a textura dos solos, que é basilar na definição do potencial erosivo dos solos, e quando esses fatores integram-se com a declividade do terreno, torna-se um importante indicador desse potencial.

A Densidade de Drenagem (DD) é um importante parâmetro, pois por meio dela conhecemos o potencial da bacia e de seus setores em possibilitar um maior ou menor escoamento superficial da água, trazendo como consequência uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na modelagem dos canais fluviais. A DD é formada pelo rio principal e seus tributários relacionando o comprimento dos canais com a área da bacia. A utilização do parâmetro declividade média (DM) é utilizado para caracterizar o relevo dos setores da bacia. (BELTRAME, *op. cit.*).

É importante compreender que para cada parâmetro são estabelecidos valores numéricos representativos (índices), como padrão para melhores condições quanto aos processos erosivos na somatória dos índices mínimos, da mesma forma, como padrão de piores condições quanto ao processo erosivo, estabelecemos a somatória dos índices máximos. A metodologia apresenta, assim, o valor crítico do processo erosivo encontrado

para uma dada bacia. Quanto maiores os valores dos índices de cada parâmetro, maior o potencial de risco de degradação dos recursos naturais e vice-versa. Os parâmetros analisados são expressos numericamente por meio de uma fórmula descritiva final, o que resulta no índice de risco de degradação física da bacia hidrográfica. Para cada parâmetro encontrado se define um índice de acordo com a classificação previamente estabelecida com os seus respectivos índices aplicados na fórmula descritiva, sugerindo uma análise qualitativa quanto à preservação dos recursos naturais da bacia hidrográfica em questão (PINHEIRO, 2011).

Outra questão importante é a divisão da bacia em setores, o que caracteriza a primeira etapa na aplicação do DFC. Esta setorização pode ser realizada a partir da adoção de critérios hidrográficos, hipsométricos, geológicos e morfométricos, além de perfis longitudinais dos principais rios que compõem a bacia (FERRETI, 2003). No estudo em questão, a divisão do médio curso do rio Aracatiaçu foi efetivada a partir das informações hipsométricas, dos divisores d'água e da disposição dos canais fluviais, obtendo como produto final a divisão do médio curso em três sub-bacias, ou como denominamos nesta pesquisa, de setores A, B e C para a efetivação do processo de análise. Ao se realizar o diagnóstico físico-conservacionista de uma bacia, a variável socioeconômica é também considerada, o que torna possível integrar as informações do sistema natural com o sistema social e econômico, fornecendo, desse modo, bases sólidas para a elaboração do diagnóstico ambiental integrado.

Aponta-se nesse caso o Diagnóstico Integral da Bacia Hidrográfica (DIBH), como destaca Ferreti (2003), que pressupõe a sintetização do estado da degradação e/ou conservação da bacia, sendo composto por sete diagnósticos que se inter-relacionam, sendo tais: a) Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC); b) Diagnóstico Socioeconômico (DSE); c) Diagnóstico Recurso Solo (DS); d) Diagnóstico do Recurso Água (DA); e) Diagnóstico Recurso Vegetação (DV); f) Diagnóstico do Recurso Fauna (DF); e Diagnóstico da Contaminação Ambiental (DCA). Observa-se um melhor detalhamento no quadro 03.

**Quadro 03** – Diagnósticos para o Estudo Integral da Bacia Hidrográfica.

<b>DIAGNÓSTICO</b>	<b>OBJETIVO</b>
Diagnóstico Físico Conservacionista – DFC	Determinar o potencial de degradação de uma bacia a partir de fatores naturais.
Diagnóstico Sócio-Econômico – DSE	Fornece os fatores de degradação e poluição ambiental causada pelo homem. Envolve os produtores com amostragem usando questionários e entrevistas, tabulações, análises críticas, recomendações e conclusões e abrange também

	as sedes municipais da bacia.
Diagnóstico Recurso Solo – DS	Classifica e interpreta as formas e os tipos de uso dos solos e os conflitos desses usos.
Diagnóstico do Recurso Água – DA	Visa avaliar quantitativamente as disponibilidades hídricas para demanda atual e futura em seus diferentes usos. Verifica as disponibilidades superficiais e subterrâneas e fornece informações referentes às demandas, enchentes e infraestrutura hidráulica.
Diagnóstico Recurso Vegetação	Cria um banco de dados com a vegetação da área especificando uso predominante de cada espécie, uso social (alimentação, medicamentos, construção civil, etc), espécies econômicas (matéria-prima para uso industrial), espécies energéticas, espécies conservacionistas e espécies ecológicas (pré-requisitos para sobrevivência de outras espécies).
Diagnóstico Recurso Fauna – DF	O objetivo é fazer um registro da fauna da bacia.
Diagnóstico da Contaminação Ambiental – DCA	Identifica as situações de poluição existentes na bacia: poluição hídrica, poluição atmosférica, poluição sonora e por resíduos sólidos.

Fonte: FERRETI (2003)

Nessa perspectiva, Ferreti (2003, p. 19) afirma que “O DFC é um diagnóstico preliminar necessário para embasar os demais. Mesmo genérico, é abrangente e prático por obter valores objetivos que avaliem o estado físico-conservacionista de uma bacia hidrográfica.” Conforme Beltrame (1994), os parâmetros analisados são expressos de forma quantitativa, pela fórmula descritiva resultando em um índice de risco de degradação física da bacia hidrográfica. Cada parâmetro é expresso através de um índice que indica a condição de proteção ou de degradação física dos recursos naturais. Desse modo, a aplicação desses índices na fórmula descritiva final induz a uma análise qualitativa dos recursos naturais da bacia hidrográfica.

### 3.2. Fórmula Descritiva

A aplicação da fórmula descritiva permitirá uma análise qualitativa quanto à preservação dos recursos naturais da bacia hidrográfica estudada.

$$E(f): CO_a CA_b DM_c Ed P E_e DD_f BH_g$$

Onde:

**E(f)** - é o estado físico-conservacionista do setor, que é proporcional aos parâmetros

**Coa** - grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e atual; “a” é o índice específico do parâmetro CO;



**CAb** - proteção da cobertura vegetal atual; “b” é o índice específico do parâmetro CA;

**DMc** - declividade média; “c” é o índice específico do parâmetro DM;

**Ed** - erosividade da chuva; “d” índice específico do parâmetro E;

**PEe** - potencial erosivo dos solos; “e” é o índice específico do parâmetro PE;

**DDf** - densidade de drenagem; “f” é o índice específico do parâmetro DD;

**BHg** - balanço hídrico; “g” é o índice específico do parâmetro BH.

Para chegar aos valores finais é necessário somar os valores mínimos dos parâmetros que representam o melhor estado físico-conservacionista, como também os valores máximos que indicam o pior estado. A partir desses valores, obtêm-se o ângulo de inclinação da reta ou equação da reta. Os valores podem ser plotados em eixos cartesianos, em que o eixo x indicará os valores obtidos na fórmula descritiva dos setores da bacia e o eixo y as unidades de risco de degradação física da bacia, obtendo assim, o ângulo de inclinação da reta. Com a equação da reta  $y = ax + b$  pode-se calcular esse resultado com maior precisão (FERRETTI, 2003).

Ferretti (*op.cit.*) aponta que na avaliação do melhor estado físico da bacia, deve-se correlacionar o mapa de uso do solo e o mapa de potencial erosivo do solo, o que resultará no mapa de conflito de uso do solo. Para a autora, será com base neste que poderão ser realizadas análises sobre as características ambientais dos setores, além da possibilidade da realização de propostas que visem à adequação nos usos, o que para Mota & Aquino (2003) constitui uma medida importante para o controle de atividades que são desenvolvidas em uma bacia, o que afetará diretamente na minimização dos impactos ao ambiente. Este disciplinamento dos usos deve ser aplicado considerando os condicionantes naturais do meio físico, tais como: a cobertura vegetal, a topografia, os tipos de solos, as características geológicas e geomorfológicas; sistema de drenagem natural das águas.

A proposta do DFC vem sendo aplicada em estudos de bacias hidrográficas em diversas pesquisas no Brasil, além de Beltrame (1994) na bacia do rio do Cedro, Município de Brusque – SC; por Ferreti (1998), na bacia do rio Marrecas – PR; Ferreti (2003), na bacia do rio Tagaçaba – PR; Carvalho (2004), na bacia do rio Quebra – Perna, Ponta Grossa - PR, Melo (2008) na microbacia riacho dos Cavalos, em Crateús- CE; Rocha (2008) na nascente do rio Apodi – Mossoró – RN, no município de Luis Gomes-RN; e Pinheiro (2011) na bacia do riacho Feiticeiro, no município de Jaguaribe.

Dos trabalhos apresentados acima se destacam os estudos de: Melo (2008); Rocha (2008) e Pinheiro (2011), pois se tratam de trabalhos desenvolvidos no contexto de bacias

hidrográficas localizadas na região semiárida. Da mesma forma, a presente pesquisa objetiva realizar, com algumas adaptações, o diagnóstico físico-conservacionista no médio curso do rio Aracatiaçu – CE, fundamentando-se no embasamento teórico-metodológico dos trabalhos citados anteriormente.

### 3.3. Adaptações da Fórmula Descritiva Final para o Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC)

A metodologia utilizada por Beltrame (1994) deu suporte para o diagnóstico físico-conservacionista (DFC) do médio curso do rio Aracatiaçu. Nesse sentido, realizaram-se algumas adaptações na determinação dos parâmetros propostos na fórmula descritiva, como também nos seus respectivos índices, conforme se observa no quadro 04.

**Quadro 04** – Adaptações da Fórmula Descritiva Final do DFC

<b>Diagnóstico Físico-Conservacionista (BELTRAME, 1994)</b>	<b>Adaptações realizadas no Diagnóstico Físico-Conservacionista no presente estudo</b>
Cobertura Vegetal Original (CO), por meio do mapa fitogeográfico (escala 1:1.000.000) com descrições de Klein (1978).	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) com o processamento de imagens orbitais Landsat 2 do ano de 1981.
Cobertura vegetal atual (CA), por meio de imagens do LANDSAT TM-5 e fotografias aéreas.	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) com o processamento de imagens orbitais Landsat 5 do ano de 2009.
Erosividade da chuva (E), por meio da equação de Bertoni & Moldenhauer (1980) citado em Bertoni e Lombardi (1985)	Fator Erosividade da chuva (R) com resultados estimados pelo método de Bertoni & Lombardi Neto (1999)
Declividade Média (DM) pela média aritmética da longitude das curvas de nível, equidistância entre as curvas de nível e a área da bacia.	Declividade Média (DM) por meio da ferramenta “Create Contours”, e com a ferramenta “Clip”, “Create TIN” “Symbology” do ArcGis 10.
Potencial erosivo do solo (PE), por associação da suscetibilidade da textura do solo à erosão e declividade	Fator erodibilidade do solo (K), por meio da equação proposta por Römken <i>et al</i> (1987).
Densidade de drenagem (DD), pela equação de Horton (1945), citada por Christofolletti (1980).	Densidade de drenagem (DD), pela equação de Horton (1945), citada por Christofolletti (1980).
Balanço hídrico (BH), obtido pelo método de Thornthwaite e Matter (1955) citado em Orselli & Silva (1988).	Índice climático (IC), obtido pelo produto da relação entre índice efetivo de umidade (Im) e números de meses secos (Ms) fundamentado em Thornthwaite (1955).

**Fonte:** Adaptado de Beltrame (1994); Melo (2008); Pinheiro (2011).

A análise de alguns parâmetros foi substituída por motivo de adequação aos dados da área de estudo. É importante salientar que essas modificações concederam uma maior otimização na obtenção dos índices da fórmula descritiva final sem comprometer o resultado quantitativo e qualitativo das informações.

A respeito das adaptações que foram feitas, observa-se que a mudança mais significativa ocorreu com a troca dos parâmetros Cobertura Vegetal Original (CO) e Atual (CA) pelo parâmetro Índice de Cobertura Vegetal (ICV), que representa a obtenção da quantidade e vigência da vegetação existente em uma determinada área por meio do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). O NDVI utiliza imagens de satélite, baseando-se em suas características espectrais particulares, obtendo pelo processamento de imagens de onde se realiza a razão entre bandas, considerando os valores dos dados das bandas do vermelho e infravermelho próximo, o que permite a visualização e o nível de densidade da vegetação, sendo também possível esta verificação em diferentes espaços de tempos e/ou períodos.

Sobre o Índice Climático (IC), utilizou-se o balanço hídrico na análise deste parâmetro, sendo também efetivada a representação das informações dos índices climáticos que são importantes para análises em ambiente semiárido, como é o caso em particular do estudo. Considerou-se dessa maneira o Índice Efetivo de Umidade (Im) e o Número de Meses Secos (Ms), sendo que o produto da relação entre o Im e Ms resultou no Índice Climático (IC) utilizado na fórmula descritiva final.

Desse modo, as mudanças realizadas na fórmula descritiva final, foram condicionadas especificamente nos meios de obtenção dos índices determinados na análise de cada parâmetro sugerido no DFC. Dessa maneira, a partir dessas adaptações a metodologia utilizada para diagnosticar o estado de conservação e/ou de degradação no médio curso do rio Aracatiaçu, é demonstrada pela seguinte fórmula descritiva:

$$\mathbf{EDA = (IC) + (R) + (K) + (DM) + (DD) + (ICV)}$$

Onde:

**EDA** – é o estado de degradação ambiental do médio curso.

**(IC)** – é o Índice climático.

**(R)** – é o Erosividade da chuva.

**(K)** – é o Erodibilidade do solo.

**(DM)** – é a Declividade média.

**(DD)** – é a Densidade de drenagem.

**(ICV)** – é o Índice de cobertura vegetal.

Em todos os parâmetros foram estabelecidos como índice mínimo o valor um (1) enquanto que o índice de maior valor encontrado na bacia é considerado o parâmetro mais alto, nota-se dessa maneira, que quanto maior a soma desses índices maior o risco de degradação ambiental no médio curso do rio Aracatiaçu.

Esta fórmula foi aplicada em dois períodos, considerando os ICV de cada intervalo analisado. Diante disso, realizou-se uma análise de comparação do nível de degradação ambiental no médio curso do rio Aracatiaçu, entre os anos de 1981 e 2009, por meio da aplicação da fórmula descritiva final obtida com dos dados dos parâmetros do DFC. Esse procedimento indica a variação que a região da bacia estudada, evidencia em relação ao estado de conservação e/ou degradação dos recursos naturais no espaço de tempo das análises. Dessa maneira, tem-se a seguinte fórmula:

$$\mathbf{EDA (1981) = (IC) + (R) + (K) + (DM) + (DD) + (ICV 1981)}$$

e

$$\mathbf{EDA (2009) = (IC) + (R) + (K) + (DM) + (DD) + (ICV 2009)}$$

Para a aplicação destas fórmulas, dividiu-se por setores (A, B e C) o médio curso do rio Aracatiaçu, onde se aplicou cada uma com o objetivo de demonstrar qual setor que necessita de maiores ações de planejamento e de gestão ambiental visando à intervenção para a recuperação de áreas degradadas, vislumbrando o desenvolvimento sustentável no semiárido.

Visando a complementação das análises oportunizadas pela aplicação do DFC, elaboraram-se mapas de cobertura e uso do solo referente aos anos de 1981 e 2009. O motivo pela escolha desses dois anos deve-se a disponibilidade de imagens de satélite que pudessem representar a região estudada em um período mais antigo e outro mais recente, o que oportunizaria compreender a dinâmica da paisagem. A análise comparativa desses mapas possibilita a verificação das mudanças ocorridas ao longo desse período. Cabe salientar, que esses mapas foram produzidos com o intuito de observar a intensidade da ação humana no manejo da terra e os seus efeitos sobre a cobertura vegetal e os recursos hídricos.

### **3.4. Geoprocessamento Aplicado ao Diagnóstico do Meio Físico**

Segundo Porto e Porto (2008), as bacias hidrográficas cada vez mais, vem sendo utilizadas como unidades naturais para a realização de ações de planejamento ambiental, sendo que as intervenções numa bacia, quando observadas por uma perspectiva sistêmica dos

elementos que influenciam a composição do sistema ambiental, tais como o econômico, o ambiental e o cultural, interferem significativamente no grau de organização dos componentes geoambientais.

Diante de tal realidade, observa-se que com a ajuda de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a elaboração de diagnósticos ambientais torna-se mais completa, já que com o uso do geoprocessamento na identificação dos impactos causados pelas atividades antrópicas torna-se concreto. Portanto, a utilização do geoprocessamento facilita a obtenção de dados, possibilitando a elaboração destes em formato digital, facilitando a reprodução em diferentes escalas, conforme a necessidade e objetivo do estudo que se busca realizar.

Para Carvalho (2000), o geoprocessamento compreende um grupo de diversas tecnologias que realizam o tratamento e a manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais, do sensoriamento remoto, digitalização de dados e a automação de tarefas cartográficas. É importante entender que a abordagem sistêmica aliada ao geoprocessamento, torna-se uma ferramenta fundamental em estudos de caráter integrador. Compreendendo isso, nota-se que o emprego do GIS possibilita a compilação e a organização de dados, facilitando dessa maneira, a integração com outros dados (BELTRAME, 1994).

Nessa perspectiva, Sidhu *et al.* (2000) *apud* Awasthi *et. al.* (2002) mencionam que a capacidade do GIS para integrar e analisar dados espaciais e temporais pode ajudar a quantificar as mudanças de uso da terra. Em áreas de topografia acidentada, por exemplo, de difícil acesso, as técnicas de sensoriamento remoto são uma ferramenta valiosa para monitorar as mudanças espaciais e temporais no uso da terra, bem como os seus impactos. Devido à natureza e a distribuição espacial de parâmetros de bacias hidrográficas, o sensoriamento remoto, combinados com GIS, revela-se eficaz para a análise, armazenamento, recuperação e exibição de dados biofísicos e sociocultural.

Acredita-se, portanto, que o emprego do geoprocessamento em uma pesquisa, favorece uma integração analítica espaço-temporal em aspecto qualitativo e quantitativo dos fatores e parâmetros de uma bacia hidrográfica. Para Xavier da Silva (1992), o geoprocessamento é uma metodologia que permite resultados objetivos, onde o uso do SIG propicia uma visão da situação ambiental como um todo, na qual a realidade é percebida como um agregado de sistemas relacionados entre si, tais como: relações de inserção (hierarquia), justaposição (proximidade/contingência) e funcionalidade (causalidade), tendo como perspectiva o estudo da paisagem.

Sobre o estudo da degradação das terras a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, Baroudy (2011) observa que a degradação do solo pode ser estudada usando vários métodos, tais como a observação direta no campo e sensoriamento remoto. Em comparação com o método de campo, o método de sensoriamento remoto é muito mais rentável e eficiente.

Portanto, nota-se que esse método é eficiente para os estudos de degradação em bacia hidrográfica, entendendo que a concepção sistêmica quando associada ao geoprocessamento surge como um caminho para a aplicação de metodologias que busquem estudar de forma integrada o meio ambiente. Rocha (2005) analisa que esta abordagem envolve um maior uso de ferramentas computacionais para análise, capaz de lidar com grandes quantidades de dados e gerar novas informações e conhecimento para ajudar no processo de gestão e tomada de decisão. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é, provavelmente, entre as ferramentas de suporte a que melhor se adapte a abordagem sistêmica para a gestão dos recursos naturais, dada as suas características de integração e manipulação de grandes quantidades de dados espaciais e alfanuméricas.

Nessa perspectiva, a eficiência da combinação da abordagem sistêmica a de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para Rosa (2005) correspondem a um conjunto de ferramentas computacionais que integram uma série de informações que tornam possíveis a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a oferta de informações georreferenciadas, as quais auxiliam no monitoramento, planejamento e tomada de decisões relativas ao ambiente estudado. Portanto, resulta na geração de informações em estudos gerais sobre o meio físico, além de produzir como já mencionado, novas informações e conhecimentos a serem usados no processo de gestão e na tomada de decisões.

### **3.5. Bases para a Determinação dos Parâmetros do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC)**

#### **3.5.1. Determinação do parâmetro Índice Climático (IC)**

Para Beltrame (1994), o clima pode ser entendido como um fator natural, que de maneira direta ou indireta influencia na degradação dos recursos naturais renováveis, o que para Araujo *et al.* (2010) está associado às condições atmosféricas adversas que vem sendo induzidas pelo homem, provocando a mudança do clima global.

Para Melo (2008), a análise de dados climáticos, como temperatura média anual, total pluviométrico anual e distribuição da precipitação, revelam informações importantes como períodos de maior potencialidade erosiva das chuvas, riscos de estiagens, etc. Beltrame (*op. cit.*) menciona que a chuva exerce um papel fundamental na manutenção do ciclo da água e, por consequência, do balanço hídrico em uma bacia hidrográfica, que possibilita entender, segundo Varejão-Silva (2001), todos os fluxos hídricos positivos (entrada de água no solo) e negativos (saída de água do solo), ou seja, as perdas de água no solo pela evapotranspiração que determina o quadro de deficiência ou saldo hídrico.

Para Varejão-Silva (*op. cit.*), tais fluxos decorrem de trocas com a atmosfera (precipitação, condensação, evaporação e transpiração) e do próprio movimento superficial, caracterizado pelo escoamento e subterrâneo sob a forma de percolação da água. Cabe salientar que esses dados citados são fundamentais para a compreensão dos sistemas atmosféricos que atuam na região da bacia de estudo, localizada no semiárido cearense.

As informações sobre precipitação (P) com média mensal da área do médio curso da bacia do rio Aracatiaçu foram obtidas pelos dados de precipitações das séries históricas disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) em seu site.

Por apresentarem diversas falhas encontradas nas séries históricas dos postos pluviométricos próximos ou inseridos na área de estudo, apenas quatro postos foram selecionados, compreendendo o período de vinte e quatro (24) anos. Para isso, os postos escolhidos foram: a) Posto Pluviométrico de Amontada; b) Posto Pluviométrico de Miraíma; c) Posto Pluviométrico de Sobral; e d) Posto Pluviométrico de Irauçuba, compreendendo o período de 1988 a 2012 (24 anos). A adoção, desses quatro postos pluviométricos na pesquisa, ocorreu devido à necessidade de se ter no mínimo três postos com dados para a efetivação das análises da erosividade e da estimativa do índice climático do médio curso (os quais são mensurados a partir de informações das precipitações), sendo a espacialização das informações geradas por métodos de triangulação, que no caso desta pesquisa utilizamos o por *krigagem*, que consiste em um conjunto de técnicas de geoestatística de interpolação de dados, por meio do programa *Surfer 8*. Também utilizamos esses quatro postos pluviométricos pelo fato dos mesmos estarem inseridos na região da bacia, como é o caso dos postos de Miraíma, Amontada e Irauçuba, sendo o de Sobral também adotado, devido parte do médio curso abranger a região do município. Entende-se que essencial seria a análise de um período de 30 anos, considerada uma normal climatológica que se constitui através das

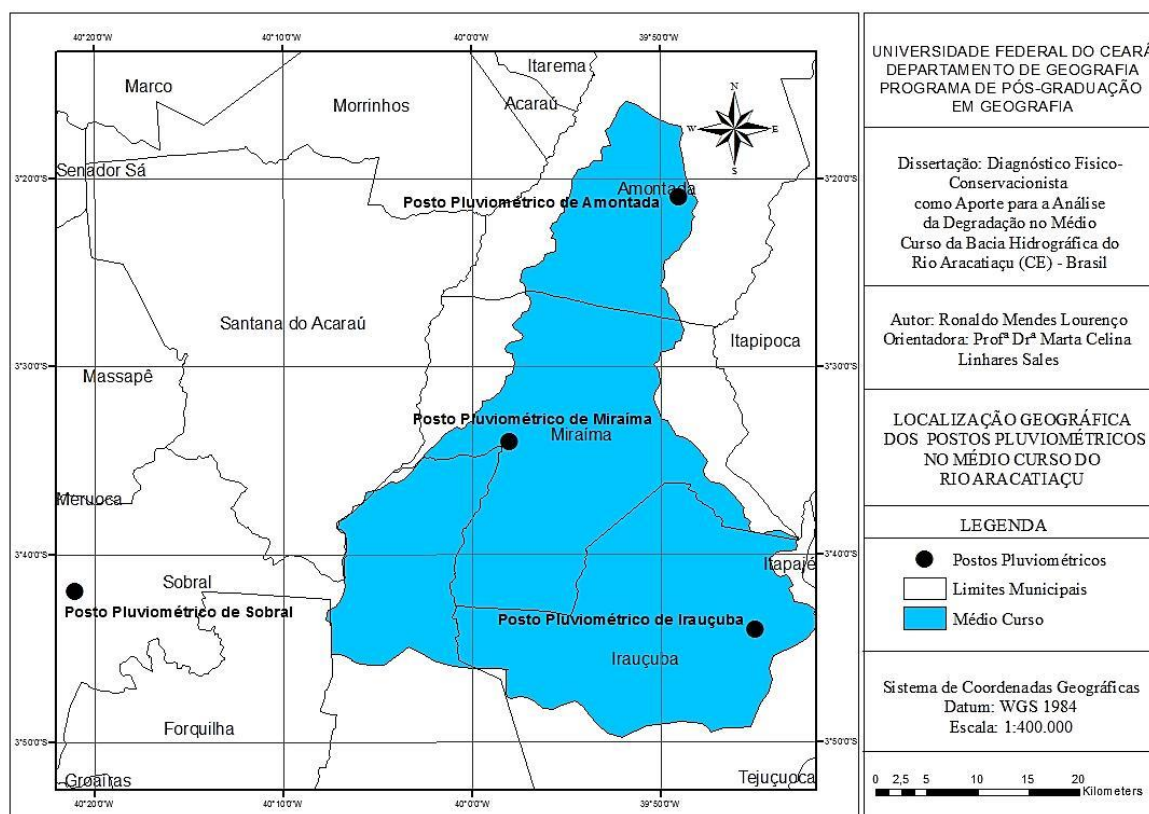
médias de parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Cabe salientar, que por motivos de inúmeras falhas encontradas nas séries históricas dos postos pluviométricos escolheram-se apenas esses quatro. A seguir a tabela 01 evidencia a localização dos postos pluviométricos e a figura 01 mostra a localização dos postos no médio curso. A tabela 02 mostra o registro das precipitações do período escolhido.

**Tabela 01** – Postos Pluviométricos Seleccionados para esta Pesquisa.

Postos Pluviométricos	Município	Coordenadas Geográficas	Coordenadas UTM
Amontada	Amontada (CE)	- 03° 21' e - 39° 40'	409276 E / 9629682 N
Miraíma	Miraíma (CE)	- 03° 34' e - 39° 58'	392636 E / 9605714 N
Sobral	Sobral (CE)	- 03° 42' e - 40° 21'	350075 E / 9590919 N
Irauçuba	Irauçuba (CE)	- 03° 44' e - 39° 45'	416717 E / 9587313 N

Fonte: FUNCEME (2013)

**Figura 01** – Localização Geográfica dos Postos Pluviométricos no Médio Curso do Rio Aracatiáçu



Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), elaboração.

Algumas séries históricas destes postos apresentaram falhas (ausência de dados mensais), o que foi preciso realizar as devidas correções utilizando o método de ponderação regional de Tucci (1993). Os dados incompletos foram corrigidos pelo uso da média



ponderada da precipitação mensal dos postos localizados próximos aos que apresentavam ausência de informações. Importante salientar que os postos utilizados como referência para as correções devem estar na mesma região climatológica aos postos a serem feitas as retificações, em que a equação para a correção é dada pela seguinte fórmula:

$$Y = 1/3 (y_m/x_{m1} + y_m/x_{m2} + y_m/x_{m3})$$

Onde:

**Y** é o valor a ser estimado no posto **Y**;

**x1, x2, x3** são as precipitações médias nas três estações próximas do posto **Y**.

**Tabela 02** – Precipitação Média Mensal entre os Anos de 1988 e 2012.

Precipitação Média Mensal (mm)												
Postos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Amontada</b>	89,3	121,8	196,9	184,5	78,3	26,3	9,2	0,9	0,4	0,7	0,0	4,5
<b>Miraíma</b>	99,7	108,0	198,3	202,7	92,5	23,3	8,5	1,7	2,5	0,8	1,5	9,6
<b>Sobral</b>	112,1	158,3	201,2	235,9	112,9	35,2	16,3	4,0	0,3	1,1	2,3	19,2
<b>Irauçuba</b>	60,9	113,6	122,7	114,4	57,6	23,6	8,3	0,1	0,0	0,0	0,0	8,5

Fonte: FUNCEME (2012)

### 3.5.1.1. Balanço Hídrico

Para Santos *et al.* (2010), o planejamento hídrico de uma região é o alicerce para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, sendo assim, o balanço hídrico possibilita o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo de um determinado período. Entendendo isso, Lima e Santos (2009) observam que o balanço hídrico como unidade de gerenciamento, oportuniza classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e de necessidade hídrica no solo, favorecendo também no gerenciamento integrado dos recursos hídricos

Sales (2003) atenta que em regiões de clima semiárido as precipitações não se distribuem de modo uniforme no decorrer do período chuvoso ou também se concentram em uma curta estação chuvosa, gerando a chamada “seca verde” que se traduz como um fenômeno de irregularidade entre a disponibilidade hídrica e ritmo de produção agrícola. Segundo a autora, a determinação do balanço hídrico compreende então, um importante instrumento para estudos agroclimáticos, climáticos e ecológicos, principalmente em regiões

que se apresentam com base em dados meteorológicos deficientes quase sempre constituídos por dado de precipitação mensal.

Conforme Pereira *et al.* (2002), os principais componentes do balanço hídrico para definir a demanda e disponibilidade hídrica é a precipitação (P), evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC). A evapotranspiração real e potencial e a deficiência hídrica são os componentes essenciais para se determinar a produtividade da água em uma determinada região. A evapotranspiração consiste no processo inverso da precipitação, pois é a contabilização da perda de água que foi evaporada do solo somada a transpiração das plantas. Nota-se que a relação entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real das plantas representa a deficiência hídrica que ocorre no solo, ou seja, quando a umidade do solo está abaixo do desejável fazendo com que a vegetação reduza suas atividades metabólicas e, conseqüentemente, diminuam o seu crescimento e desenvolvimento (MENDONÇA *et al.*, 2003). Entende-se, portanto, quando a precipitação é maior que a evapotranspiração potencial ( $P > ETP$ ) há um excedente hídrico, e quando a precipitação é menor que a evapotranspiração potencial ( $P < ETP$ ) existe um déficit hídrico (DEF), sendo a disponibilidade hídrica equilibrada quando a precipitação é igual à evapotranspiração potencial ( $P = ETP$ ).

Para a estimativa da evapotranspiração da área de estudo, foram utilizadas temperaturas médias mensais estimadas pelo programa *CRIATEMP* (OLIVEIRA & SALES, comunicação pessoal), em que foi possível estimar os valores de temperatura média mensal, em graus Celsius (°C). A equação manipulada pelo programa foi do tipo:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + b_1X_2 + c_1X_3 + a_2X_1X_2 + b_2X_1X_3 + c_2X_2X_3$$

Onde:

**Y** é o valor da temperatura

**X<sub>1</sub>** é a latitude em graus

**X<sub>2</sub>** é a longitude em graus

**X<sub>3</sub>** é a latitude em metros

**a<sub>0</sub>, a, b, c, a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>2</sub>** são os parâmetros estimados pelo método os mínimos quadrados. Essa equação de regressão múltipla para a estimativa das temperaturas médias mensais foi proposta por Cavalcanti e Silva (1994) para os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. As temperaturas mensais estimadas dos postos estão sintetizadas na tabela 03.

**Tabela 03** – Temperatura Média Mensal da Série Histórica dos Postos Pluviométricos

Temperatura Média Mensal (°C)												
Postos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Amontada</b>	26,9	26,8	26,2	26,0	26,2	26,2	26,8	26,4	26,4	26,5	26,7	26,8
<b>Miraíma</b>	27,2	27,0	26,3	26,2	26,3	26,4	26,1	26,8	26,9	27,0	27,1	27,2
<b>Sobral</b>	27,0	26,5	25,8	25,7	26,0	26,1	26,0	26,9	27,0	27,1	27,2	27,2
<b>Irauçuba</b>	26,5	26,1	25,5	25,4	25,6	25,5	25,3	26,0	26,2	26,2	26,3	26,5

Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

A partir da obtenção dos dados de precipitação e temperatura, calculou-se a evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), baseando-se no método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) no programa *BHVSE* (OLIVEIRA & SALES, comunicação pessoal).

A tabela 04 e o gráfico 01 trazem a síntese dos resultados do balanço hídrico dos dados de precipitação e temperatura média das séries históricas, apresentando os respectivos valores de evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR), excedente hídrico (EXC) e déficit hídrico (DEF).

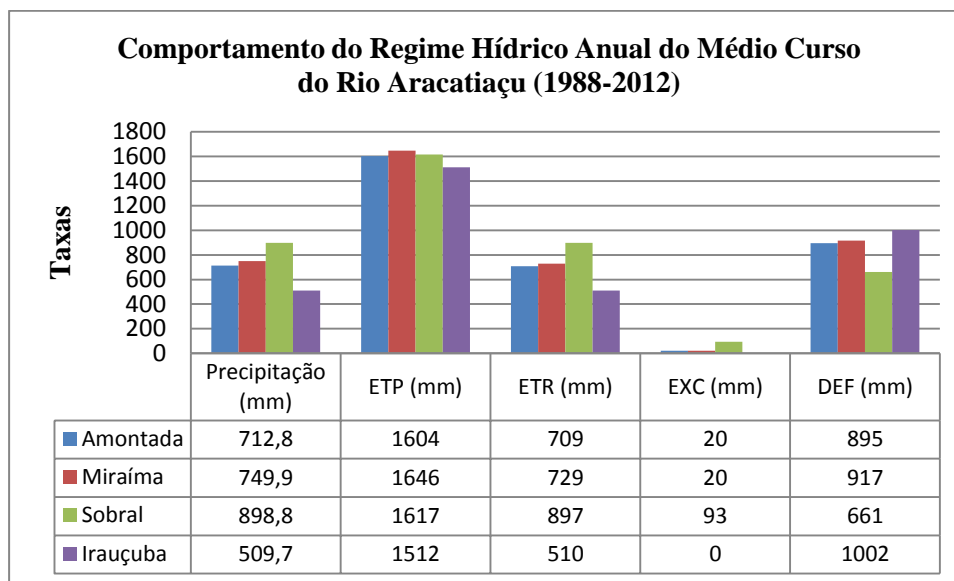
**Tabela 04** – Síntese dos Resultados do Balanço Hídrico para cada Posto Pluviométrico

Postos	Precipitação (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
<b>Amontada</b>	712,8	1604	709	20	895
<b>Miraíma</b>	749,9	1646	729	20	917
<b>Sobral</b>	898,8	1617	897	93	661
<b>Irauçuba</b>	509,7	1512	510	0,0	1002

Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

Assim, o cálculo do Balanço Hídrico possibilita compreender o comportamento do regime hídrico anual do médio curso do rio Aracatiaçu, além do excesso e déficit hídrico. O método Thornthwaite e Mather (1955) corresponde a uma forma de fácil aplicação que se utiliza de variáveis disponíveis, sendo bastante utilizado pelos bons resultados que apresenta e constituindo-se como um dos métodos mais aceitos (SALES, 2003).

**Gráfico 01** – Balanço Hídrico do Médio Curso do Rio Aracatiaçu.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

### 3.5.1.2. Índices Climáticos

Com os dados do balanço hídrico é possível conhecer, além do excedente e déficit hídrico de uma determinada área, os índices climáticos IU, IA, IM e IA<sub>(UNEP)</sub>. A determinação do índice de umidade (Iu) e do índice de aridez (Ia) foi feita da seguinte forma:

$$Iu = (EXC/ETP) * 100$$

e

$$Ia = (DEF/ETP) * 100$$

Onde:

**Iu** é o Índice de Umidade;

**Ia** é o Índice de Aridez;

**EXC** é o Excedente Hídrico;

**DEF** é o Déficit Hídrico;

**ETP** é a Evapotranspiração Potencial

O índice efetivo de umidade (Im) relaciona os dois índices acima e é usado para determinar o clima local. Em geral, consideram dois grandes grupos de clima os úmidos, quando o Im > 0 e os secos, Im < 0, apresentando uma série de tipos de climáticos de acordo com alguns intervalos conforme o Quadro 05, sendo este índice expresso pela fórmula:

$$I_m = (I_u - 0,6 \cdot I_a)$$

**Quadro 05** - Tipos de Clima em Razão do Índice Efetivo de Umidade ( $I_m$ ).

Grupos de Clima	Tipos de Clima	Símbolos	Índice
Úmido	Super Úmido	A	100 e acima
	Úmido	B <sub>4</sub>	80 a 100
	Úmido	B <sub>3</sub>	60 a 100
	Úmido	B <sub>2</sub>	40 a 60
	Úmido	B <sub>1</sub>	20 a 40
	Úmido Sub-úmido	C <sub>2</sub>	0 a 20
Seco	Seco sub-úmido	C <sub>1</sub>	-33 a 0
	Semi-árido	D	-66,7 a -33,3
	Árido	E	-100 a -66,7

Fonte: Thornthwaite & Mather (1955)

O índice de aridez ( $I_a$ ) proposto pelo UNEP (1991) e adotado pela Convenção Internacional de Combate à Desertificação, resultado do quociente entre precipitação total média anual e evapotranspiração total média anual, calculado pela equação abaixo. É um critério básico empregado para definir as áreas no mundo susceptíveis a desertificação onde esse índice é igual ou inferior a 0,65. No médio curso do rio Aracatiaçu esse índice situa-se entre -35,1 e -66,3, o que indica uma área com clima semiárido com alta susceptibilidade ao processo de degradação/desertificação. O quadro 06 mostra o  $I_a$  para vários climas do planeta.

$$I_{a(UNEP)} = (P/ETP)$$

Onde:

**P** é a precipitação

**ETP** é a evapotranspiração potencial

**Quadro 06** – Índices de Aridez ( $I_a$ ) para diferentes Classificações Climáticas.

Intervalos do Índice de Aridez	Classificação Climática
< 0,05	Hiper-árido
0,05 – 0,20	Árido
0,21 – 0,50	Semiárido
0,51 – 0,65	Sub-úmido seco
> 0,65	Sub-úmido e úmido

Fonte: UNEP (1991).

Para a determinação do índice de umidade ( $I_u$ ), do índice de aridez ( $I_a$ ) e do índice efetivo de umidade ( $I_m$ ) juntamente com a distribuição de meses secos ( $M_s$ ) dos postos pluviométricos selecionados foi utilizado o programa *BHVSER* desenvolvido por (OLIVEIRA

& SALES, comunicação pessoal) para calcular o balanço hídrico com base em Thornthwaite e Mather (1955).

Para determinar o índice climático (Ic) dos setores da bacia, o método mais apropriado e essencial para estabelecer esse parâmetro é por meio da relação entre o índice efetivo de umidade (Im) e o número de meses secos (Ms). Para o resultado obtido dessa relação, chamaremos de nível de severidade do clima. Dessa maneira, no processo de determinação do índice climático do médio curso, efetuamos inicialmente o traçado de isolinhas no *software Surfer 8* com os valores de Im e Ms, plotados no mapa do médio curso por meio de técnicas cartográficas de triangulação.

No *software Surfer 8*, gerou-se as isolinhas de Im e Ms que foram convertidas em imagens rasters. Por meio do *ArcGis 10*, georreferenciamos e vetorizamos as isolinhas e através da ferramenta *Spatial Analyst Tools – Map algebra – raster calculator*, realizou-se a álgebra de mapas com a sobreposição do *shapes* de Im e Ms, tendo como resultado o mapa de severidade do clima.

Para estabelecer os índices climáticos utilizados na fórmula descritiva do DFC dos setores do médio curso, utilizaram-se os intervalos baseando em Thornthwaite (1948) Thornthwaite e Mather (1955; 1957), na relação entre Im e Ms encontrados na área de estudo descritos no quadro 07 a seguir.

**Quadro 07** – Intervalos de Índice Climático com respectivas Classes e Índices.

<b>Intervalos de IC</b>	<b>Classes</b>	<b>Índice para Fórmula Descritiva</b>
1 a 7	Muito Baixo	IC1
8 a 14	Baixo	IC2
15 a 21	Médio	IC3
22 a 28	Alto	IC4
29 a 36	Muito Alto	IC5

**Fonte:** Thornthwaite (1948) Thornthwaite & Mather (1955; 1957).

### **3.5.2. Determinação do Parâmetro Erosividade da Chuva (R)**

Entende-se que a bacia hidrográfica configura-se como uma unidade de gestão e planejamento dos recursos naturais renováveis e, ultimamente, tem-se utilizado essa unidade como ambiente de diagnóstico e avaliação de problemáticas causadas pela degradação ambiental.

Nas regiões secas do planeta, particularmente, na região semiárida do Nordeste brasileiro, os recursos naturais renováveis estão seriamente ameaçados de terem as suas

reservas qualitativa e quantitativamente reduzidas pelos intensos processos de deterioração ambiental (BARACUHY, 2003).

Entre as problemáticas referentes ao recurso natural solo, Valle-Júnior (2008) aponta a erosão dos solos, pode ser entendida como um processo de desprendimento, transporte e deposição das partículas do solo, tendo como principais agentes o vento e a água. Contudo, devido à ação do homem por meio de práticas que desequilibram as condições naturais, os processos erosivos aceleram-se, originando a erosão e ocasionando sérios prejuízos, tanto para a agropecuária quanto ao meio ambiente, tais como: o assoreamento, a poluição e a eutrofização das águas superficiais, com prejuízo na quantidade e qualidade dos recursos hídricos; além de outros danos sociais e ambientais que reduzem a capacidade produtiva das terras, revertendo no aumento dos custos de produção e, conseqüentemente, na diminuição do lucro dos produtores, interferindo na permanência da atividade agrícola.

### **3.5.2.1. A Relação Solo e Erosão Hídrica**

Nota-se que solo é um dos recursos naturais mais utilizados pelo homem na produção de alimentos e, por isso, pode ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão hídrica, pelo uso e manejo inadequados. O uso sustentado dos solos requer um conhecimento necessário, como também a quantificação dos fatores que influenciam a intensidade da erosão hídrica, os quais variam de uma região para outra. As chuvas são um dos fatores climáticos de maior interferência na erosão dos solos, tanto o volume escoado como as velocidades da enxurrada dependem diretamente da intensidade, duração e frequência das mesmas (VALLE-JÚNIOR, 2008).

Nesse entendimento, o potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado, conforme Carvalho *et al.* (2005), por meio da sua erosividade que se baseia nas características físicas das chuvas de cada região. Nolêto (2005) ao discutir sobre o parâmetro erosividade cita Lal (1994) que define erosividade como sendo a capacidade que tem a chuva de promover erosão pela desagregação e transporte das partículas do solo, processos devidos, respectivamente, ao impacto direto das gotas d'água e ao escoamento superficial da água. Essa habilidade é atribuída à intensidade da chuva e à distribuição do tamanho de suas gotas, características que afetam a energia cinética com que ela promove a desagregação e o transporte das partículas do solo.

Segundo Melo (2008), a erosão hídrica consiste basicamente em uma série de transferências de energia e matéria, proporcionadas por um desequilíbrio do sistema

água/solo/cobertura vegetal, que resultam na perda progressiva de solo. O principal impulsionador desse processo de erosão hídrica é o impacto causado pelas gotas de chuva no solo, principalmente, quando este se encontra desprotegido pela vegetação, o que acaba gerando a desagregação e a liberação de suas partículas que são transportadas pelo escoamento superficial das águas.

A capacidade potencial da chuva em causar erosão é definida pelo parâmetro erosividade da chuva (R). Esse fator é definido por um índice que avalia o valor médio anual da chuva de um local e a capacidade dessa chuva de erodir o solo de um terreno desprovido de cobertura vegetal (LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1992). Conforme Wischmeier (1959) esse parâmetro representa numericamente a força da chuva e do escoamento.

Bertol (1994) citado por Nolêto (2005) considera o coeficiente de chuva como um parâmetro importante, na medida em que esse expressa a relação entre precipitações médias mensais e anuais, cujos dados são adquiridos de modo fácil em estações meteorológicas.

De acordo com Wischmeier e Smith (1978), a mensuração do parâmetro erosividade é resultado do produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em qualquer período de 30 minutos consecutivos. Tanto o impacto da gota de chuva, a turbulência e o escoamento superficial acham-se bem combinados neste índice, daí sua elevada correlação com as perdas de solo.

Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), na busca pela simplificação do método para o cálculo da erosividade da chuva, propuseram uma equação considerando os valores de média mensal e anual de precipitação em que o índice de erosão médio anual, o fator R, para uma determinada área, é adquirido pela soma dos valores mensais do índice de erosão. Para um longo período de tempo, vinte anos ou mais, essa equação estima, com relativa precisão, os valores médios de EI de um local, usando somente totais de chuva, disponíveis para muitos locais.

Melo (2008) menciona que ao analisar os dados de precipitação pluviométrica da região de Campinas (SP), Lombardi Neto e Moldenhauer (1980), propuseram uma relação para o cálculo da erosividade anual (EI), baseando-se na precipitação média mensal (p) e na precipitação média anual (P), expressa da seguinte forma:

$$EI = 0,866 (p^2/P)^{0,85}$$

Nolêto (2005) ao estimar a erosividade da chuva (R) para a microrregião de Sobral (CE) considerou ao calcular o índice de erosividade, a equação proposta por Lombardi



Neto e Moldenhauer (1980) em Bertoni e Lombardi Neto (1990) como melhor opção, devido este método requerer apenas dados de precipitação média mensal e anual. Nessa estimativa, a equação utilizada foi:

$$EI = 67,355 (r^2 / P)^{0,85}$$

Onde:

**EI** é a média mensal do índice de erosão, em Mjmm/ha.h.ano;

**r** é a precipitação média mensal, em mm;

**P** é a precipitação média anual, em mm;

Entende-se, portanto, que o cálculo do parâmetro erosividade da chuva (**R**) indica dados fundamentais que podem ser usados como instrumentos para ações de gestão e planejamento ambiental em bacias hidrográficas, como também em áreas que evidenciam traços marcantes de degradação/desertificação, para que sejam tomadas iniciativas que visem à preservação/conservação dos recursos naturais, aliadas a propostas de manejo e uso sustentável no âmbito de diferentes sistemas ambientais.

A erosividade da chuva (**R**), no médio curso da bacia do rio Aracatiaçu, foi efetivada com base na equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1980), apresentada por Nolêto (2005), e com a ajuda do programa computacional *EROSIV* desenvolvido por OLIVEIRA (comunicação pessoal) foi realizado o cálculo dos índices de erosividade da chuva (**R**), utilizando os dados de precipitação mensal dos postos pluviométricos selecionados para esta pesquisa.

Os valores de erosividade obtidos foram plotados no *software Surfer 8*, em que gerou-se traçados isoerodentes (linhas que unem pontos de igual valor de erosividade) a partir de técnicas de triangulação de *Krigagem*. Com o auxílio do *ArcGis 10*, as imagens com as isoerodentes foram georreferenciadas e vetorizadas, e por meio da sobreposição do *shape* gerado de isoerodentes em cima da base cartográfica do área de estudo, gerou-se o mapa de erosividade da chuva para o médio curso da bacia.

A determinação das classes de erosividade da bacia foi efetivada com base no quadro 08.

**Quadro 08** - Intervalos de (R) com os Índices e as Classes Correspondentes

Intervalos de R (Mj.mm/ha.h.ano)	Classes	Índices para a Fórmula Descritiva
< 4975	Muito Baixa	R1
4975 a 5747	Baixa	R2
5748 a 6520	Média	R3
6521 a 7293	Alta	R4
>7293	Muito Alta	R5

Fonte: Bertoni & Lombardi Neto (1990)

### 3.5.3. Determinação do Parâmetro Erodibilidade do Solo (K)

De acordo com Araujo *et al.* (2010), a degradação das condições do solo é um impacto que merece atenção, já que os impactos não são facilmente reversíveis, como é o caso das problemáticas causadas pelos processos erosivos que afetam a formação e regeneração do solo.

Cunha (1997), citado por Vitte e Mello (2007), destaca que a erosão dos solos é considerada normal, quando ocorre um equilíbrio entre os processos de formação do solo e seu desgaste natural. O autor observa que o processo erosivo é mais intenso, sendo mais veloz que a formação do solo, ocorrendo à chamada erosão acelerada que pode ser denominada de erosão antrópica caso tenha sido provocada pela ação humana. Tal situação desencadeia-se quando são encontradas determinadas condições de solo, litologia e relevo que proporcionam a substituição da vegetação natural por outro tipo de cobertura vegetal, a qual não proporciona proteção eficiente contra a erosão, dificultando o estabelecimento do processo pedogenético que recomporia a camada erodida.

Cruz (2003), mencionado por Chuquipiondo (2007), indicou que o agente erosivo mais frequente que origina processos erosivos no Brasil é a água, que conta com clima tropical como fator agravante. A chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos, e ela atua a partir do impacto das gotas de chuva e o consequente arraste de partículas do solo.

Diversos são os métodos utilizados para a predição das perdas de solos por processos erosivos, dentre tantos se destaca a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). Entre os parâmetros do método EUPS, ressalta-se o fator K, definido como a quantidade de solo perdido por unidade de área por unidade de índice de erosividade adotados em condições padrão, como único parâmetro do método intrínseco ao solo.

Conforme Correchel (2003), a erodibilidade é uma propriedade do solo, resultante da interação entre suas características físicas, químicas, mineralógicas e biológicas. O fator K

reflete a perda diferencial que os solos apresentam quando os demais fatores que influenciam a erosão permanecem constantes. Ainda para a autora a resistência do solo à erosão depende de fatores extrínsecos e intrínsecos ao solo. Os fatores intrínsecos são consideradas as propriedades físicas, tais como a textura, a estrutura, a permeabilidade e a densidade; químicas, mineralógicas e biológicas. Como fator extrínseco ao solo tem-se o comprimento, a forma, o declive e o tipo de cobertura do solo.

Para Melo (2008), as propriedades do solo são de grande importância nos estudos de erosão, o que segundo Guerra (2001) essas propriedades podem afetar na erosão, revelando à textura, a densidade aparente, a porosidade, o teor de matéria orgânica e o teor e estabilidade dos agregados como principais elementos. Beltrame (1994) destaca a propriedade física textura como de grande importância na identificação do potencial erosivo de uma determinada área.

A concentração de areia, silte e argila se evidenciam no potencial erosivo dos solos, pois os teores desses elementos oferecem maior ou menor resistência ao destacamento e ao transporte pela água resultante do escoamento superficial. A densidade real e aparente dos solos contribui para a erodibilidade dos solos e também afeta outras propriedades como a porosidade. A densidade aparente controla a ação dos processos erosivos porque está relacionada com a maior ou menor compactação dos solos o que influencia diretamente no escoamento superficial. Quanto maior a densidade aparente resulta na dificuldade de infiltração da água no solo aumentando assim o escoamento superficial. A porosidade é inversa à densidade aparente, pois à medida que aumenta a densidade aparente diminui a porosidade dos solos. O teor e estabilidade dos agregados dependem de uma série de fatores, o teor que é a quantidade de agregados em relação a outros constituintes dos solos que ao entrarem em contato com água podem se romper, dessa maneira quanto maior o teor de agregados maior a estabilidade (PINHEIRO, 2011).

Bertoni e Lombardi Neto (1990) definem a erodibilidade dos solos como a vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão. Para Barros (2005), a erodibilidade pode ser definida como a susceptibilidade do solo à erosão superficial, de modo que as partículas de solo são despreendidas e transportadas pela ação do fluxo hídrico superficial concentrado.

Cabe salientar, que para a determinação do parâmetro K do médio curso do rio Aracatiaçu, teve-se como base a equação de Romkens *et al.* (1987) que calcula o fator K com base na média geométrica do diâmetro das partículas primárias encontradas no solo.

Nolêto (2005) considerou a equação de Romkens *et al.* (1987) a mais conveniente na estimativa da erodibilidade dos solos para a microrregião de sobral, pois segundo a autora essa equação permite: i) rapidez na determinação de valores de erodibilidade; ii) exige um pequeno número de variáveis; iii) facilidade de aquisição de dados prontamente encontrados nos levantamentos de solos que, para o Estado do Ceará, estão disponibilizados no estudo de Jacomine (1973); e iv) os resultados dos trabalhos de Silva (1994) indicam que este método como o mais apropriado para a estimativa do fator K no estado do Ceará. A equação mencionada é a seguinte:

$$K = 7,594(0,0034 + 0,0405 \exp(-1/2 \cdot ((\log(Dg) - 1,659)/0,7101)^2))$$

Em que:

**K:** é a erodibilidade do solo, em ton.ha.h/há.MJ.mm;

**Log** é o logaritmo decimal;

**Dg** é a média geométrica do diâmetro das partículas primárias, em mm, calculada de acordo com Shirazi e Boersma (1984).

Os valores de erodibilidade de solo (parâmetro K) do médio curso do rio Aracatiaçu foram estimados com base nas classes e associações de solo do Levantamento Exploratório dos Solos do Ceará (JACOMINE, 1973), onde foi usado um programa computacional desenvolvido por OLIVEIRA (comunicação pessoal) com a função *ERODIB* que calcula a erodibilidade do solo a partir da equação de Römken *et al.* (1987).

A espacialização da erodibilidade do médio curso do rio está relacionada ao mapeamento das classes de solos presente na área, pois os valores desse parâmetro estão diretamente dependentes das propriedades de cada tipo de solo. O resultado para cada associação de solo é a média ponderada calculada com base na erodibilidade média de cada perfil de solo e de sua percentagem de ocorrência na associação. Com a determinação dos valores de erodibilidade das associações dos solos do médio curso, utilizamos o quadro 09 para atribuir às classes de erodibilidade encontradas na área de estudo.

**Quadro 09** – Intervalos de (K) com respectivas classes e índices para a Fórmula Descritiva

Amplitudes de K	Classes de Erodibilidade	Índices
0,006 a 0,013	Muito Baixa	K1
0,014 a 0,021	Baixa	K2
0,022 a 0,029	Média	K3
0,030 a 0,037	Alta	K4
0,038 a 0,044	Muito Alta	K5

**Fonte:** Romkens *et al.* (1986); Shirazi *et al.* (1984); Romkens *et al.* (1997)

### 3.5.4. Determinação do Parâmetro Declividade Média (DM)

Tonello *et al.* (2006) observa que a declividade média de uma bacia hidrográfica torna-se relevante no planejamento, servindo tanto para o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções antrópicas no meio, possuindo também um importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos. Os autores elucidam que ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, poderá conduzir a uma maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes mais pronunciadas sujeitando a bacia a processos de degradação. Dessa maneira, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, estando fortemente relacionado com o relevo.

Araújo Júnior *et al.* (2002), baseado em Mota (1981), esclarece que a declividade média do terreno é um parâmetro fundamental para se estudar os picos de enchentes e a infiltração de água no solo. Ela determina ainda o escoamento das águas das chuvas e, quanto maior o declive, maior será o escoamento da água pela superfície e, conseqüentemente, maiores serão os riscos de erosão.

Para Ross (1994), as classes de declividade viabilizam informações ligadas ao grau de fragilidade da área em estudo, variando conforme o percentual de declividade. Entende-se, portanto, que o parâmetro declividade média é fundamental para as análises da degradação ambiental no médio curso do rio Aracatiaçu.

Beltrame (1994) utiliza o parâmetro declividade média (DM) para caracterizar as formas de relevo dos setores de uma bacia hidrográfica e obter os índices que compõem a fórmula descritiva final para cada setor. A autora aplica a seguinte expressão:

$$\underline{\underline{DM = \frac{L.C.N \times E}{A}}}$$

Onde:

**DM** é a declividade média

**L.C.N** é a longitude das curvas de nível (por setores)

**E** é equidistância entre as curvas de nível

**A** é a área do setor

Para a determinação da declividade do médio curso, utilizou-se o *software ArcGis 10.*, e por meio do ambiente *ArcMap*, calculou-se a área das classes de declividade por setores gerando o *TIN* que se trata de uma imagem, a qual teve que ser transformada em arquivo vetorial no formato *Shapefile*, possibilitando a efetivação do cálculo. A ferramenta utilizada para realização do procedimento citado foi a “*3D Analyst Tools*”. Posteriormente, o arquivo vetorial de declividade foi individualizado para possibilitar o cálculo das áreas das classes de declividade. O cálculo foi realizado, utilizando a tabela de atributos, por meio da ferramenta “*Calculate Geometry*”.

A classificação dos tipos de relevo e declividade está de acordo com Lepsh *et al.* (1991) e o índice DM para a fórmula descritiva foi adaptado de Beltrame (1994), como mostra o quadro 10.

**Quadro 10** - Classes de Relevo e Índices para o Parâmetro DM.

<b>Classes de Relevo</b>	<b>Declividade</b>	<b>Índice</b>
Plano	< 2 %	DM <sub>1</sub>
Suave Ondulado	2 a 5%	DM <sub>2</sub>
Ondulado	5 a 10%	DM <sub>3</sub>
Muito Ondulado	10 a 15%	DM <sub>4</sub>
Forte Ondulado	15 a 45%	DM <sub>5</sub>
Montanhoso	45 a 70%	DM <sub>6</sub>
Escarpado	>70%	DM <sub>7</sub>

**Fonte:** Lepsh *et. al.* (1991) e Beltrame (1994).

### 3.5.5. Determinação do Parâmetro Densidade de Drenagem (DD)

Segundo Morais e Almeida (2010), para entender as características da morfologia fluvial de uma bacia hidrográfica, a análise morfométrica configura-se como uma ferramenta significativa, uma vez que procura mensurar as formas do relevo. Logo, observa Christofolletti (1980) que a análise morfométrica de bacias hidrográficas inicia-se pela ordenação dos canais fluviais com a finalidade de estabelecer a hierarquia fluvial. Esta, por sua vez, consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d’água ou da área drenada que lhe pertence, no conjunto total da bacia hidrográfica analisada. Ainda conforme o autor, isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivos os estudos morfométricos sobre as bacias hidrográficas.

Nesse sentido, pode-se subdividir uma bacia hidrográfica considerando as ordens hierárquicas de seus canais. Rodrigues e Adami (2005) afirmam que o primeiro modo de hierarquização amplamente aplicado foi proposto por Horton em 1945.

Para realizar a hierarquização dos canais fluviais do médio curso do rio Aracatiaçu, adotou-se os critérios para ordenação dos canais fluviais baseado no esquema proposto por Arthur N. Strahler. Para ele, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Entende-se que a DD faz parte de um complexo maior, que no caso integra-se aos estudos hidrogeológicos em bacias hidrográficas, o que Mc Donnell *et al.* (2007) *apud* Gebrehiwot *et al.* (2011) atribui que algumas variáveis são mais importantes e específicas para diferentes bacias hidrográficas, e uma forma de aumentar o poder preditivo da hidrologia das bacias hidrográficas é caracterizá-las com base nas variáveis mais influentes.

Considerando que diversas variáveis hidrológicas caracterizam uma bacia hidrográfica, como afirma Coelho-Netto (1995) ao mencionar que a bacia constitui-se como um sistema hidrogeomorfológico, em que diversos fatores interferem em seu funcionamento e dinâmica, insere-se nessa composição a densidade de drenagem (DD) que corresponde à extensão total de cursos fluviais (comprimento total dos canais) relacionadas à área ocupada (MELO, 2008). Já para Awathi (2002, p. 496) “A Densidade de drenagem está intimamente associada com os processos de erosão, litologia, relevo e vegetação.”

De acordo com Christofolletti (1980), a densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. Segundo R. E. Horton (1945) *apud* Christofolletti (1980), a densidade de drenagem pode ser calculada pela equação

$$DD = Lt / A$$

Onde:

**DD** é a densidade de drenagem;

**Lt** é o comprimento total dos canais;

**A** é a área da bacia.

Compreende-se que essa relação atua como um importante indicador do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem. Chavare (2011) entende que a densidade de drenagem é o comprimento total de todas as correntes e rios de uma bacia de drenagem

dividida pela área total da bacia. A DD depende do clima e características físicas da bacia. A Permeabilidade do solo (dificuldade de infiltração) e o tipo de rocha subjacente afeta o escoamento em uma bacia; solo impermeável ou rocha exposta vai levar a um aumento no escoamento superficial da água e, portanto, para fluxos mais frequentes.

Nessa perspectiva, analisa-se que são diversos componentes e suas interações influenciam a configuração de uma rede de drenagem. É importante salientar, que com o advento da utilização dos SIGs, a manipulação e análise das características dos processos espaciais ficaram mais fáceis de serem estudados.

O cálculo da densidade de drenagem assume importância na medida em que é apresentado a relação inversa com a extensão do escoamento superficial. A classificação dos valores de densidade e o índice atribuído foram apresentados por Beltrame (1994), baseado nos trabalhos de Vilella e Mattos (1975) e em dados apresentados no Atlas de Santa Catarina (1986). A análise dos índices determinados para a densidade de drenagem indica que quanto maior o valor numérico, mais rapidamente deverá ocorrer o fluxo de água na drenagem. O quadro 11 demonstra os valores dos índices.

**Quadro 11** - Classificação dos Valores de Densidade de Drenagem com Respetivo Índice.

Valores de DD (Km/Km <sup>2</sup> )	Classes	Índice
Menor que 0,50	Baixa	DD1
De 0,50 a 2,00	Média	DD2
De 2,01 a 3,50	Alta	DD3
Maior que 3,50	Muito Alta	DD4

Fonte: Beltrame (1994).

Para a o cálculo da DD do médio curso, a rede de drenagem foi digitalizada por meio do software *ArcGis 10*. Em seguida, calculou-se o comprimento dos canais fluviais em quilômetros a partir da ação *Calculate Geometry*, e estabeleceu-se a área de cada setor da bacia. Com os valores da área de cada setor e respectivo comprimento dos canais, determinou-se a densidade de drenagem através da equação de Horton (1945).

### 3.5.6. Determinação do Parâmetro Índice de Cobertura Vegetal (ICV)

Para Beltrame (1994), a cobertura vegetal é um fator importante na manutenção dos recursos naturais renováveis, pois exerce um papel fundamental na manutenção do ciclo da água, protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, o que aumenta a porosidade e a



permeabilidade do solo por meio da ação das raízes e, conseqüentemente, reduz o escoamento superficial mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica.

Entende-se que a bacia hidrográfica é uma unidade de gestão e a cobertura vegetal como parte integrante da paisagem em regiões como a semiárida, vem sofrendo com os impactos causados pelo desmatamento para agricultura ou pastagens e extrativismo, acarretado o acúmulo de sedimentos nos corpos d'água, resultando no assoreamento e extermínio de biomas que se desenvolvem no decorrer dos mesmos (SOUSA, 2007; ARAUJO *et al.*, 2010).

Dessa forma, a busca por ferramentas que ajudem na identificação de áreas em que a vegetação vem sendo suprimida, em detrimento da ação antrópica, é uma constante. Nessa perspectiva, surge o sensoriamento remoto, sobretudo orbital, como um instrumento que possui uma aplicabilidade com resultados eficientes, pois permitem a análise e dimensionamento das áreas de vegetação, registrando mudanças sazonais e alterações provocadas pela ação antrópica.

De acordo com Pinheiro (2007), o sensoriamento remoto caracteriza-se com um estudo de dados coletados sobre um determinado objeto, sem que haja contato físico entre o cientista e o objeto de seu estudo. Tais dados provenientes do objeto são a radiação eletromagnética (REM) refletida ou emitida. Cabendo aos sistemas sensores ou instrumentos principais do sensoriamento remoto a captação desta radiação e conversão para uma forma que possibilite análises e interpretações.

Para Novo (1992), o sensoriamento remoto pode ser definido como a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves etc., com o intuito de se estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das relações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõem o planeta em seus variados tipos de manifestações.

Entende-se, portanto, que o uso dessa ferramenta possibilita compreender a dinâmica do uso da terra e da cobertura vegetal, o que para Kleinpaul (2007) possibilita analisar as mudanças no uso do solo que podem trazer conseqüências para as sociedades humanas.

Nesse sentido, concorda-se com Melo (2008), quando o autor enfatiza que quanto maior a densidade da cobertura vegetal, maior será a proteção ou a conservação do solo, entendendo que a análise qualitativa e quantitativa da cobertura vegetal de uma área, possibilita a geração de informações sobre o grau de densidade da vegetação e sua

especialização. Buscando a representação dessas condições, diversos são os índices de cobertura vegetal que utilizam dados de satélites, entre os mais utilizados destaca-se o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que é um indicador de vegetação utilizado para destacar a vegetação ocorrente em uma área.

O NDVI um dos índices de vegetação mais conhecidos é, definido pela seguinte fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

Onde:

**NIR** é Infravermelho próximo (0,75 – 0,90  $\mu\text{m}$ );

**R** é o Vermelho (0,63 – 0,70  $\mu\text{m}$ ).

O NDVI tem, portanto, uma relação direta com o vigor da vegetação, sendo assim, é possível o mapeamento de áreas com diferentes índices de cobertura vegetal e vigor de biomassa (SILVA, 2009).

Na aplicação do diagnóstico físico-conservacionista (DFC), na bacia do médio curso do rio Aracatiaçu, nos parâmetros referente à vegetação, foi utilizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) como índice de cobertura vegetal, considerando a diferença entre do período de 1981 a 2009, um intervalo de 28 anos com o intuito de analisar a variação ocorrida na vegetação como no aspecto fisionômico e de variações espaciais, objetivando identificar o grau de degradação ocorrido.

Para a análise da cobertura vegetal do médio curso através do NDVI foi utilizada as imagens Landsat 5 (resolução espacial de 30 metros) com as bandas 3 , 4 e 5 e Landsat 2 (resolução espacial de 80 metros) com a bandas 4 e 5 do ano de 2009, com o objetivo de avaliar a diferença da proteção da cobertura vegetal no período de 28 anos na área de estudo.

Os mapas de cobertura vegetal original e atual foram produzidos a partir da aplicação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) com o processamento de imagens orbitais *Landsat 2* e *5* do ano de 1981 e 2009. No cálculo do NDVI considera os valores dos dados das bandas do vermelho e infravermelho próximo que através da razão entre a diferença da resposta espectral do pixel dessas bandas e a somas dessas duas bandas (SILVA *et al*, 2007), se obtêm os valores e NDVI.

No *software Envi* foram utilizadas as bandas 5 e 6 das imagens Landsat 2; e 3 e 4 das imagens Landsat 5. No menu “*Transform*” utilizou-se a ferramenta NDVI, para gerar uma imagem *Tiff* com as classes de cobertura do solo. Posteriormente a imagem foi levada para o *ArcGis 10*, através da ferramenta “*Data Management Tools*” - “*Raster*” - “*Raster*

*Processing*” - “*Clip*” e recortada utilizando o arquivo com a área de estudo. Após esta etapa foi realizada a classificação dos valores dos *pixels*, utilizando a ferramenta “*Symbology*”, que possuem valores entre [-1] e [1]. Os valores próximos ao menor índice possuem solo exposto e os valores próximos a 1 possuem cobertura vegetal. Com o objetivo de adequar os índices de vegetação a formula descritiva do diagnóstico físico do médio curso, os valores foram invertidos de modo que o nível [1] passou a representar as melhores condições de cobertura vegetal e [5] as piores. Com isso, ocorreu a elaboração dos mapas de Índice de Cobertura Vegetal (ICV) do médio curso em 1981 e 2009, os níveis foram identificados pelas respectivas classes atribuídas, como mostra o quadro 12.

**Quadro 12** – Classes de Cobertura Vegetal e Índice (ICV).

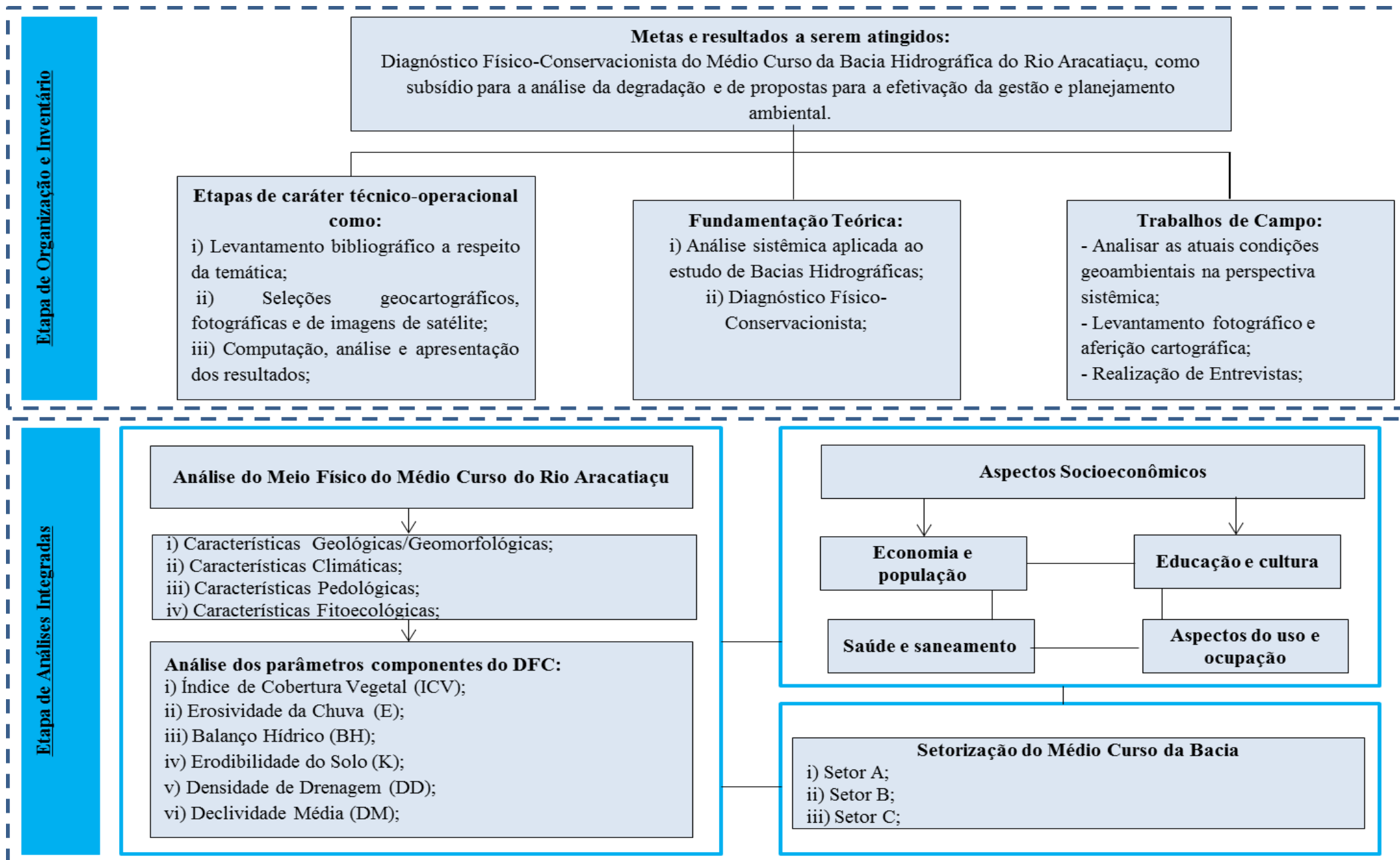
<b>Classes de índice de Cobertura Vegetal</b>	<b>Índices ICV</b>
Alto	ICV 1
Moderadamente Alto	ICV 2
Médio	ICV 3
Moderadamente Baixo	ICV 4
Baixo	ICV 5

**Fonte:** pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço.

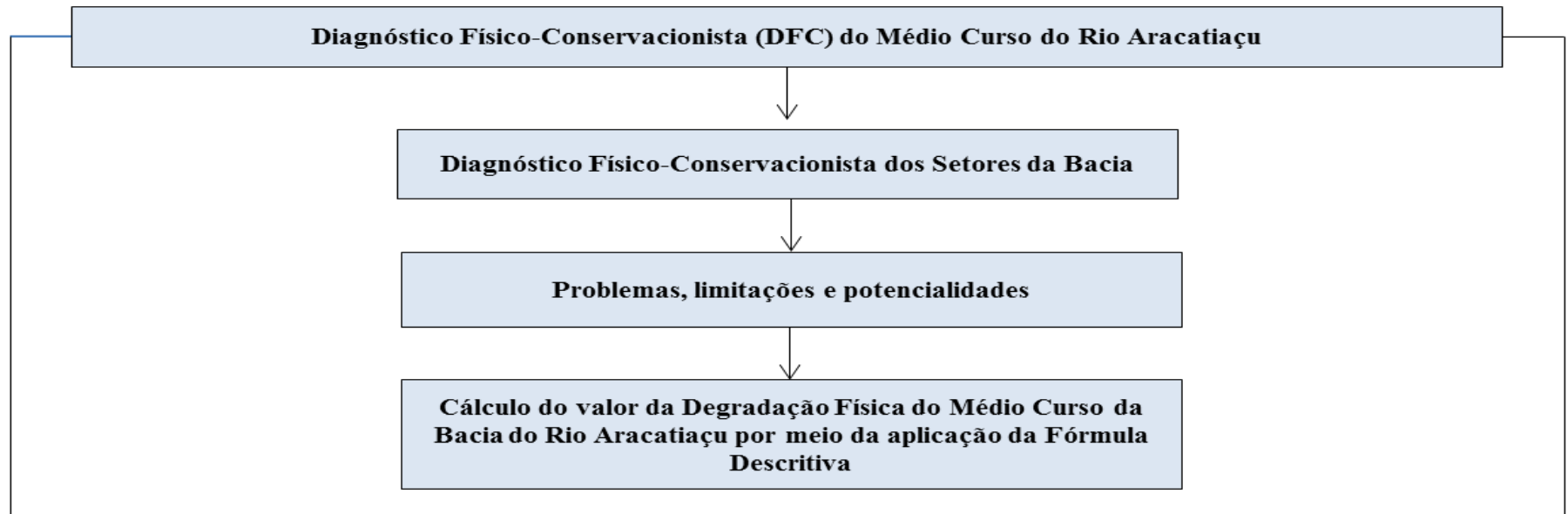
### **3.6. Procedimentos Técnicos e Operacionais**

A metodologia utilizada na elaboração do diagnóstico físico-conservacionista, visando detectar os níveis de degradação/desertificação do médio curso da bacia do rio Aracatiaçu, foi procedida por diversas fases de análises sendo elas: i) fase de organização e inventário; ii) fase de análises; iii) fase de diagnóstico; iv) fase propositiva. Vale ressaltar na fase de diagnóstico, realizou-se a análise socioeconômica do município de Miraíma, sendo este escolhido pelo critério de aderir uma maior espacialização dos cursos d’água no médio curso do rio Aracatiaçu. O roteiro metodológico utilizado está simplificado no fluxograma 01.

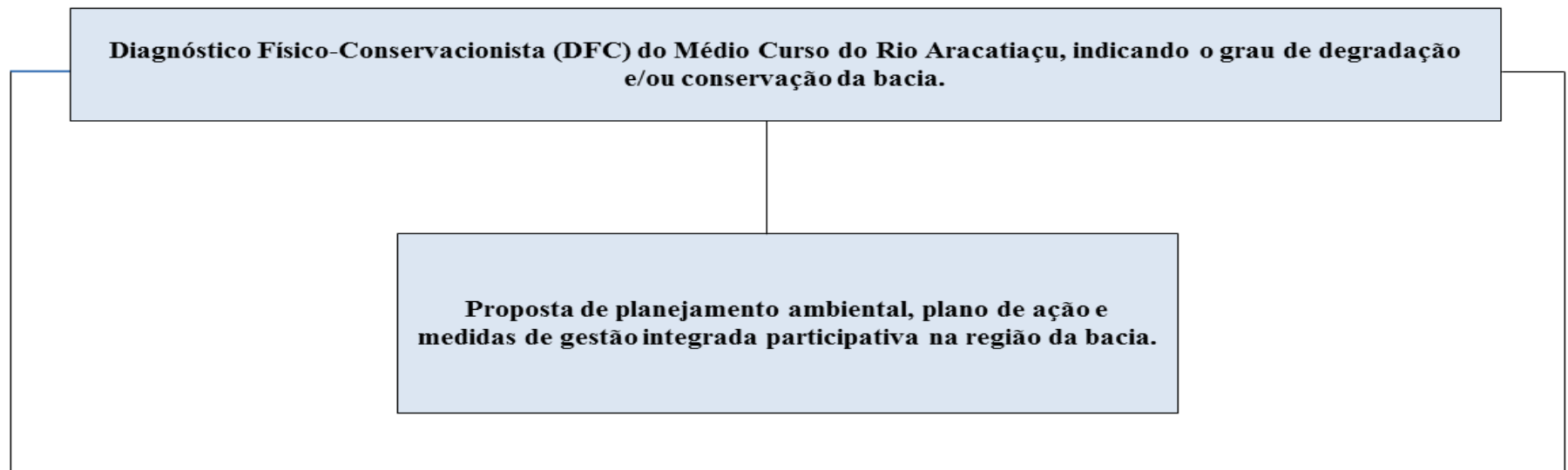
**Fluxograma 01 – Roteiro das Etapas Metodológicas e Operacionais da Pesquisa.**



**Etapa de Diagnóstico**



**Etapa Propositiva**



### **3.6.1. Fase de Organização e Inventário**

Esta fase corresponde aos levantamentos bibliográficos e geocartográficos realizados na pesquisa, se caracterizando pela consulta a fontes como livros, revistas científicas, teses, dissertações e documentos de órgãos públicos que possuem temáticas relacionadas ao estudo em questão. Nessa etapa foram efetuados também levantamentos minuciosos sobre as características ambientais da região do médio curso do rio Aracatiaçu, considerando sua localização, aspectos históricos e de ocupação e aspectos socioeconômicos, consolidando-se como uma etapa inicial para o entendimento do contexto local e constituindo-se como um instrumento para o desenvolvimento das fases seguintes.

Dessa forma, para a aquisição dos dados secundários foram realizadas visitas a órgãos de representação federal, estadual e municipal que dispunham de informações referentes ao quadro físico-ambiental e socioeconômico do município de Miraíma e da região onde o médio curso do rio se localiza. Os levantamentos bibliográficos foram consolidados nas bibliotecas da Universidade Federal do Ceará (UFC) e da Universidade Estadual do Ceará (UECE), além das visitas aos laboratórios do departamento de Geografia da UFC, como o Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH), o Laboratório de Geocologia da Paisagem e Planejamento Ambiental (LAGEPLAN), o Laboratório de Zoneamento Ecológico do departamento de Biologia, na biblioteca do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto do Ceará.

Realizou-se também coletas de dados nas secretarias municipais de Miraíma (Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente, Ação Social, Educação, Saúde, Infraestrutura) para aquisição de informações ambientais e socioeconômicas, além de visitas em sedes de projetos e associações com atuação no município, como o Projeto Recanto Mãe Natureza, a Associação de Moradores de Campo Alegre e a Agrovila do Açude Missi, onde se localiza a Instituição Sócio Comunitária da Agrovila (ISCA).

A obtenção do material geocartográfico como base em imagens de satélite foram adquiridas em órgãos, como a Superintendência Estadual de Meio Ambiente (SEMACE), a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), a Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e o Instituto de Desenvolvimento Agrário (IDACE). A aquisição de imagens de satélite e bases cartográficas ocorreu por meio da internet em sites de órgãos como o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), onde são ofertadas imagens de satélite de diversas regiões do Estado do Ceará com inúmeras datações na Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (SRH/CE), no Sistema de

Informações dos Recursos Hídricos do Ceará (SIRH/CE) e no site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) onde foram obtidas as imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

Também nessa fase foram efetivados os primeiros trabalhos de campo da pesquisa de mestrado, visando um reconhecimento prévio da região do médio curso da bacia e objetivando registrar os primeiros aspectos socioeconômicos e físico-ambientais da área. Para Suertegaray (2002) o trabalho de campo é uma forma mais ampla e constitui-se como um instrumento de análise geográfica que permite a exploração do objeto e que, fazendo parte de um método de investigação, possibilita a inserção do pesquisador no movimento da sociedade como um todo.

Após essa etapa inicial de organização e inventário, em que foram adquiridos os materiais relacionados ao objeto de estudo e a temática discutida, ocorreram também outros trabalhos de campo destinados à comprovação dos dados secundários obtidos, sendo organizado um banco de dados qualitativos, quantitativos e geocartográficos, no intuito de facilitar o desenvolvimento das fases seguintes, como também para uma melhor organização dos dados obtidos.

### 3.6.2. Fase de Análises

A fase de análises refere-se ao processo da organização do material coletado na fase anterior e que subsidiou a redação dos capítulos que compõem a pesquisa, sendo organizados de acordo com os objetivos traçados. A compreensão das leituras efetivadas nos levantamentos bibliográficos proporcionaram a produção e a contextualização das questões teóricas, ambientais e socioeconômicas, apontadas nos capítulos iniciais da dissertação. Nessa etapa, elaborou-se e organizou-se também todo o material cartográfico coletado, como se pode observar no quadro 13 abaixo.

**Quadro 13** - Material Cartográfico e Sensores Remotos Utilizados na Pesquisa.

<b>Bases Cartográficas</b>	<b>Fontes</b>	<b>Locais de Acesso</b>
<b>Limite Municipal</b>	IBGE (2010)	Site IBGE: <a href="http://www.ibge.gov.br/home/download/geociencia">http://www.ibge.gov.br/home/download/geociencia</a>
<b>Delimitação da Bacia</b>	SIRH (2008)	Site da SRH/CE: <a href="http://atlas.srh.ce.gov.br">http://atlas.srh.ce.gov.br</a>
<b>Solos</b>	Jacomine (1973)	IDACE
<b>Imagem SRTM folha SA-24-Y-D</b>	EMBRAPA (2001)	Site da EMBRAPA: <a href="http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/ce/ce.htm">http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/ce/ce.htm</a>

<b>Recursos Hídricos</b>	COGERH (2008)	Visita a FUNCEME
<b>Geologia</b>	CPRM (2003)	Visita a CPRM
<b>Geomorfologia</b>	EMBRAPA (2003) e INPE (2009)	Site da EMBRAPA: <a href="http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/">http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/</a> e Site do INPE: <a href="http://www.Dgi.inpe.br/cdsr">http://www.Dgi.inpe.br/cdsr</a>
<b>Imagens Landsat 2 e Landsat 5 (1981 e 2009)</b>	INPE (2013).	<a href="http://www.Dgi.inpe.br/cdsr">http://www.Dgi.inpe.br/cdsr</a>

**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

O manuseio dessas bases cartográficas foi efetivado com o apoio do *software ArcGis 10*, sendo utilizados também outros equipamentos e *softwares* para o auxílio na manipulação e organização das informações cartográficas, e para assinalar aspectos relevantes que ocorreram durante os trabalhos de campo. Entre outros equipamentos utilizados destaca-se: microcomputador *Intel Inside Core I5 4GB*; GPS *Garmin 12* referenciado em coordenadas UTM, datum WGS 1984 e câmera fotográfica digital *Sony 14.1 mega pixels*.

A coleta do material cartográfico e processamento dos mesmos no *ArcGis 10* e *Global Mapper* viabilizou a produção dos primeiros mapas básicos e temáticos, que auxiliaram nos trabalhos de campo, sendo utilizados também para conferir os dados cartográficos coletados inicialmente. Produziram-se cartas imagens e mapas temáticos a partir de 50 pontos marcados durante as idas a campo com o auxílio do GPS, o que propiciou a identificação e a espacialização de problemáticas ambientais na região do médio curso, tais como: a degradação de áreas, os usos dos solos e a questão do lançamento de resíduos sólidos em espaços inadequados.

Nesse mesmo período, realizou-se trabalhos de campo por distritos dos municípios de Miraíma, Sobral, Irauçuba e Amontada, os quais integram a região do médio curso do rio. Nesses trabalhos de campo verificaram-se aspectos relativos às atividades econômicas, dinâmica espacial, recursos naturais e questões relativas às potencialidades, problemáticas e limitações dos sistemas ambientais e das questões locais, por meio de registros escritos e fotográficos e GPS. Como apoio, utilizou-se imagens *Landsat 5* (resolução espacial de 30 metros) com as bandas 3, 4 e 5 e *Landsat 2* (resolução espacial de 80 metros) com as bandas 4 e 5 do ano de 2009 e 1981, que podem gerar uma certa imprecisão, porém, para as análises aqui pretendidas que visam o solo, a vegetação e os recursos hídricos, essa resolução proporcionou uma análise adequada. Posteriormente, foram confeccionados os



mapas temáticos do município e a redação dos primeiros textos que fazem parte da dissertação.

De acordo com Rocha (2008), a construção do projeto lógico, a partir do modelo conceitual dos temas, especifica planos de informação (*layers*) individuais, para cada tema cartográfico, associados às tabelas de atributos básicos, feições geométricas e simbologia. A partir da escolha dos temas, define-se que tipo de feição (pontual, linear, poligonal) será a mais adequada para a representação de cada tema, sempre em formato *shapefile*.

Dessa forma, os mapas foram elaborados a partir das análises nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000 e representados na escala de 1:250.000, devido a adequação para o tamanho da área a dimensão do papel A3 (29,7cm x 42,0 cm) para a impressão. O recorte espacial utilizado foi proposto pelo IBGE 2010 para a delimitação dos municípios cearenses. Já as convenções cartográficas contidas nos mapas foram embasadas no Manual Técnico de Convenções Cartográficas – Catálogo de Símbolos, elaborado pelo Ministério de Defesa/Exército Brasileiro de 2000.

Para calcular e dividir o médio curso da bacia do rio Aracatiaçu em setores, utilizou-se o *software ArcGis 10*. – aplicativo *ArcMap*, pelo comando “*Open Attribute Table*” – “*Calculate Geometry*” – “*Area*” – “*km sq*”.

Para a confecção do mapa de geologia foi utilizada a base cartográfica da CPRM (2003) com escala de 1:100.000. Inicialmente, utilizou-se a ferramenta “*Clip*” do *ArcMap 10* para recortar a geologia presente nos limites do médio curso, posteriormente, com a ferramenta “*Symbolology*”, foram atribuídas cores diferentes aos tipos de geologia.

Nos mapas de hipsometria e declividade foram utilizadas imagens SRTM (EMBRAPA, 2001), a folha SRTM SA-24-Y-D que possuem informações referentes à altitude. Dessa forma, foram geradas as curvas de nível utilizando a ferramenta “*Create Contours*”, e com a ferramenta “*Clip*” foram recortadas às curvas de nível dentro do limite do médio curso da bacia. Seguindo os trabalhos, utilizou-se a ferramenta “*Create TIN*” para elaborar a hipsometria da área, permitindo com o auxílio da ferramenta “*Symbolology*” gerar o mapa de declividade.

Para a produção dos mapas que envolviam o médio curso nas análises, utilizaram-se as bases cartográficas de recursos hídricos da COGERH (2008), limites municipais IBGE (2010) e a delimitação das bacias hidrográficas do estado do Ceará SIRH (2008), sendo que para gerar o *shape* do médio curso da bacia, realizou-se um “*Clip*” do *shape* da bacia do rio

Aracatiáçu, elencando como critério a hipsometria, disposição dos divisores e espacialização dos cursos d'águas para delimitar a região que seria o médio curso.

Na representação de solos foi utilizado o mapa exploratório-reconhecimento dos solos do Estado do Ceará, elaborado por Jacomine (1973), com escala de 1:600.000. Na produção desse mapa, utilizou-se primeiramente a ferramenta “*Clip*” para recortar as classes predominantes de solos existentes na região do médio curso e com a ferramenta “*Simbology*” foram atribuídas cores diferentes aos tipos de solos, obedecendo às normas técnicas e convenções.

O mapa das unidades geomorfológicas foram elaborados a partir da utilização das imagens SRTM e *Landsat 2* banda 4 e 5 e *Landsat 5* banda 3, 4 e 5, foram escolhidas classes de altitude para a delimitação das unidades: planície fluvial, depressão sertaneja e maciços residuais, e atribuídas cores diferenciadas para cada unidade.

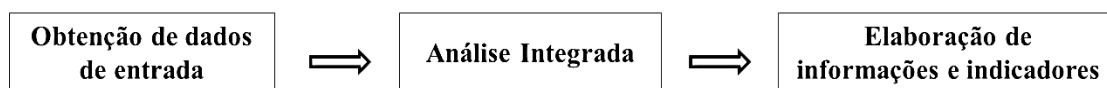
Para a elaboração de mapas com imagens *Landsat 2* e 5, foi necessário o georreferenciamento com a ferramenta “*Georeferencing*” e depois da ferramenta “*Composit Bands*”, realizando a composição das bandas 4 e 5 (*Landsat 2*) e 3, 4 e 5 (*Landsat 5*), nessa ordem, cuja o objetivo era de realçar a vegetação, o solo exposto, os corpos d'água e as áreas de agropecuária a para compor os mapas e observar a dinâmica dessas atividades no médio curso.

### **3.6.3. Fase de Diagnóstico**

Esta fase de diagnóstico teve como objetivo a interpretação de todo material confeccionado na etapa anterior, apontando-se as principais problemáticas, potencialidades e limitações da região de estudo, a partir de informações sobre o manejo dos recursos naturais e do uso e ocupação do solo, os quais evidenciam o cenário da degradação e/ou conservação dos setores da bacia, isso auxiliado a partir de mapas temáticos. Nessa perspectiva, concebe-se que o diagnóstico mais do que uma etapa de um estudo, consiste o corpo do trabalho aqui posto em discussão.

Para Santos (2004), o diagnóstico caracteriza-se por ser um momento do planejamento que engloba no mínimo três etapas, onde cada uma é responsável por um processo, sendo elas: i) a seleção e obtenção de dados de entrada; ii) a análise integrada; e iii) a elaboração de indicadores que servirão de subsídio para a tomada de decisões. Pode-se visualizar melhor na figura 02.

**Figura 02** – Etapas do Diagnóstico Ambiental



**Fonte:** SANTOS (2004).

Compreende-se, dessa maneira, que o estudo em questão segue esse mesmo raciocínio, ou seja, caracteriza-se como um diagnóstico integrado ambiental que vai desde o levantamento de informações da avaliação sobre a condição da cobertura e do uso do solo no médio curso, a inserção da análise integrada dos dados obtidos (Físicos, ambientais, socioeconômicos, culturais, etc.), congregando a isso a aplicação da fórmula descritiva final e do cálculo do estado de degradação ambiental dos setores do médio curso e do cálculo do valor da degradação física do médio curso da bacia. E partindo disso, pode-se realizar a elaboração de um plano de ações e medidas de gestão integrada, pautando na interação das características socioeconômicas e ambientais levantados no objeto de pesquisa e representados através de mapas.

Para Leal (1995), esta etapa da pesquisa caracteriza-se por uma complexidade, pois consiste em práticas de observação, percepção, interpretação e sistematização dos mais variados processos físico-naturais e socioeconômicos existentes na área, requerendo um conhecimento de caráter interdisciplinar para sua compreensão e solução. Desse modo, visualiza-se em Santos (2004) que os estudos dirigidos ao estado do meio realizam-se por intermédio de temas direcionados aos aspectos: i) físicos (climatologia, geologia, geomorfologia, pedologia, hidrologia, etc.); ii) as pressões humanas sociais e econômicas (uso da terra, demografia, condições de vida da população, infraestrutura de serviços); iii) e como resposta da sociedade às pressões, observa-se por meio dos aspectos jurídicos, institucionais e de organização política as ações adequadas de planejamento.

Baseando nisso, utilizaram-se documentos de órgãos públicos municipais, estaduais e federal como instrumentos no auxílio de propostas de planejamento e gestão para a área de estudo. Buscando proporcionar essa inter-relação, foram confeccionadas cartas imagens que evidenciam os impactos existentes, favorecendo um melhor entendimento do contexto socioambiental do meio curso. Nesse momento, foram efetivados os últimos trabalhos de campo que objetivavam consolidar as informações já organizadas e a checagem de questões de cunho socioeconômico e ambiental.

#### **3.6.4. Fase Propositiva**

Após a consolidação das etapas anteriores, realizou-se esta etapa, que consiste no período de formulação do plano de ações e medidas voltadas para a gestão integrada das problemáticas evidentes na região do médio curso, a partir dos resultados obtidos pela aplicação do diagnóstico físico-conservacionista. Dessa forma, foram apontadas ações que visem propostas mitigadoras para o manejo adequado dos recursos naturais objetivando o planejamento e gestão ambiental e desenvolvimento sustentável da região estudada, associando as atuais condições de uso e ocupação da terra que evidenciam os indicativos do grau de conservação e/ou de degradação dos recursos naturais, integrando também as condições socioeconômicas e entendendo, conforme Souza (2007), por meio da capacidade de suporte do ambiente, as potencialidades, as limitações e os riscos de ocupação da região da bacia hidrográfica do Aracatiaçu, para assim propor efetivas ações de intervenção e/ou ação.

As propostas mitigadoras para manejo adequado dos recursos naturais do médio curso do rio visam articular medidas que busquem a diminuição do processo de degradação, além da contribuição efetiva do diagnóstico físico-conservacionista que conforme Beltrame (1994) fornece indicativos concretos para a condução racional do uso e manejo dos recursos naturais, visando à sua preservação.

Frisa-se ainda que a realização do diagnóstico físico-conservacionista para o médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu, configurou-se como um estudo que visa propor o manejo adequado dos recursos naturais renováveis da bacia, pois conforme Souza & Fernandes (2000), isso ocorrendo, torna-se conciliável a produção socioeconômica com a preservação ambiental, adequando a intervenção antrópica às características biofísicas dessas unidades naturais, como no ordenamento do uso e ocupação sob a gestão integrada e participativa dos atores sociais, fazendo com que sejam minimizados impactos negativos e se garanta o desenvolvimento sustentado.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DO MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO ARACATIAÇU

---

### 4.1. Características Geológicas/Geomorfológicas

As formações geológicas apresentam características que guardam uma relação direta com as formas de escoamento das águas na bacia, além das ligações com os componentes geomorfologia, hidrologia e pedologia.

Entende-se a partir de Souza (2007), que os reflexos geológicos incidem igualmente sobre a grande diversidade de solos e disponibilidade de recursos hídricos de superfície e subsuperfície. Como também no quadro fitoecológico local e nas potencialidades dos recursos naturais disponíveis.

Constatou-se que a região do médio curso é formada por grande variedade de formações litológicas que podem ser agrupadas em dois grandes domínios geológicos: embasamento cristalino e as formações sedimentares. Com um maior detalhamento constatou-se a presença das seguintes unidades geológicas: i) Depósitos Aluviais; ii) Formação Barreiras; iii) Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria; iv) Complexo Ceará - Unidade Canindé e Unidade Independência.

Os Depósitos Aluviais são constituídos por argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas, com a nomenclatura Q2a. datadas da era Cenozóica e do período Quaternário.

A Formação Barreiras caracteriza-se pelo acúmulo de detritos areno-argilosos, com granulometria de média a fina. São rochas de idades terciárias, representadas por sedimentos areno-argilosos, pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, com granulação variando de fina a média, contendo intercalações de níveis conglomeráticos e lateríticos. Segundo Braga *et al.* (1981), essas rochas lateríticas não têm cotas definidas e estão comumente associados aos níveis de percolação das águas subterrâneas. Litologicamente é composta por arenitos argilosos de tonalidade variegada com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base, apresentando simbologia ENb. A presença dessa formação ocorre na extremidade norte do setor A do médio curso, com pouca relevância.

A Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria foi encontrada com maior predominância nos setores B e C do médio curso. Ela possui dois tipos de litologia: os granitos migmatitos e paraderivadas – NP(PP)ts; e os granitoides – tsy. A primeira litologia é

resultante da associação garnito-migmatítica, envolvendo granitoides neoproterozóicos, cinzentos e rosados, de granulação variável até termos porfiríticos, gnaissificados ou não e ortognaisses migmatíticos, além de rochas calcissilicáticas. A segunda formação se dispõe litologicamente de granitoides cinzentos e rosados, de granulação variável até termos porfiríticos (CPRM, 2003).

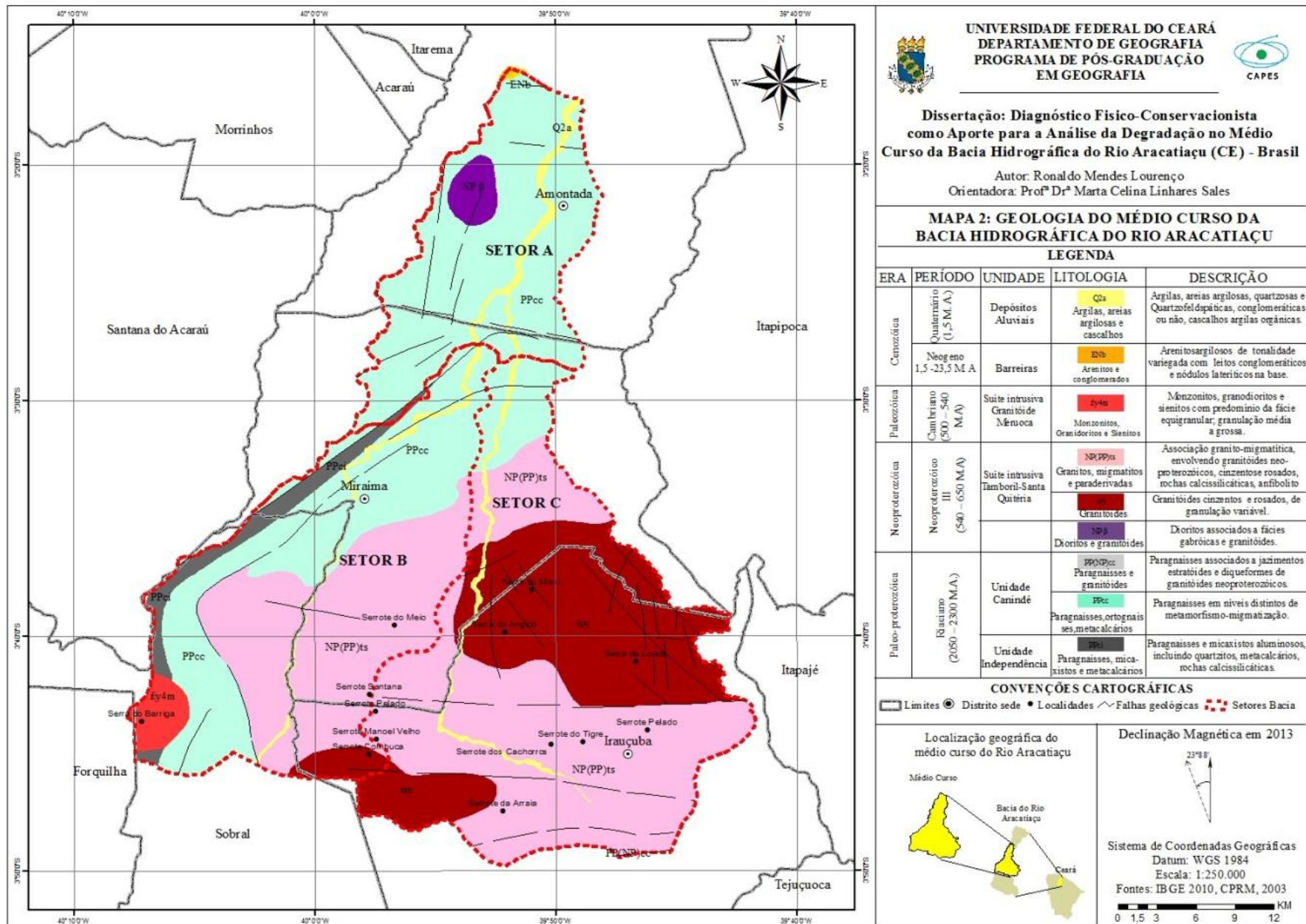
Também se destacam a presença do Complexo Ceará – Unidade Canindé e Unidade Independência. A primeira unidade apresenta duas formações litológicas: paragnaisses e granitóides de simbologia PP(NP)cc, observada apenas no setor B, apresentando paragnaisses associados a jazimentos estratóides e diqueiformes de granitoides neoproterozóicos; e paragnaisses, ortogonsaisses, metacalcários com nomenclatura PPcc que constitui-se de paragnaisses em níveis distintos de metamorfismo-migmatização especializando-se por todo o setor A e B da bacia. Já a unidade Independência apresenta paragnaisses, micaxistos e metacalcários de nomenclatura PPci, constituindo-se de paragnaisses e micaxistos aluminosos, incluindo quartzitos, metacalcários e rochas calcissilicáticas no setor A e B (CPRM, 2003).

Aponta-se ainda a Suíte Intrusiva Granitóide Meruoca no setor B com litologia composta de monzonitos, granidoritos e Sienitos de nomenclatura  $\text{fy}4\text{m}$  com granodioritos e sienitos com predomínio da fácies equigranular; granulação média e grossa.

Destaca-se ainda um material localizado no setor A do médio curso. Trata-se do NP $\beta$  que é constituído por dioritos associados a fáceis gabróicas e granitoides. O mapa 02 apresenta os aspectos geológicos da área de estudo e o quadro 13 traz a síntese da geologia.

Tratando-se dos aspectos geomorfológicos é importante explicar que os indicadores morfoestruturais, litológicos e climáticos, controlados por fatores dinâmicos como o clima, a tectônica e a pedogênese, associados aos fatores estáticos tais como a litologia, a estrutura, as morfologias pretéritas, foram responsáveis por uma complexa sequência morfológica, sendo vislumbrada pelas diversas formas de relevo existentes no Estado do Ceará (MEIRELES, 2007). Souza (2003) elaborou a mais completa classificação morfoestrutural para o Ceará, compartimentando-o em como se pode notar em Meireles (2007): i) Domínio dos depósitos sedimentares cenozoicos (planícies fluviais, formas litorâneas e tabuleiros); ii) Domínio das bacias paleo-mesozóicas (Chapada do Araripe, Chapada do Apodi e Planalto da Ibiapaba); iii) Domínio dos escudos e maciços antigos (Planaltos residuais e depressões sertanejas). Para este autor, estas são as principais unidades

Mapa 02 – Geologia do Médio Curso do Rio Aracatiçu.



morfoestruturais do Estado e estão representadas por formas de acumulação estruturais e erosivas (dissecadas e conservadas).

Nessa perspectiva, o médio curso do rio Aracatiaçu está inserido no domínio dos escudos e maciços antigos (planaltos residuais e depressões sertanejas) e no domínio dos depósitos sedimentares cenozoicos (planícies fluviais em baixa representatividade na área de estudo o tabuleiro costeiro).

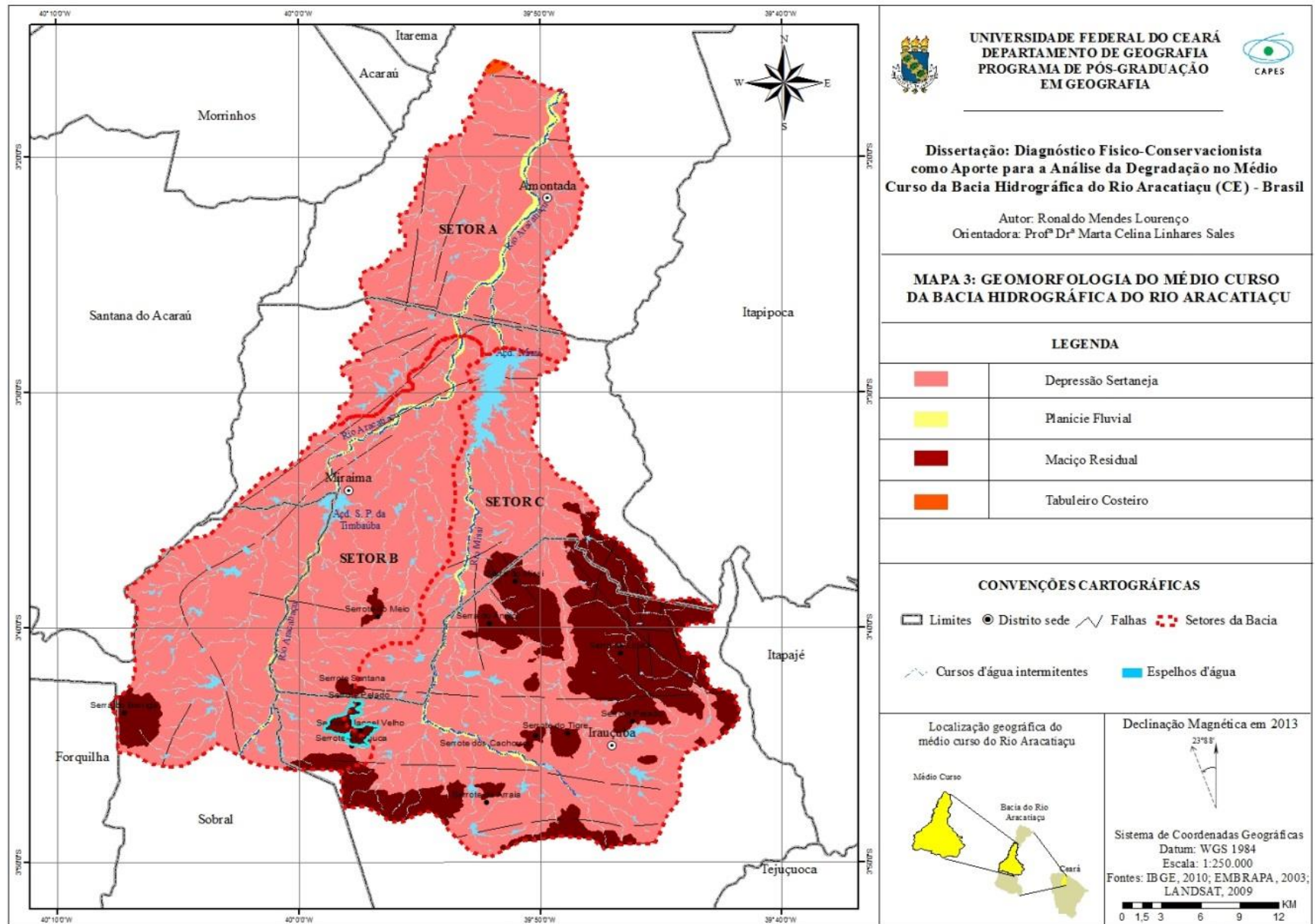
Na área de pesquisa destaca-se a depressão sertaneja que são marcadas por topografias planas a levemente onduladas em altitude que se dão em torno de 130-150m e se apresentam com uma dissecação mais evidente quando apresentam níveis altimétricos superiores a 300m, o que caracteriza os diferentes pedimentos da depressão cearense, o seu caimento topográfico é feito no sentido dos fundos dos vales (MEIRELES, 2007). Sobre a presença desta unidade na área de estudo, nota-se que a variação de altitude ocorre de 0 m a 125 m de altitude.

Referindo-se às planícies fluviais Souza (2007) salienta que são área planas resultantes da acumulação fluvial, sujeitas a inundações periódicas que bordejam as calhas dos rios, apresentando a ocorrência de solos aluvionais com profundidade e imperfeitamente drenados, apresentando problemas eventuais de salinização. Associando-se a isso a presença de mata ciliar e carnaúbas como uso predominante pelo agroextrativismo. Estas áreas estão sujeitas quando ocupadas à degradação da mata ciliar, o que gera o desencadeamento de processos erosivos e assoreamento, poluição do recurso hídrico e inundações e cheias.

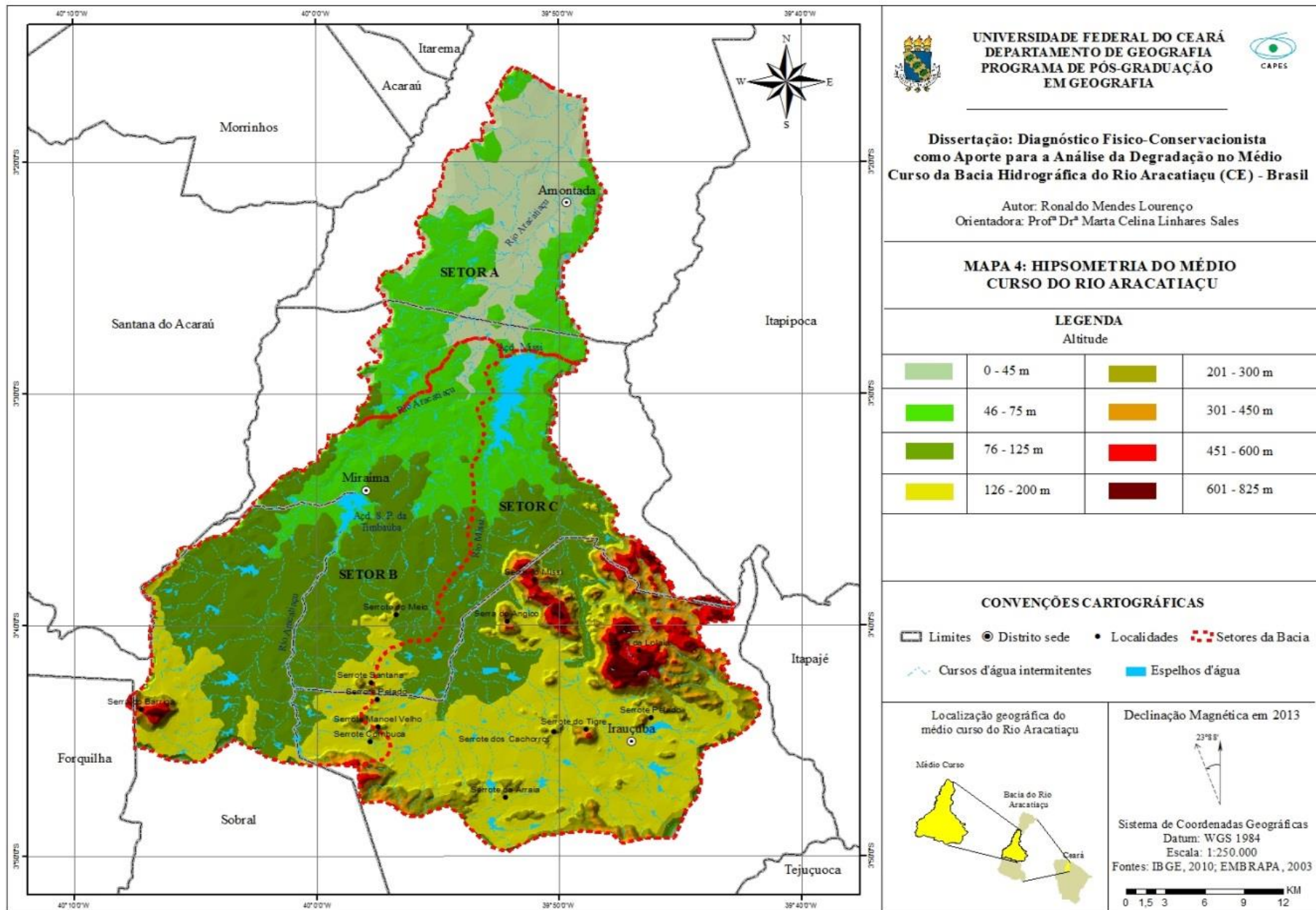
A respeito dos maciços residuais do médio curso do rio, destaca-se no setor B a Serra do Barriga, Serrote do Meio, Serrote Santana, Serrote Pelado, Serrote Manoel Velho, Serrote Combuca, Serrote do Chapéu e Serrote Chapeuzinho; e no setor C a presença do Serrote da Arraia, Serrote do Cachorro, Serrote do Tigre, Serrote Pelado, Serra da Lolaia, Serra do Angico e Serra do Missi. Essas unidades geomorfológicas se caracterizam por estarem dispersas pela depressão sertaneja com cotas altimétricas de maior representatividade na área de estudo entre 451m a 825 m, estando essa variação de altitude entre as unidades geomorfológicas representada no mapa 03. É importante e estas unidades estão sujeitas à erosão acelerada das vertentes em função dos desmatamentos e das práticas agrícolas rudimentares. O mapa 04 apresenta a espacialização das unidades geomorfológicas e o quadro 14 traz a síntese da geomorfologia. A figura 3 mostra a espacialização de maciços residuais em depressão sertaneja.



**Mapa 03 – Geomorfologia do Médio Curso do Rio Aracatiçu.**



Mapa 04 – Hipsometria do Médio Curso do Rio Aracatiçu.



**Figura 3:** Maciço residual disposto em depressão sertaneja.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

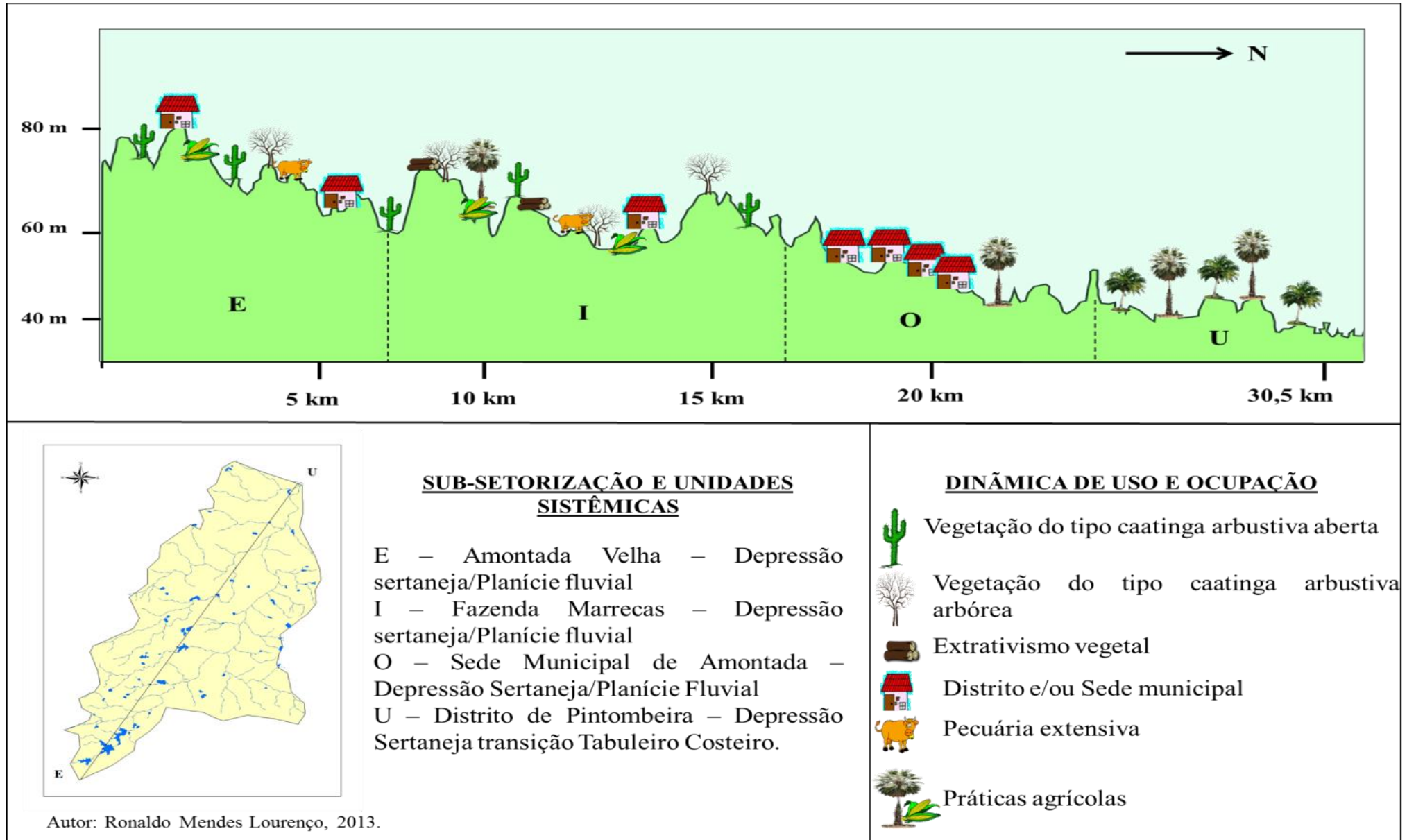
Pensando na capacidade de suporte das unidades sistêmicas do médio curso do rio Aracatiaçu, elaborou-se o perfil topográfico longitudinal dos três setores (A, B e C) do médio curso do rio, com o intuito de especializar o modelado das unidades sistêmicas presentes em cada setor, como também demonstrar as formas de uso e ocupação da área. A partir do perfil, nota-se que as unidades delimitadas (Depressão Sertaneja, Maciço Residual e Planície Fluvial) apresentam diversos tipos de usos e de atividades, destacando-se especificamente, as dinâmicas de ocupação relacionadas a agricultura de subsistência, a pecuária extensiva e o extrativismo vegetal. Os perfis topográficos estão representados pelas figuras 04, 05 e 06.

**Quadro 14** – Síntese das Características Geológicas e Geomorfológicas do Médio Curso.

GEOLOGIA		GEOMORFOLOGIA		
Unidades Litoestratigráficas	Cronologia	Compartimentação do relevo	Classificação do relevo e das formas	Feições geomorfológicas e modelado
Depósitos Aluviais	Quartenário (1,5 M.A.)	Depressão sertaneja e Maciços residuais	Planície fluvial, várzeas e áreas de acumulação	Planícies e terraços fluviais
Barreiras	Neogeno (1,5 - 23,5 M.A.)		Relevo plano e ondulado, apresentando formação de acumulação	Maciços residuais dissecados e, feições de colinas e cristas
Suíte Intrusiva Granitóide Meruoca	Cambriano (500 - 540 M.A.)		Relevo plano e fortemente ondulado, apresentando formas deprimidas com superfícies erosivas planas e ou ligeiramente dissecadas Depressões periféricas e interplanálticas submetidas a processos de pedimentação	
Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria	Neoproterozóico III ( 540 - 640 M.A.)			
Complexo Ceará – Unidade Canindé e Independência	Riáciano (2050- 2300 M.A.)			

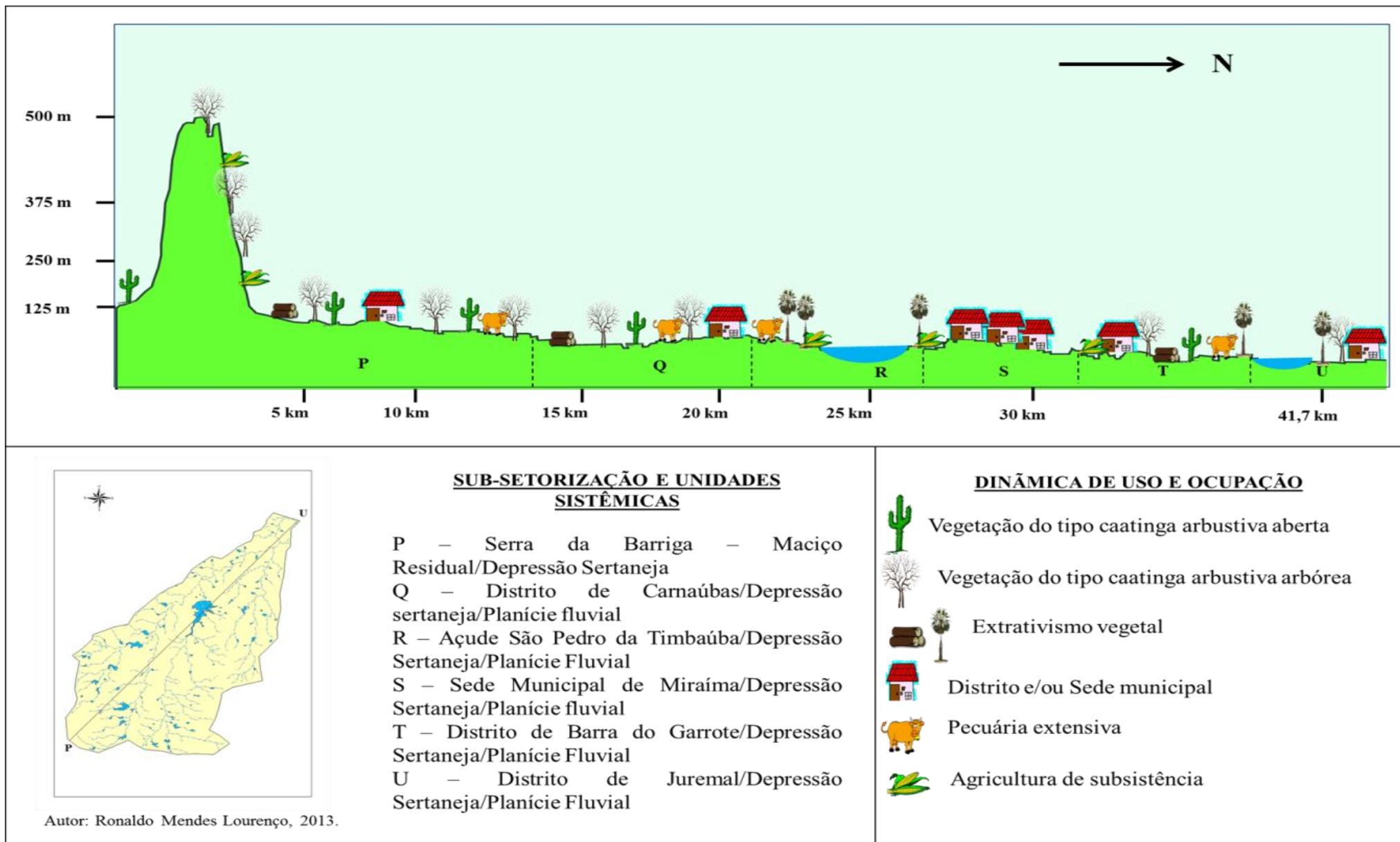
**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

Figura 04 – Perfil Topográfico Longitudinal do Setor A do Médio Curso do Rio Aracatiaçu.



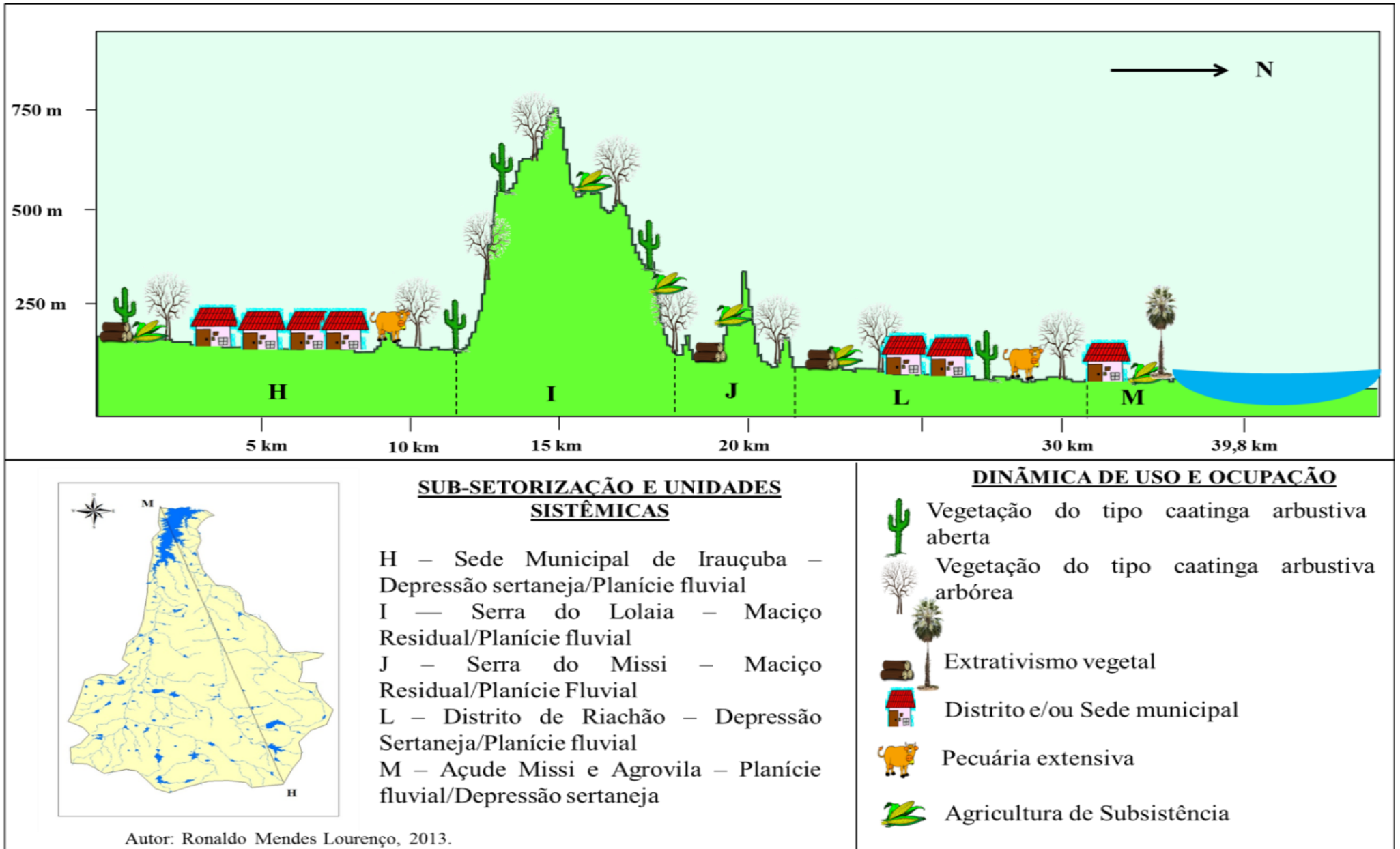
Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), elaboração.

**Figura 05** - Perfil Topográfico Longitudinal do Setor B do Médio Curso do Rio Aracatiaçu.



Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), elaboração

Figura 06 - Perfil Topográfico Longitudinal do Setor C do Médio Curso do Rio Aracatiáçu.



Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), elaboração.

## **4.2. Características Hidrogeológicas**

Referindo-se aos aspectos hidrogeológicos na área do médio curso do rio Aracatiaçu, podem-se distinguir dois domínios; rochas cristalinas e depósitos aluvionares.

O Sistema Hidrogeológico Fissural, também denominado de Cristalino possui características hidrogeológicas, que dependem dos fatores tectônicos dúcteis e/ou rúpteis, predominando o rúptil, provocando o surgimento de fraturas e/ou falhas responsáveis pelo armazenamento e circulação das águas subterrâneas e, a partir daí, sua expressão como aquífero. Sua porosidade intersticial e permeabilidade primárias são consideradas como sendo praticamente nulas, impossibilitando um comportamento aquífero deste meio. É tido como um aquífero livre somente nas zonas fraturadas, que são potencialmente capazes de terem armazenamento e circulação de água, com porosidade e permeabilidade ditas secundárias por faturamento (CEARÁ, 2010).

Conforme Melo (2008), as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da não circulação e da influencia do clima semiárido, é tipicamente salinizada. Essas condições apresentam um potencial hidrológico baixo no domínio cristalino, nessa perspectiva a sua importância como potencial de abastecimento e reserva de água em casos de pequenas comunidades aparece como uma alternativa em períodos de estiagem.

O Sistema Aluvionar ocorre bordejando, especificamente, os leitos principais dos rios do médio curso do rio, possuindo larguras variáveis e sendo composto por cascalhos, areias grossas e médias, siltes e argilas em proporções variadas. Particularmente, consistem em uma opção como manancial, com alta permeabilidade dos terrenos arenosos compensa as pequenas espessuras, o que produz vazões significativas na área de estudo.

## **4.3. Características Climáticas e Recursos Hídricos**

O clima, conforme Jurca (2005) é resultado de um processo complexo entre todos os componentes terrestres (relevo, vegetação, hidrografia, tipos de solos, etc.) em uma expressiva variabilidade espaço temporal, sendo um elemento definidor na organização do espaço e um fator configurador de um lugar, como se observa no semiárido nordestino.

O clima, de qualquer região, é caracterizado em maior abrangência pela circulação geral da atmosfera, que é resultante particularmente, do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes e também das características topográficas sobre os continentes (FERREIRA & MELLO, 2005). Nessa perspectiva, Zanella (2007) esclarece que a análise das condições climáticas de uma região é

de suma importância, já que o clima reflete nos processos e formas geomorfológicas no regime dos rios, influenciando ainda na disponibilidade dos recursos hídricos, na formação dos solos e na distribuição da cobertura vegetal. Ainda conforme a autora, as condições climáticas do Estado do Ceará são muito complexas e variáveis estando relacionadas com a interação de diferentes centros de ação e sistemas atmosféricos que atuam na região com os fatores regionais e locais.

É importante compreender que a localização do Ceará, próximo à linha do Equador, permite uma intensa insolação no Estado durante o ano todo, o que caracteriza uma área típica de climas quentes, sendo que a atuação dos sistemas atmosféricos influenciam na sazonalidade e variabilidade da precipitação, além de outros fatores como a altitude, a disposição do relevo e a proximidade ou distância dos oceanos, proporcionam as diferenciações locais dos climas no Estado.

Segundo Moura (2008), os sistemas atmosféricos localizados na região Nordeste agem em áreas equatoriais de baixa latitude, que provoca, convencionalmente estabilidade atmosférica no período do inverno e primavera (período seco), causando instabilidade no período sazonal do verão e outono com a ocorrência de chuvas concentradas no quadrimestre de fevereiro-março-abril-maio (quadra chuvosa).

Inserido nas condições climáticas do semiárido nordestino cearense, que se caracteriza por chuvas concentradas com distribuição espacial e temporal muito irregular, temperaturas médias anuais elevadas, o médio curso do rio Aracatiaçu possui sua totalidade do território influenciado pela dinâmica de sistemas atmosféricos que agem em sua área e que também são atuantes na dinâmica regional norte-nordeste. Destaca-se a ação: da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) na região do médio curso, sendo que outros mecanismos apontados por Ferreira e Mello (2005), tais como: i) Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); ii) Temperatura da superfície do mar (TSM) na Bacia do Oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); iii) Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); iv) Frentes Frias; v) Linhas de Instabilidade (LI); vi) dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), vii) brisas marítima e terrestre. A seguir tais sistemas são discutidos.

A Zona de Convergência Tropical (ZCIT), de acordo com Ferreira e Melo (2005), pode ser entendida como uma banda de nuvens que percorre a faixa equatorial do globo terrestre, sendo formada especificamente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul, em baixos níveis, baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar e intensa atividade convectiva e precipitação. Esse sistema



é o fator mais importante na determinação de quanto serão abundante ou deficiente as precipitações no setor norte do Nordeste do Brasil. Para estes autores a ZCIT

Normalmente ela migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14°N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2° a 4° S entre fevereiro a abril. Esse deslocamento da ZCIT está relacionado aos padrões da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre essa bacia do oceano Atlântico Tropical, conforme já demonstrado em vários Estudos. A ZCIT é mais significativa sobre os oceanos, e por isso, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) é um dos fatores determinantes na sua posição e intensidade (p. 4).

É Importante compreender que esses sistemas constitui-se como o principal fenômeno atmosférico atuante do norte do nordeste do Brasil, região em que se encontra o Estado do Ceará e, particularmente, o médio curso do rio Aracatiaçu.

O fenômeno ENOS, particularmente, o *El Niño* é um sistema oceânico-atmosférico que se manifesta sobre a bacia do Pacífico entre a Indonésia e a América do Sul. Segundo Zanella (2007), ele é um dos sistemas responsáveis pela ocorrência de baixos índices precipitações no Ceará, ocorrendo entre intervalos de três a cinco anos.

Outro importante mecanismo causador de chuvas no Nordeste do Brasil está ligado à penetração de Frentes Frias até as latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro. As frentes frias caracterizam-se por serem bandas de nuvens que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio com uma massa de ar quente. A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e conseqüentemente as chuvas (FUNCEME, 2013) (FERREIRA & MELO, 2005).

Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) que atingem a região Nordeste do Brasil se formam no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março e sua trajetória, normalmente, é de leste para oeste com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro. Esse sistema é constituído por um conjunto de nuvens que, observado pelas imagens de satélite, tem a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsistência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens (FUNCEME, 2013).

As Linhas de Instabilidade (LI) são um fenômeno meteorológico de mesoescala que ocorre no período do verão-outono, entre os meses de novembro a março. Constituem-se como uma banda de nuvens do tipo *cumulus* com formação vinculada à radiação solar e que atingem um número maior a tarde, quando a convecção é máxima com conseqüentes chuvas. Outro fator que contribui para o incremento das Linhas de Instabilidade, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT (FERREIRA & MELLO, 2005).

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, etc., e provocam chuvas fortes e de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento. As chuvas associadas a este fenômeno meteorológico ocorrem de forma isolada.

As chamadas Ondas de Leste são ondas que se desenvolvem no campo de pressão atmosférica, principalmente na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, se deslocando de leste para oeste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. O Estado do Ceará também recebe chuvas nos meses de junho, julho e agosto, que são influenciadas por esse sistema atmosférico. Este fenômeno provoca chuvas, principalmente, na Zona da Mata que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte. Quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis as Ondas de Leste também provocam chuvas no estado do Ceará, particularmente, na parte centro-norte (FUNCEME, 2013).

Já as Brisas Marítimas e Terrestres são sistemas de escala local que resultam do aquecimento e resfriamento diferenciais que se estabelecem entre a terra e a água. De acordo Moura (2008), a ocorrência é devida às diferenças térmicas entre a superfície terrestre e a superfície oceânica, em que o comportamento se diferencia no período do dia e da noite. Conforme Ferreira e Melo (2005)

Durante o dia o continente se aquece mais rapidamente que o oceano adjacente, fazendo com que a pressão sobre o continente seja mais baixa que sobre o oceano. Isto faz com que o vento à superfície sopra do oceano para o continente, vento esse denominado de brisa marítima. A brisa marítima chega a penetrar até 100 km para dentro do continente. No período da noite o continente perde calor mais rapidamente que o oceano, fazendo com que esse fique com temperaturas mais elevadas se comparadas às do continente. Dessa forma a pressão fica maior sobre o continente, fazendo com que o vento sopra do litoral para o oceano, vento esse chamado de brisa terrestre. A brisa terrestre também afeta até 100 km para dentro do mar (p. 9).

Para Lima (2004), além desses sistemas de circulação de grande escala, deve-se considerar a orientação do litoral e das serras em relação aos ventos alísios, gerando corredores de vento, zonas de barlavento (chuvas orográficas, áreas mais úmidas), sotavento (áreas de sombra, com menor índice pluviométrico e menos úmidas) e as baixas altitudes predominantes do relevo com cotas inferiores a 400m, com exceção dos planaltos cristalinos e sedimentares, e que formam condicionantes climáticos espaciais de influência local/regional.

Observando a classificação climática do Estado Ceará, a partir de Lima (2004) baseada em estudos de Köppen e Gaussen, em que o primeiro utilizou como critérios para a elaboração de sua classificação a precipitação e a temperatura. Gaussen, além desses dois critérios, utilizou a umidade atmosférica, incluindo orvalho e nevoeiro, determinando os

índices xerotérmicos e correlacionando-as com as grandes unidades de vegetação (regiões bioclimáticas). Nota-se que a região do médio curso do rio Aracatiaçu enquadra-se nos tipos climáticos BSw'h' (clima quente e semiárido com estação chuvosa se atrasando para o outono e temperatura superior a 18°C no mês mais frio no sertão e 4aTh (clima tropical quente de seca acentuada no inverno, com um período de 7 a 8 meses secos por ano). Desse modo, entende-se que o clima cearense caracteriza-se por duas estações bem definidas: a estação chuvosa no verão (primeiro semestre) e a estação seca no inverno (segundo semestre).

Os parâmetros climáticos da região do médio curso do rio serão analisados com maior ênfase, quando efetuarmos o parâmetro índice climático (IC), considerando a pluviometria, o balanço hídrico, os índices climáticos e o índice climático dos setores do médio curso.

Tratando-se dos recursos hídricos ou aspectos hidrológicos da área de estudo, nota-se que eles estão relacionados de maneira particular aos aspectos geoambientais da bacia do rio Aracatiaçu. Concebe-se que a água é um recurso de grande importância no que se refere à organização e estruturação econômica, política, social e cultural do espaço geográfico, caracterizando-se como um recurso indispensável para a vida (SAMPAIO, 2007) e fundamental para a dinâmica dos processos físico-naturais em sistemas ambientais como as bacias hidrográficas.

Observa-se que a drenagem do médio curso do rio Aracatiaçu constitui-se como uma fonte para a construção de barragens e/ou açudes ao longo de seus canais fluviais como é o caso do Açude São Pedro da Timbaúba (Miraíma), Açude Patos (Sobral), Açude Aracatiaçu (Sobral), Açude Missi (Miraíma) e Barragem Cumbuco (Miraíma), os quais estão representados nas figuras 7, 8, 9, 10 e 11.

**Figura 07:** Açude São Pedro da Timbaúba.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

**Figura 08:** Açude Patos.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

**Figura 09:** Açude Aracatiaçu.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

**Figura 10:** Açude Missi



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

**Figura 11:** Barragem Cumbuco.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

Cabe salientar que as características relacionadas aos recursos hídricos associada ao escoamento superficial e de subsuperfície do médio curso do rio Aracatiaçu, estão ligadas aos fatores climáticos, a estrutura geológica, a cobertura vegetal, aos aspectos pedológicos, seus aspectos geomorfológicos, além dos tipos de usos estabelecidos na área de estudo. Conforme Crispim (2011), as condições climáticas exercem uma função primordial no quadro hidrológico da bacia. Através das chuvas, há o abastecimento dos mananciais e a alteração da água na superfície e subsuperfície.

Referindo-se aos recursos hídricos subterrâneos, entende-se que os aquíferos possuem uma relação direta com a estrutura geológica da área. Porém, na área de pesquisa, foram levantados dados sobre os tipos de uso dos aquíferos, disponibilizados pelo documento Pacto das Águas (CEARÁ, 2009) sobre informações das reservas hídricas subterrâneas localizadas nos municípios que estão inseridos no médio curso do rio. Foram coletadas e sistematizadas informações relacionadas a cada município, identificando tipo de poço e a quantidade, como mostra o quadro 15.

**Quadro 15** – Número de poços por municípios.

Município	Tipo de Poço		Total
	Poços Tubulares	Poços Amazonas	
Amontada	185	-	185
Miraíma	46	1	47
Irauçuba	101	5	106
Sobral	71	-	71
		<b>Total Geral</b>	<b>409</b>

Fonte: CEARÁ, 2009.

Verifica-se que a quantidade de poços do tipo tubular é superior a do tipo amazonas, sendo que a maioria desses poços. Entre as localizações desses poços, observa-se que em regiões de aquíferos aluviais representados por depósitos sedimentares areno-argilosos recentes ao longo dos rios e riachos da bacia, possuem profundidade em média 6,79 m e 100,00% destes têm profundidade inferior a 10,00 m. Esse tipo de poço é evidenciado na figura 12.

**Figura 12:** Poço situado em um afluente do rio Aracatiaçu.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012).

É importante ressaltar que a exploração das águas subterrâneas na região do médio curso, serve para complementar o abastecimento de água para a população. Outra perspectiva evidente relacionada aos recursos hídricos no semiárido é a construção de cisternas que acumulem a água da chuva captada nos telhados, estocando-a para os períodos de estiagem, surgindo como uma solução simples e relativamente barata para a convivência do sertanejo com o semiárido.

Conforme Ceará (2010), o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: 1 Milhão de Cisternas Rurais (PIMC), coordenado pela Articulação pelo Semiárido (ASA), vem desencadeando um movimento de articulação e de convivência sustentável com o ecossistema do semiárido, através do fortalecimento da sociedade civil, da mobilização, envolvimento e capacitação das famílias, com uma proposta de educação processual. O objetivo desse programa é beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas em toda região semiárida, com água potável para beber e cozinha, através das cisternas de placas. Nos municípios integrantes do médio curso foram construídas 1.127 cisternas de placa. O quadro 16 mostra a quantidade de cisternas construídas nos municípios inseridos no médio curso e a figura 13 evidencia uma cisterna da Agrovila do Açude Missi.

**Quadro 16** - Cisternas construídas pela ASA nos municípios do Médio Curso.

Município	Número de Cisternas Construídas
Amontada	118
Miraíma	201
Irauçuba	349
Sobral	459
<b>Total</b>	<b>1127</b>

Fonte: CEARÁ, 2010.

**Figura 13:** Cisterna de placa na Agrovila do Açude Missi.



Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

#### 4.4. Características Pedológicas

Conforme Pereira e Silva (2007), no Estado do Ceará, os solos evidenciam-se com uma tipologia bastante variada, em que a atividade bioclimática é pouco intensa e o intemperismo físico atuante. Estes solos estão, em sua maioria, inseridos em região de clima semiárido. São quase sempre de evolução mais fraca (solos jovens ou pouco evoluídos) e em geral apresentam boa fertilidade natural, pouco profundos e rasos com presença de pedregosidade e afloramentos rochosos. Eles acabam encontrando-se diretamente influenciados com as características de baixas precipitações pluviométricas irregularmente distribuídas e elevada evaporação, isso associado a uma vegetação natural de caatinga, grande prevalência de rochas cristalinas e relevo aplainado.

É nesse cenário, que estão inseridos as classes de solos predominantes no médio curso do rio Aracatiaçu, sendo classificados conforme o Sistema Brasileiro de Classificação

de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999). Através do levantamento exploratório e mapeamento dos solos do Estado do Ceará, realizado por Jacomine (1973), foram identificadas as seguintes associações de solos na área de estudo (Ver quadro 17), relacionando com a nomenclatura antiga embasada no Mapa Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (1973).

**Quadro 17** – Associações de solos identificadas no médio curso do rio Aracatiaçu.

TIPOS	ASSOCIAÇÕES (CLASSIFICAÇÃO ATUAL)
<b>RE25</b>	Associação de Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico + Afloramentos de Rocha
<b>RE26</b>	Associação de Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Afloramentos de Rocha
<b>PL6</b>	Associação de Planossolo Háptico Eutrófico Arênico + Planossolo Nátrico Órtico Típico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico
<b>PE32</b>	Associação de Plintossolo Argilúvico Eutrófico Arênico + Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Abrúptico + Planossolo Háptico Eutrófico Solódico + Laterita Hidromórfica
<b>PE42</b>	Associação de Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Abrúptico + Neossolo Regolítico Distrófico Fragipânico
<b>NC15</b>	Associação de Luvisso Crômico Órtico Vértico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Planossolo Háptico Eutrófico Arênico + Planossolo Nátrico Órtico Arênico
<b>Pe6</b>	Associação de Argissolo Vermelho Eutrófico Típico + Argissolo Vermelho Eutrófico Abrúptico + Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico + Afloramentos de Rocha
<b>RE6</b>	Associação de Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Argissolo Vermelho Eutrófico Típico + Argissolo Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico
<b>PL1</b>	Associação de Planossolo Háptico Eutrófico Arênico + Planossolo Nátrico Órtico + Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico Abrúptico
<b>PL4</b>	Associação de Planossolo Háptico Eutrófico Solódico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Planossolo Nátrico Órtico
<b>NC7</b>	Associação de Luvisso Crômico Órtico Vértico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Luvisso Crômico Órtico Típico
<b>PV7</b>	Associação de Plintossolo Argilúvico Distrófico espesso + Latossolo Amarelo Distrófico típico + Argissolo Acinzentado Distrocoeso Arênico
<b>PE3</b>	Associação de Argissolo Vermelho Eutrófico Abrúptico + Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Nitossólico + Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico

**Fonte:** Levantamento Exploratório e Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (JACOMINE, 1973).

**Fonte:** Jacomine (1973), Leite *et. al* (2007), Leite *et. al.* (2007), Pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013.

As classes de solos predominantes na área de estudo estão associadas com as condições do clima, relevo e rocha variando de acordo com a unidade geoambiental ou sistêmica. Dessa forma, foram identificadas as seguintes classes de solos predominantes na região do médio curso do rio: Afloramentos Rochosos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Litólicos, Luvisso e Planossolos (EMBRAPA, 1999).

A classe de solo de maior predominância em todos os setores do médio curso são os Planossolos com a presença de 911,02 km<sup>2</sup>, assim também como os Neossolos Litólicos (205,59 km<sup>2</sup> presente na área) que ocupam a região do setor B e C do médio curso do rio. Os Argissolos Vermelho-Amarelos (186,74 km<sup>2</sup>) que são o terceiro tipo com maior predominância na bacia no âmbito do setor C. A quarta tipologia com maior especialização



são os Luvisolos (85,31 km<sup>2</sup>), concentrando-se no setor B. O mapa 05 espacializa as associações de solos no médio curso.

Os Afloramentos Rochosos, que se especializa com uma área de 6,89 km<sup>2</sup>, tem origem geológica bastante antiga, em geral Pré-cambriana, e apresentam como características: a ausência quase completa de cobertura de solo, alto grau de insolação e evaporação e grande heterogeneidade topográfica (OLIVEIRA & GODOY, 2007).

Os Argissolos Vermelho-Amarelo caracterizam-se como perfis profundos a muito profundos com seguimentos de horizontes A, Bt e C, de textura média e argilosa, apresentando processo de formação ligados à translocação de argila dos horizontes superficiais, acumulando em subsuperfície originando o horizonte B textural. Sobre a composição química desses solos, são considerados como solos ácidos a moderadamente ácidos, podendo apresentar alta ou baixa fertilidade natural, sendo enquadrados em dois tipos: distróficos, sem reservas de nutrientes e eutróficos com melhores condições de fertilidade natural. Nesse tipo de solo encontram-se práticas de uso e a ocupação na região do médio curso ligadas a: i) pecuária extensiva; ii) extrativismo vegetal; iii) extrativismo mineral (areias); iv) agricultura de subsistência. (figura 14).

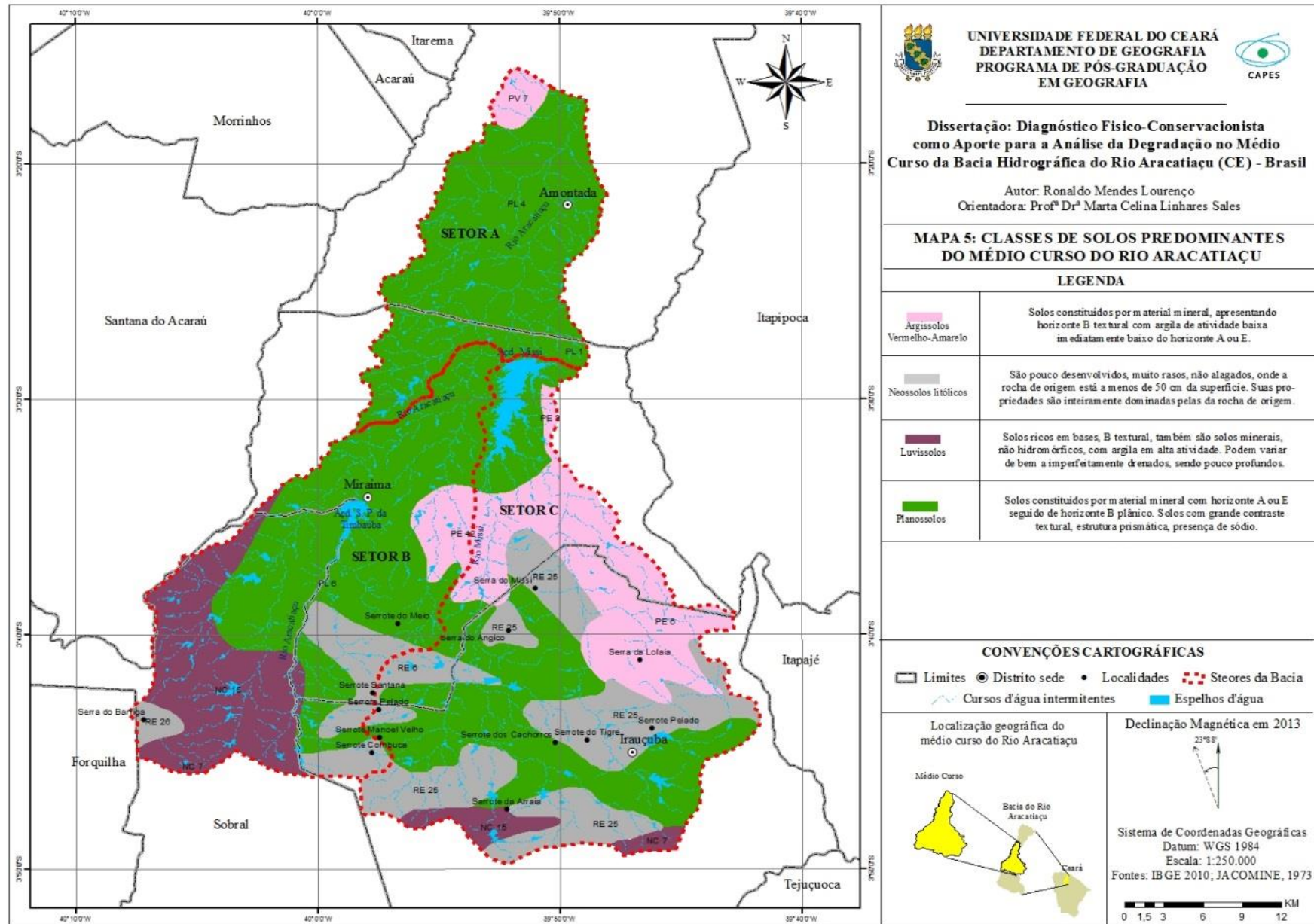
**Figura 14:** Prática extrativista da fibra da carnaúba.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

Os Neossolos Litólicos são solos de fraca evolução pedológica, apresentando profundidades iguais ou inferiores a 50 cm, de textura arenosa ou média com presença de cascalhos e com drenagem de moderada à acentuada. Geralmente, manifestam um horizonte A diretamente sobre a rocha – R, ou sobre a camada de alteração desta, horizonte C.

Mapa 05 – Associações de Solos do Médio Curso do Rio Aracatiáçu.



nesse tipo de solo, é comum possuírem pedregosidade e/ou rochoso na superfície, sendo frequentemente encontrados vinculados aos afloramentos rochosos. Quanto à fertilidade, pode ser de alta ou baixa (eutróficos ou distróficos), com reação variando de fortemente ácido a praticamente neutro. Do ponto de vista relacionado ao uso e ocupação, esse tipo de solo apresenta grandes limitações à atividade agrícola, devido a fatores como alta suscetibilidade a erosão, pedregosidade, rochoso, pouca profundidade, entre outros. A figura 15 evidencia a espacialização dessa classe de solo (PEREIRA & SILVA, 2007).

**Figura 15:** Neossolo Litólico com afloramentos rochosos



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

Os Luvisolos constituem solos rasos e pouco profundos com perfis bem diferenciados de tipo A, Bt e C, apresentando cores vermelhas ou avermelhadas, e de textura argilosa e média. Eles são férteis, moderadamente ácidos a praticamente neutros, com forte presença de minerais primários na sua composição, os quais se comportam como fonte potencial de nutrientes para plantas. No período seco evidenciam fendilhamento devido a presença de argila do tipo “montmorillonita”, que se expandem em períodos úmidos e contraem-se no período seco. Referindo-se ao uso e a ocupação desta classe de solo que oferecem boa capacidade de uso para a pecuária, lavouras de ciclos curtos e pastagem, no entanto, tem limitações pela forte deficiência de água, pouca profundidade, presença de pedregosidade e suscetibilidade a erosão.

Os Planossolos constituem solos rasos e pouco profundos que se caracterizam por apresentar perfis com horizontes A e E, ou mesmo desprovido de E, com textura arenosa sobre um horizonte Bt, às vezes em forma de estrutura colunar, de textura média ou argilosa. Geralmente, são imperfeitamente drenados, de cores acizentadas e amarelo-claro acizentadas.

Possuem caráter solódico, reação alcalina e condição de solo halomórfico, ou seja, salino, sendo típicos de relevos planos e suaves ondulados, ocupando as partes mais baixas das depressões sertanejas e várzeas. Atribuindo ao uso e ocupação, esse tipo de solo evidencia deficiência hídrica com forte limitação ao uso agrícola, sendo aproveitado para a pecuária e pastagem (PEREIRA & SILVA, 2007). A figura 16 destaca a presença dessa classe.

**Figura 16:** Pecuária extensiva em região de Planossolos.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

Os Plintossolos (1,45 km<sup>2</sup>) compreendem solos formados em condições de restrição à percolação da água, estando sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, caracterizando-se fundamentalmente por evidenciar expressiva plintitização. São solos que apresentam horizonte B textural sobre ou conincidente com horizonte plíntico, ocorrendo também aos solos com horizonte B incipiente, B latossólico, horizonte glei e solos sem horizonte. Verifica-se nessa classe de solos o predomínio de cores pálidas, com ou sem mosqueados de cores alaranjadas a vermelhas. Predominantemente, são ácidos com saturação por base baixa, ocorrendo em áreas de várzeas, de relevo plano ou suavemente ondulado.

#### **4.5. Características Fitoecológicas**

De acordo com Pereira e Silva (2007), a vegetação reflete-se na composição da paisagem por meio de sua relação com os outros componentes naturais, tais como o clima, os solos, as rochas, o relevo e os recursos hídricos. A componente vegetação em ambiente de

abrangência de clima semiárido, como é o caso da área de estudo, apresenta um caráter fisionômico dominado pela perda de folhas (caducifólias) durante o período seco, além de outras adaptações morfológicas e fisionômicas.

Conforme Rodrigues *et al.* (1995), a cobertura vegetal, apesar da primazia xerofítica, apresenta uma grande diversificação, identificando no ambiente semiárido como Caatinga, que sendo um formação caducifólia e ocorrendo muitas vezes de forma esparsa ou aberta e como fisionomia arbustiva, acaba oferecendo uma pequena capacidade de proteção aos solos contra os efeitos erosivos (SOARES, *et al.*, 1995). Associando a isso, observa-se o uso intensivo da terra, a partir da utilização de técnicas e atividades agropastoris, que por vezes são inadequadas, gerando consequências como a compactação e desestruturação do solo e a diminuição da diversidade biológica que ocorre pela modificação do ambiente original, o que pode ser vislumbrado a partir da transformação na vegetação (PESSOA, 2009).

Melo (2009) aponta que uma das marcas evidentes da degradação no semiárido podem ser observadas a partir da redução da cobertura vegetal e à consequente erosão do solo. Verificando isso, o médio curso do rio Aracatiaçu sofre com várias modificações em seu meio físico, devido a atividades ligadas às práticas antrópicas relacionadas a exploração incessante aos recursos naturais renováveis. Na área de estudo, tais atividades estão provocando a supressão da cobertura vegetal, particularmente, quando as atividades estão relacionadas a práticas agropastoris e ao extrativismo vegetal e mineral (areias).

Nesse caso, a identificação das unidades fitoecológicas da área de estudo serão discutidas, observando sua interação com os demais componentes geoambientais, associados a dinâmica de processos físico-biológicos que interferem e influenciam, sobretudo na configuração das condições relacionadas à cobertura vegetal do rio Aracatiaçu. As principais unidades fitoecológicas identificadas na área de estudo são: a Caatinga Arbustiva Aberta, a caatinga Arbórea e a Vegetação de Várzea e Ribeirinha.

Na região do médio curso do rio a unidade fisionômica de maior representatividade é a caatinga arbustiva, em razão da degradação sofrida pela caatinga arbórea ou devido à limitação dos fatores naturais, sendo ainda possível a identificação de dois substratos, um arbustivo/sub-arbustivo e outro gamíneo-herbáceo, como pode-se observar na figura 17.

**Figura 17:** Estratos diferenciados de Caatinga Arbustiva.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013)

A respeito da caatinga arbórea que apresenta um estrato de porte mais elevado, sendo esta dividida em três classes: a arbórea (8 a 12 m), a arbustiva (2 a 5 m) e a herbácea (abaixo de 2 m). Na área de estudo analisa-se que esta tipologia se encontra drasticamente modificada devido a práticas insustentáveis como: i) os desmatamentos indiscriminados tornam os processos erosivos mais atuantes, o que gera a menor diminuição da captação de água, levando ao desaparecimento de cursos d'água; ii) as queimadas que levam a esterilização dos solos, destruindo a matéria orgânica, facilitando assim o aumento dos processos erosivos e estimulando os processos de desertificação; e iii) as práticas extrativistas vegetais e minerais.

Sobre a vegetação de várzea e ribeirinha que se estende ao longo dos cursos dos rios, encontra-se o predomínio de um estrato mais elevado que é ocupado pela carnaubeira, sendo a mesma acompanhada por árvores e arbustos, notando que no estrato arbustivo-arbóreo são encontradas espécies como o pajeú, o juazeiro, o marmeleiro, o mofumbo e a jurema branca. Percebe-se que os usos efetivados nesta unidade fitoecológica na área de estudo vão além do extrativismo vegetal das palhas da carnaúba, esta unidade ainda é explorada pela agricultura de subsistência e pela pecuária extensiva.

Com relação às espécies que compõem a vegetação existente no âmbito do médio curso, destacam-se as mais representativas do domínio das caatingas fundamentando-se em IBGE (2012) e Fernandes (1990): *Mimosa Melacocentra* (Jurema branca), *Croton sonderianus* (Marmeleiro Preto), *Cindoculus urens* (Cansanção), *Aspidosperma pirifolium* (Pereiro), *Cereus jamacaru* (Mandacaru), *Astronium urundeuva* (Aroeira), *Corpenicia*

*prunifera* (Carnaúba), *Cesalpina bracteosa* (Catingueira), *Ploceurus gounelli* (Xique-Xique), *Ziziphus joazeiro* (Juazeiro), *Licania rigida* (Oiticica), *Mimus saturninus* (Sabiá), *Commiphora leptophloeos* (Imburana), *Auxemma onocalyx* (Pau-Branco), *Libidibia férrea* (Jucá), *Anadenanthera colubrina* (Angico), *Schinus terebenthifolius* (Aroeira), *Mimosa hostilis* (Jurema Preta), *Manihot piauensis* (Maniçoba), *Guapira opposita* (João-Mole) e *Tabebuia serratifolia* (Pau D'arco).

A respeito da vegetação ribeirinha, além desta evidenciar espécies da caatinga, observa-se também que estes ambientes manifestam a presença de espécies serranas, onde estão localizadas a priori nas nascentes. Dessa forma, destacam-se os seguintes tipos: *Anadenanthera colubrina* (Angico), *Auxemma onocalyx* (Pau-Branco), *Libidibia férrea* (Jucá), *Corpenicia prunifera* (Carnaúba), *Licania rigida* (Oiticica), *Mimosa hostilis* (Jurema Preta) (FERNANDES, 1990).

A fauna vislumbrada na unidade fitoecológica da caatinga pode ser representada pelas seguintes espécies: *anfíbios e répteis* – *Bufo* sp. (Cururu), *Topidurus torquatus* (Calango), *Cnemidophorus ocellifer* (Tijubina), *Policuhurus acutirostis* (papa vento); *aves tais como*: *Columbina talpacoti* (rola caldo de feijão), *Tyto alba* (Rasga Mortalha), *Hirundineos* (Andorinhas), *Agelaius ruficapillus* (Papa arroz), *Coereba flaveola* (Sibite), *Euphonia chlorotica* (Vem-Vem), *Fringilideos* (Campina, Papa, Golinha), *Passer domesticus* (Pardal), *Gnorimopsar chopi* (Graúna), *Zenaida auriculata* (Avoante); *entre as espécies de ofídios e mamíferos, destacam-se*: *Boa constrictor* (Jibóia), *Oxybelis* sp. (Cobra de Cipó), *Bothrops erytromelas* (Jararaca), *Spilotis pulatuss* (Caninana), *Philodryas* sp. (Cobra Verde), *Pseudoboa nigra* (Cobra Preta), *Didelphis* sp. (Cassaco), *Cavia aperea* (Preá) (FERNANDES, 1990).

Tratando-se do ambiente de várzea e ribeirinho, destacam-se as seguintes espécies animais: *peixes* – *Geophagus brasiliensis* (Cará), *Hoplias malabaricus* (Traíra), *Hypostomus nudiventris* (Bodó), *Astyanax* ssp. (Piaba); *quanto ao anfíbios* – *Bufo* sp. (Cururu), *Leptodactylus* ssp. (Jia), *Hyla* sp. (Rã); *ofídeos* – *Liophis miliaris* (Cobra d'água), *Micrurus ibiboboca* (Cobra Coral); *répteis* – *Cnemidophorus ocellifer* (Tijubina), *Topidurus torquatus* (Calango); *aves* - *Columbina talpacoti* (rola caldo de feijão), *Crotophaga ani* (Anu Preto), *Furnarius figulus* (Papa arroz), *Sporophila albogularis* (Golinha), *Passer domesticus* (Pardal); *mamíferos* – *Cavia aperea* (Preá) e *Didelphis* sp. (Cassaco) (FERNANDES, op. cit).

Conforme Farias (2012), a vegetação e a fauna de determinada região exercem um importante papel na manutenção do equilíbrio natural dos ecossistemas, sendo que as modificações naturais ou antrópicas acabam comprometendo a qualidade ambiental e a diversidade em termos faunísticos e vegetacionais. Entendendo isso, nota-se que em parcelas significativas da região do médio curso do Aracatiaçu evidenciam-se alterações da cobertura vegetal original (primária), o que afeta os habitats de determinadas espécies da fauna do semiárido.

Após a discussão de todos os componentes geoambientais espacializados na região do médio curso do rio Aracatiaçu (geologia, geomorfologia, clima, recurso hídrico, solo e vegetação), concebe-se que as dinâmicas físico-naturais e socioambientais no contexto espacial das bacias hidrográficas devem ser consideradas sob o ponto de vista sistêmico, notando que todos os elementos, que fazem parte do sistema ambiental devem está integrados e /ou interligados, sabendo que qualquer desequilíbrio causado pela ação antrópica ou natural pode acabar comprometendo a dinâmica dos fluxos de entrada e saída de energia. Carvalho (2005) nos lembra que a bacia hidrográfica, a partir desse contexto, é, portanto, uma unidade significativa em virtude de sua divisão ser natural tendo em sua história traços marcantes de variáveis das dinâmicas de longo e curto prazo.



## **5. DINÂMICA SOCIOECONÔMICA DO MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO ARACATIAÇU – O SERTÃO DE MIRAÍMA**

---

É preciso compreender, que para a efetivação das propostas de planejamento e gestão ambiental dos recursos hídricos e dos recursos naturais renováveis para o médio curso da bacia do rio Aracatiaçu, faz-se necessário que além dos dados físicos-naturais se tenha dados referentes à dinâmica socioeconômica da região do estudo.

Dessa maneira, visando realizar uma caracterização socioeconômica o mais completa possível, optamos por trabalhar com o município de Miraíma, que tem 498 km<sup>2</sup>, 100% de seu território incluso no médio curso, quando comparado com Sobral 223 km<sup>2</sup> (49,4%), Amontada 213 km<sup>2</sup> (100%) e Irauçuba 505 km<sup>2</sup> (71,2%). Além do critério físico-natural para a escolha de Miraíma, também escolhemos esse município por acreditar que nas últimas décadas, a pressão socioeconômica sob os recursos naturais vem se intensificando e acentuando a degradação/desertificação no âmbito da bacia e do município. O mapa 06 mostra a localização do município de Miraíma.

Nessa perspectiva, o presente capítulo representa um estudo da realidade socioeconômica e ambiental do município de Miraíma, estando vinculado a aspectos como o processo histórico de ocupação, ao emprego de técnicas de uso e exploração dos recursos naturais renováveis, das condições políticas, culturais e físico-naturais.

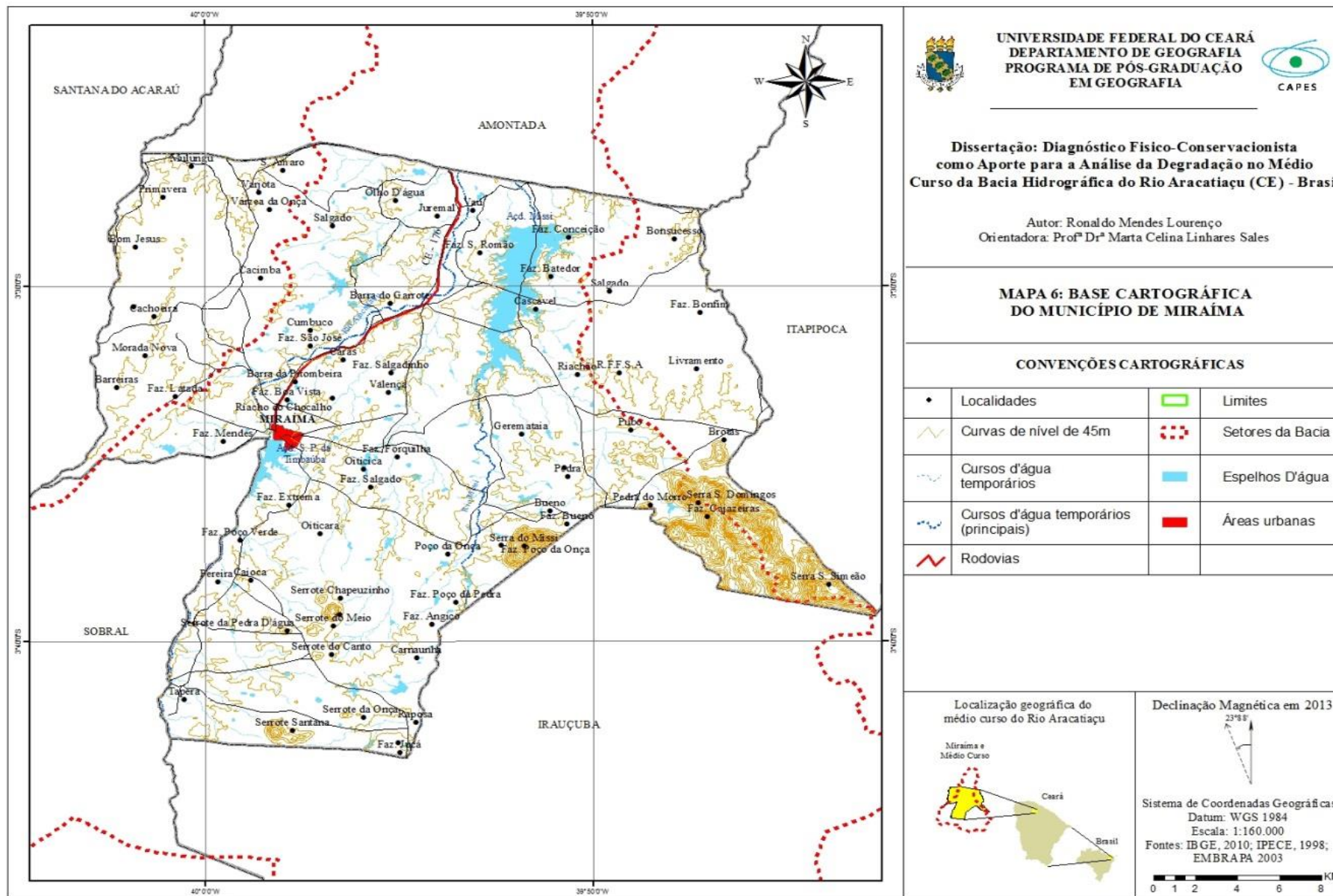
### **5.1. O Sertão de Miraíma – cenários e perspectivas**

O município de Miraíma está localizado no norte do Ceará, possuindo como municípios limítrofes: ao norte Amontada, ao sul Sobral e Irauçuba, ao leste por Itapipoca e Irauçuba e a Oeste por Santana do Acaraú e Sobral. Miraíma está localizado na macrorregião de planejamento de Sobral/Ibiapaba, na mesorregião do noroeste cearense e na microrregião de Sobral.

Pinto (1982) em seu trabalho “Visão Analítica do Serviço Social na Zona Rural”, descreve o contexto de Miraíma, na década de 80, período caracterizado pela transição de distrito a município.

Miraíma é uma comunidade rural, localizada na via férrea da linha Norte, ficando entre Sobral e Itapipoca, no Estado do Ceará. Limita-se ao norte com o município de Carcará; ao sul, com o distrito de São Bento; a leste com o município de Itapipoca e a oeste com a cidade de Sobral. À distância para o município mais próximo, Itapipoca, é de 53 km. Referida comunidade tem uma população de aproximadamente 3.000 habitantes, assim distribuídos: 40% constituída de jovens e

Mapa 06 – Básico do Município de Miraima.



crianças, na faixa etária de 0 a 15 anos de idade; 30 % numa faixa que vai dos 16 a 30 anos; e 20% correspondente a pessoas com mais de 30 anos (p. 06).

Nesse contexto, insere-se a discussão sobre o cenário ambiental da região semiárida nordestina e, em particular, cearense (região onde o município de Miraíma está situado) é marcado pelo constante fenômeno das secas e dos processos de degradação da vegetação Caatinga (desmatamento ou pelas práticas rudimentares agrícolas como as queimadas). Os problemas ambientais observados nessa região são resultantes de um processo histórico-geográfico de ocupações e modificações produzidas no território cearense, que por sua vez, estão inter-relacionadas com as condições naturais; as formas de uso e ocupação do solo e o manejo dos recursos naturais (SILVA & PEREIRA, 2007).

Observando o histórico das secas no semiárido nordestino, Villa (2001), ao ser comentado por Oliveira (2009), expõe que o histórico da seca do semiárido nordestino, incluído o do Ceará, pode ser entendido desde quando passou a ser documentado efetivamente no século XVIII. A partir da penetração do “homem branco” pelos sertões do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco é que documentos oficiais começam a referir-se às secas. Os primeiros colonos chegaram à região por volta de 1533, data em que foram criadas as Capitânicas Hereditárias, dividindo o território brasileiro. O primeiro registro de seca na região do semiárido nordestino é de 1552, quando o padre Antonio Pires relata: “Em Pernambuco havia quatro ou cinco anos que não chovia.”

Particularmente sobre as secas no Estado do Ceará, Joaquim Alves (2003) ressalta

Quando os portugueses chegaram ao Ceará no século XVII, aí viviam e conviviam, com o semiárido, tribos indígenas cabeças-chatas, vivendo da caça, da pesca e praticando o nomadismo, buscando as margens dos rios quando chegava o rigor das secas. Os primeiros registros de secas na região do semiárido cearense aparecem a partir do século XVII: 1603, 1606, 1614, 1645, 1652 e 1692; No século XVIII, o autor registra as secas de 1771, 1721-1725, 1736-1737, 1745-1746, 1754, 1760, 1766, 1772, 1777-1778, 1784 e 1791-1793, a última grande seca do século. O mesmo autor registra ainda as seguintes secas no século XIX: 1804, 1809, 1810, 1814, 1816-1817, 1825, 1845-1846, 1864, 1877-1879 (apud OLIVEIRA, 2009, p. 87; 88; 89).

As secas nesses períodos promoveram um debate em toda sociedade existente na época. O que mais se discutia eram os problemas naturais e sociais que esse fenômeno climático promovia. Segundo Figueiredo (2003), as diferentes facetas da seca enfocam múltiplas visões: histórica, antropológica, política, em suma socioambiental. Esse problema transformou-se em símbolo do sofrimento do sertanejo nordestino. O fenômeno das secas é resultante, a priori, da má distribuição de chuvas no tempo e no espaço, acrescidas, no caso do nosso semiárido, da alta evapotranspiração. Nessa perspectiva, pode-se mencionar que as

secas não se resumem apenas a problemas naturais, mas também geram problemáticas de ordem social. Para Sampaio (2007, p. 475), “As secas sociais continuam produzindo pobreza, miséria e fome, acarretando ocupações de cidades e terras, transformando o Ceará em território cujo quadrado empírico confirma a existência de uma civilização da seca.”

Pinto (1982, p. 06) refletindo sobre a situação do sertanejo de Miraíma em relação à problemática da seca e o contexto social na zona rural, observa que “(...) são pessoas que apresentam nível de vida socioeconômico baixo, uma vez que sobrevivem da agricultura, e a mesma vem passando, nos últimos anos, por constantes revezes, em consequência das secas que ocorridas no Nordeste, notadamente no Ceará.” Referente a essa situação na década de 80 no semiárido de Miraíma, Pinto (*op. Cit.*) destaca “Em face dessa situação, os rurícolas não produzem o necessário para a sua sobrevivência, tornando-se pessoas ociosas, tendentes a migrarem em busca de melhores condições (...).”

Sendo assim, o semiárido miraimense está integrado com essa realidade ambiental que se manifesta no contexto do sertão nordestino e cearense, pautada na exploração insustentável dos recursos naturais e na ocorrência de áreas degradadas. Segundo o PAE-CE (2010), Miraíma encontra-se entre os municípios mais populosos da ASD dos Sertões de Irauçuba, sendo potencialmente vulnerável a degradação ambiental. Portanto, o fortalecimento dos instrumentos de gestão ambiental e iniciativas de conservação e proteção da natureza são medidas que podem promover o desenvolvimento sustentável e a recuperação de áreas degradadas/desertificadas.

A degradação/desertificação é um fenômeno que está presente no sertão de Miraíma, e vem trazendo algumas problemáticas ambientais quanto sociais para o município. Conforme o PAE-CE (2010), os principais problemas ambientais existentes são: Degradação dos solos e do recobrimento vegetal primário; sobrepastoreio; desencadeamento e expansão de processos erosivos acelerados, com ocorrência muito frequente de afloramentos rochosos e chãos pedregosos; perda de solos e biodiversidade empobrecida; baixa frequência de espécies lenhosas da caatinga; processos erosivos muito ativos em função do aumento da torrencialidade do escoamento superficial; paisagens com marcas configuradas da desertificação. Quanto aos problemas socioeconômicos vislumbrados pelo PAE (2010) que abrange o os Sertões de Irauçuba e do Centro-Norte divisão em que se encontra o município de Miraíma, destacam-se:

(...) a maior proporção dos estabelecimentos agrícolas destina-se à produção das lavouras temporárias: 46,5% (milho, feijão, arroz, mandioca, cana de açúcar, ...) e à pecuária: 44,5% (bovinos, caprinos e ovinos, principalmente). O elevado índice de pobres torna a região ainda mais vulnerável às consequências das mudanças

climáticas e da desertificação. O consumo oficial de lenha e a produção de carvão aumentam gradativamente mesmo sendo tais atividades apontadas como responsáveis pela maior parte do processo de desertificação no semiárido cearense (p. 93).

Sobre esses aspectos que contribuem para agravar a degradação ambiental, associamos os estabelecimentos agropecuários e a ocupação do solo principalmente por lavouras temporárias. Desse modo, a conservação e preservação dos recursos ambientais torna-se uma necessidade para combater o fenômeno da desertificação no semiárido cearense e de Miraíma. Segundo o PAE-CE (2010), as práticas agropecuárias que predominam no município de Miraíma são as seguintes: lavouras temporárias (57,6%); Horticultura (0,2%); lavoura permanente (0,3%); sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal (0,0%); pecuária e criação de outros animais (41,2%); produção florestal – florestas plantadas (0,1%); produção florestal – florestas nativas (0,2%); pesca (0,1%); aquicultura (criação de animais) (0,1%).

Em pesquisa realizada por Lourenço (2010) sobre o processo de degradação de um trecho no médio curso do rio Aracatiaçu, situado no município de Miraíma, em que são evidenciadas as principais formas de manejo do solo e os principais impactos socioambientais, observa-se: i) a utilização da água do rio para a piscicultura e agricultura de vazante; ii) o desmatamento da vegetação de mata ciliar em alguns pontos específicos do objeto de estudo; iii) práticas rudimentares como as queimadas utilizadas pelos agricultores; iv) o despejo de esgoto doméstico no trecho urbano que o rio percorre; construções inadequadas como um cemitério próximo a margem do rio; v) a mineração próxima as margens do rio (extração de areia); vi) casas de olarias (produção de telha), entre outros.

Geograficamente este município está situado em latitude de 3° 34' 10" e longitude de 39° 58' 12", distante da capital Fortaleza, 205,3 Km. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sobre a contagem populacional realizada no ano de 2010, o Município possui um total de 12.800 habitantes, sendo que 6.847 residem na zona urbana, totalizando 53,49% da população e 5.953 habitantes residem na zona rural, representando 46,51% da população. De acordo com a distribuição por sexo, em Miraíma 6.607 são habitantes do sexo masculino (51,62%) e 6.193 são habitantes do sexo feminino (48,38%). Na tabela 05 é possível verificar a distribuição da população no município, nos censos demográficos de 1991, 2000 e 2010, agrupadas em zona rural e urbana e por sexo.

**Tabela 05** – Distribuição evolutiva da população no município de Miraíma.

Discriminação	População Residente					
	1991		2000		2010	
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)
Urbana	3.810	37,90	4.772	41,80	6.847	53,49
Rural	6.242	62,10	6.645	58,20	5.953	46,51
Homens	5.105	50,79	5.933	51,97	6.607	51,52
Mulheres	4.947	49,21	5.484	48,03	6.193	48,38
<b>TOTAL</b>	<b>10.052</b>	<b>100</b>	<b>11.417</b>	<b>100</b>	<b>12.800</b>	<b>100</b>

Fonte: IBGE (1991, 2000, 2010); IPECE (2012).

No município de Miraíma, a taxa de crescimento urbano e rural no ano de 1991 foi 37,90% e 62,10%, enquanto que em 2000 foi de 41,80% e 58,20%, sendo observado no último censo um aumento da concentração urbana para 53,49% e no espaço rural para 46,51%. A tabela 06 traz a demonstração da evolução desde o censo de 1991, 2000 e 2010 da densidade demográfica (hab./km<sup>2</sup>) e a taxa de urbanização (%).

**Tabela 06** – Indicadores demográficos do município de Miraíma.

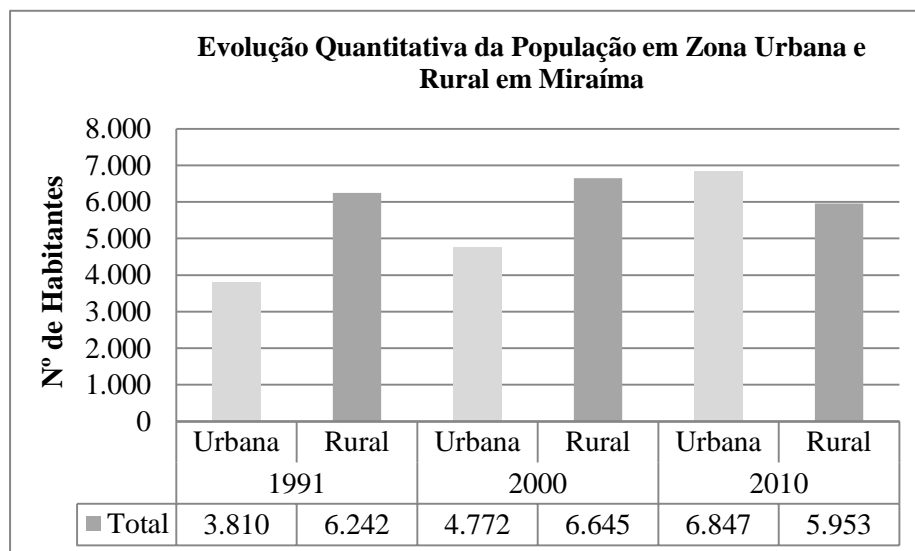
Discriminação	Indicadores Demográficos		
	1991	2000	2010
Densidade Demográfica (hab./km <sup>2</sup> )	15,22	14,97	18,29
Taxa de Urbanização (%)	37,94	41,80	53,49

Fonte: IPECE (2012)

Nota-se, a partir da tabela acima, que está ocorrendo uma tendência à concentração populacional na área urbana do município, isso se deve ao fato de que as condições de sobrevivência na área rural vem se tornando cada vez mais complicadas, devido às perdas produtivas das lavouras com os períodos de estiagem e pela atração que as zona urbana oferece como o acesso a serviços, por exemplo, o comércio.

O gráfico 02, mostra a evolução quantitativa da população no município de Miraíma na zona urbana e rural.

**Gráfico 02** – Evolução quantitativa da população em zona urbana e rural em Miraíma.



**Fonte:** IBGE (1991; 2000; 2010)

O gráfico acima evidencia a mudança no processo de ocupação no município, com a tendência na evolução das taxas de urbanização. Essa crescente ocorre devido ao movimento migratório em direção à sede do município, pois se concentram uma maior variedade de serviços urbanos e de lazer, a motivação então ocorre pela busca de melhores condições de vida.

Referindo-se aos domicílios particulares ocupados por situação e média de trabalhadores, conforme IBGE (2010), a tabela 07 nos mostra os dados.

**Tabela 07** – Domicílios particulares no município de Miraíma em zona urbana e rural.

Situação	Domicílios Particulares Ocupados		
	Quantidade	Média de Moradores	
		Município	Estado
Urbana	1.800	3,80	3,56
Rural	1.441	4,13	3,49
<b>TOTAL</b>	<b>3.241</b>	<b>3,95</b>	<b>3,79</b>

**Fonte:** IBGE (2010).

Tais dados demonstram o perfil da população miraimense, sendo estes fundamentais para o entendimento das dinâmicas socioespaciais que ocorrem no município. Os da distribuição da população e dos indicadores demográficos permitem a compreensão dos processos sociais que se configuram no médio curso da bacia, tendo como base o município de Miraíma, que sintetiza as características também comuns aos outros municípios que integram o médio curso.

## **5.2. Características Econômicas predominantes em Miraíma**

A realidade socioeconômica do município de Miraíma tornou possível a compreensão de como ocorrem as relações de apropriação dos recursos naturais da região do médio curso. Essas relações se pautam na exploração insustentável e na pressão exercida pela sociedade ao meio físico comprometendo a qualidade socioambiental.

Entende-se que a análise das características econômicas são fundamentais para trabalhos que objetivam diagnosticar o potencial de degradação de unidades ambientais, como é o caso das bacias hidrográficas e, em particular, o presente estudo busca demonstrar por meio do diagnóstico físico-conservacionista o grau de degradação do médio curso do rio Aracatiaçu, sendo aqui compreendido como fruto desta relação de exploração que as atividades humanas exercem sobre o meio ambiente pressionando a sustentabilidade dos recursos naturais. Partindo disso, nota-se que as práticas agropecuárias (agricultura, pecuária, extrativismo, etc.) associadas à severidade do clima semiárido são responsáveis pelo cenário de deterioração ambiental observado no âmbito do município e da bacia.

A produção agropecuária no município enfrenta grandes desafios associados a uma complexa rede de fatores que limitam a capacidade de utilizar os recursos naturais para a exploração econômica, dificultando ou até mesmo impossibilitando a produção agrícola e pecuária. Entende-se que as limitações ao uso, a ocupação e as potencialidades da área estão interligadas à instabilidade climática e à exploração intensiva dos pequenos produtores rurais com a terra, levando a exaustão da sua fertilidade natural sem qualquer prática de reposição desta fertilidade perdida.

Compreendendo isso, nota-se no município de Miraíma que as relações econômicas se manifestam estando vinculadas a base primária de produção, estando articulada a essa tradição que envolve o camponês e o uso da terra. E, atualmente, dentre os gêneros cultivados no município em lavoura permanente, destaca-se: a banana, a castanha de caju, coco-da-baía; e em lavoura temporária: o feijão, a mamona e o milho (IBGE, 2011).

Na tabela 08 estão indicadas as principais culturas permanentes de Miraíma, e na tabela 09 as lavouras temporárias, estando dispostos com informações sobre produção, área e rendimento médio em uma análise comparativa entre os anos de 2004 e de 2011.



**Tabela 08** – Lavoura permanente no município de Miraíma em 2004.

<b>Culturas</b>	<b>Produção</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Rendimento Médio (mil reais)</b>
Algodão Arbóreo	42 ton.	200	42.000
Banana	99 ton.	6	32.000
Castanha de Caju	2 ton.	27	3.000
Coco-da-baía	32 mim	2	11.000

Fonte: IBGE, Lavoura Permanente (2004).

**Tabela 09** – Lavoura permanente no município de Miraíma em 2011.

<b>Culturas</b>	<b>Produção</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Rendimento Médio (mil reais)</b>
Banana	12 ton.	1	6.000
Castanha de Caju	1 ton.	2	1.000
Coco-da-baía	10 mil	1	7.000

Fonte: IBGE, Lavoura Permanente (2011).

Comparando as duas tabelas acima, nota-se que houve uma redução nas taxas de produção das culturas de banana, castanha de caju e de coco-da-baía, acarretando na queda do rendimento médio mensal. As tabelas 10 e 11 trazem os dados comparativos entre a produção, a área e o rendimento médio entre os anos de 2004 e 2011.

**Tabela 10** - Lavouras temporárias no município de Miraíma em 2004.

<b>Culturas</b>	<b>Produção</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Rendimento Médio (mil reais)</b>
Algodão herbáceo	42 ton.	50	42.000
Feijão	368 ton.	1.857	389.000
Mandioca	81 ton.	8	10.000
Milho (em grão)	538	1.858	201.000

Fonte: IBGE, Lavoura Temporária (2004).

**Tabela 11** – Lavouras temporárias no município de Miraíma em 2011.

<b>Culturas</b>	<b>Produção</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Rendimento Médio (mil reais)</b>
Feijão	771 ton.	1.435	1.390
Mamona	12 ton.	39	13.000
Milho (em grão)	1.196 ton.	1.390	624.000

Fonte: IBGE, Lavoura Temporária (2011).

Conforme dados do Índice Municipal de Alerta (IMA), o qual corresponde a um indicador que visa mensurar a vulnerabilidade dos municípios cearenses no que tange às questões agrícolas e climatológicas no Estado do Ceará, Miraíma, no ano de 2004, foi

apontado no documento como um município que apresentou baixa produtividade no valor da produção de lavouras (R\$187,77 /ha), alto percentual no cultivo de culturas de subsistência (98,95%), alto percentual de perda da produção (65%), com o valor do IMA de 0,72, ocupando assim o 19º lugar no *ranking* de municípios que apresentaram alta vulnerabilidade. Vale ressaltar que o IMA é resultado de um conjunto de 12 indicadores selecionados, os quais refletem a vulnerabilidade dos municípios no que diz respeito aos aspectos agrícolas e climatológicos, pertinentes às áreas de meteorologia, recursos hídricos e produção agrícola, sendo eles: a) produtividade agrícola por hectare; b) produção agrícola por habitante; c) Utilização da área colhida com culturas de subsistência; d) Perda de safra; e) Proporção de famílias beneficiadas com Bolsa-Família; f) N° de vagas do Seguro Safra por 100 habitantes rurais; g) Climatologia; h) Desvio normalizado das chuvas; i) Escoamento superficial; j) Índice de Distribuição de Chuvas; l) Índice de Aridez; e m) Taxa de cobertura de abastecimento urbano de água.

Os resultados do IMA, para o ano de 2012, refletem uma média produtividade no valor da produção de lavouras (R\$280,37/ha), alto percentual no cultivo de culturas de subsistência (99,69%), alto percentual de perda da produção (97,25%) e alto grau de aridez (0,53), apresentando o valor do IMA de 0,76, que consiste em um intervalo de média a alta vulnerabilidade. Esses resultados evidenciam o cenário do período de estiagem observado no município, particularmente, do ano de 2010 a 2012. O alto percentual de perda da produção 97,25% mostra-se como um fato preocupante, que para os agricultores do município por meio de seus relatos observam, que nesse período sem chuvas a produção agrícola caiu no município, particularmente, na produção das lavouras temporárias de milho e feijão.

Outra questão observada na área de estudo e partilhada com os agricultores do município é a dificuldade no manejo adequado do solo, que por sua condição natural já possui um grau de fragilidade natural intensificando-se com as práticas insustentáveis agrícolas e com o manejo inadequado (desmatamento, queimadas, etc.), o que acarreta uma maior amplitude dos processos erosivos e conseqüentemente afeta a condição de fertilidade e produtividade do solo.

Com relação aos rebanhos do município de Miraíma, verifica-se uma maior variedade de gêneros quando comparados aos da agricultura, destacando-se: os rebanhos bovinos, equinos, asininos, muares, suínos, caprinos, ovinos, galos, frangas, frangos e pintos, galinhas, vacas ordenhadas. A tabela 12 traz uma análise entre as quantidades de rebanhos nos anos de 2004 e de 2011, essa descrição está agrupada por rebanhos e quantidade de cabeças.

**Tabela 12** – Pecuária no município de Miraíma em 2004 e 2011.

<b>Discriminação dos Rebanhos</b>	<b>Quantidade (Cabeças) (2004)</b>	<b>Quantidade (Cabeças) (2011)</b>
Bovinos	9.920	9.515
Equinos	890	1.032
Asininos	1.150	1.093
Muare	278	397
Suínos	11.954	7.419
Caprinos	4.630	5.774
Ovinos	11.122	13.874
Galos, frangas, frangos e pintos	18.114	20.352
Galinhas	12.242	13.084
Vacas Ordenhadas	2.166	2.135

**Fonte:** IBGE, Pecuária (2004; 2011).

Cabe salientar, que as atividades relacionadas à agropecuária aqui mencionadas (lavoura permanente e temporária e pecuária) ocorrem em áreas de depressão sertaneja, maciços residuais e em áreas da planície fluvial do rio Aracatiaçu. Estas áreas são normalmente preparadas para o plantio a partir da utilização de técnicas rudimentares, o que acaba prejudicando a fertilidade natural dos solos e qualidade dos recursos naturais. Já a criação de ovinos (figura 18) e galinhas é praticada com grande intensidade nas propriedades da zona rural, já que estes animais em período de estiagem são mais fáceis de conviverem com as condições impostas pela severidade do clima semiárido.

**Figura 18:** Criação de ovinos em propriedades rurais do município.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2011).

Sobre as atividades extrativistas, em Miraíma, podem-se destacar: à extração de madeiras utilizadas para lenha, tora, carvão vegetal, as fibras e a cera da carnaúba (ver figura 20), explorados nas vastas áreas da depressão sertaneja e nas planícies fluviais. As tabelas

abaixo trazem os principais recursos da extração vegetal e silvicultura no município de Miraíma nos anos de 2004 e 2011. A relação entre as tabelas 13 e 14 evidencia a prática da extração insustentável da vegetação no município, esclarecendo a questão do aumento da supressão da cobertura vegetal nos últimos 28 anos (período que foi feita a análise do índice de cobertura vegetal).

**Tabela 13** - Extração Vegetal e Silvicultura no município de Miraíma em 2004.

<b>Produtos</b>	<b>Quantidade Produzida</b>	<b>Valor da Produção (mil reais)</b>
Cera em pó/carnaúba	13 ton.	32.000
Fibras/Carnaúba	9 ton.	4.000
Madeira/carvão vegetal	15 ton.	4.000
Madeiras/lenha	23.743 m <sup>3</sup>	95.000
Madeiras/em tora	800 m <sup>3</sup>	16.000

**Fonte:** IBGE, Extração Vegetal e Silvicultura (2004).

**Tabela 14** – Extração Vegetal e Silvicultura no município de Miraíma em 2011.

<b>Produtos</b>	<b>Quantidade Produzida</b>	<b>Valor da Produção (mil reais)</b>
Cera em pó/carnaúba	18 ton.	83.000
Fibras/Carnaúba	11 ton.	11.000
Madeira/carvão vegetal	22 ton.	11.000
Madeiras/lenha	35.475 m <sup>3</sup>	222.000
Madeiras/em tora	960 m <sup>3</sup>	31.000

**Fonte:** IBGE, Extração Vegetal e Silvicultura (2011).

A análise entre as tabelas evidenciam que do ano de 2004 para o ano de 2011, houve um aumento significativo na quantidade produzida de recursos como a cera em pó/carnaúba, as fibras de carnaúba, a madeira para o carvão, a madeira para lenha e a madeira em tora. Nesse caso, a intervenção da ação social no meio natural vem alterando as características da vegetação natural. Isso é consequência da prática extrativista, introduzindo uma modificação no clima do solo (pedoclima), ocasionando a redução da umidade e o ressecamento mais rápido com o aumento da temperatura do solo, além de intensificar os processos de escoamento superficial e de erosão. Desse modo, as culturas implantadas pelo agricultor levam ao empobrecimento do solo gradativamente, já que este está desprotegido de vegetação.

Entende-se que o manejo inadequado do solo provoca cenários de degradação ambiental, sendo atribuída no caso específico aos desmatamentos indiscriminados destinados a prática extrativa, o que é frequente no município, promovendo processos erosivos mais intensos do que os processos formadores de solo como afirma Pereira e Silva (2007), além das

queimadas que levam a esterilização dos solos e facilita os processos de desertificação. A figura 19 mostra a prática extrativista em Miraíma.

**Figura 19:** Extrativismo da fibra da carnaúba.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012)

Essas práticas são também comuns nos assentamentos rurais no município, entre eles: Assentamento Caioca I, Nova Terra, Aragão, Mendes, Garrotão, Boa Vista/Pitombeira, Pedra Branca, Cacimbas, Poço da Onça, Tanques, Caioca dos Lopes, Caioca II, Santa Tereza, Carnaúbas e Fazenda Nova.

### **5.3. As Águas do Aracatiaçu: a vivência com o rio e o contexto ambiental no Município**

A construção de açudes (açudagem) foi a solução encontrada para combater a escassez de água no Estado do Ceará na totalidade do semiárido brasileiro, devido ao baixo potencial em recursos hídricos subterrâneos e as condições climáticas peculiares dessa região. A açudagem, ainda hoje, é uma ação adotada pelos governantes brasileiros com vários açudes construídos e outros em construção. Atualmente, uma rede de açudes com mais de cinco mil unidades existem somente no Estado do Ceará, dos quais cerca de 130 são públicos, perenes e gerenciados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado (COGERH) e pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

Esses açudes públicos são responsáveis por mais de 95% da capacidade de armazenamento hídrico do Estado. Comprovadamente, os açudes proporcionam uma valiosa contribuição, disponibilizando água para o abastecimento humano (prioritariamente), animal,

irrigação, indústria, bem como possibilitando a pesca, lazer, piscicultura controle de enchentes, dentre outras (CAVALCANTE, 2012).

Nesse contexto, enquadra-se o Açude São Pedro da Timbaúba, que barra o Rio Aracatiaçu, no município de Miraíma. Ele tem a capacidade de 19,25 hm<sup>3</sup>. Açude, de domínio do DNOCS, administrado e operado pela COGERH/DNOCS, a partir do ano de 1994. Os principais usos são abastecimento humano na sede do município, pesca artesanal, lazer, piscicultura e vazantes (ver figura 20). Há a existência de um sério conflito entre usuários de jusante e montante. Em períodos críticos é utilizado para o abastecimento da sede do município de Amontada (CEARÁ, 2010).

**Figura 20:** Usos no Açude São Pedro da Timbaúba.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012).

Em 2009, o Estado do Ceará enfrentou um dos anos mais chuvosos de sua história, em que diversos rios atingiram níveis que não eram registrados desde 1974. Segundo dados da Defesa Civil, em todo o Estado, quase 600 mil pessoas foram afetadas pelas enchentes, contabilizando 4.933 desabrigados, 16.259 desalojados e 20 mortos. A Bacia do Litoral contabilizou 818 desabrigados, 2.921 desalojados e quatro mortos, afetando 63.728 pessoas. O açude São Pedro da Timbaúba, que na oportunidade, estava sangrando com uma lâmina de 90 cm, correspondendo a uma vazão de 211,75 m<sup>3</sup>/s, promoveu um alagamento ocorrido devido ao aumento do nível da água na proximidade da rodovia em relação à margem do rio.

Dessa maneira, as áreas vulneráveis aos desastres decorrentes do excesso de precipitação pluviométrica no município de Miraíma, se apresentam nas seguintes localidades: Ruas Deca Braga, Mozar Braga, Lindolfo Braga, Migueira Barroso Braga e

Distritos Brotas, Poço da Onça e Riachão. Conforme a defesa civil as áreas de riscos de inundações de maior expressividade apresentam-se na bacia do Aracatiaçu.

Tratando-se do açude Missi, localizado no município de Miraíma a 21,0 km da sede, formado pelo barramento da água do rio Missi, afluente do rio Aracatiaçu com capacidade de 65,30 hm<sup>3</sup>, destina-se a usos múltiplos sendo o principal deles o abastecimento público da sede municipal de Amontada. Também as águas desse açude são utilizadas para o consumo humano da população ribeirinha, a dessedentação animal, a irrigação difusa e o desenvolvimento da pesca.

Com a construção desse açude ocorreu o deslocamento de pessoas que tiveram suas casas tomadas pelas águas. Como consequência dessa obra, foi construída a Agrovila do Açude Missi, no distrito de Riachão em Miraíma, onde moram cerca de 35 famílias com média de 4 a 7 pessoas. A agrovila conta com a presença de 1 posto de saúde, 1 escola que oferta vagas desde a creche até o 4º ano do ensino fundamental, 1 associação de moradores chamada de Instituição Sócio-Comunitária da Agrovila (ISCA) e 1 viveiro de mudas da vegetação da caatinga como Garoba, Mufumbo, Catingueira e Juazeiro que são produzidas para a comercialização.

A comunidade da Agrovila ainda conta com tecnologias de convivência com o ambiente semiárido implantadas pela Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA) e Fundo de Combate à Pobreza (FECOP), tais como barragens subterrâneas, cordões de pedras, barragens sucessivas, fogões ecológicos e cisternas, ver figura 21.

**Figura 21:** Agrovila do Açude Missi.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012).

Neste Município, em 2010, 50,2% dos moradores tinham acesso à rede de água geral com canalização em pelo menos um cômodo e 19,8% possuíam formas de esgotamento sanitário consideradas adequadas. Em Miraíma, o abastecimento de água é realizado pela Companhia e Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), porém antes tinha o seu abastecimento de água fornecido pelo Sistema de Água e Esgoto (SAE), criado pelo Fundo Municipal de Abastecimento de Água de Miraíma, através da Lei nº 087, de 16 de dezembro de 1993.

Além do abastecimento de água pela rede pública, existem também outras formas realizadas por meio de poços profundos e por outras fontes. A tabela 15 mostra a quantidade de domicílios que possuem o serviço de abastecimento de água, sendo distribuído pelas formas de abastecimento ligada a rede geral, poço ou nascente e outras formas.

**Tabela 15 - Domicílios particulares permanentes segundo as formas de abastecimento de água (2000-2010).**

Formas de Abastecimento	Município			
	2000	(%)	2010	(%)
Ligada a Rede Geral	1.001	40,44%	1.937	59,84
Poço ou Nascente	962	38,87	292	9,02
Outro	512	20,69	1.008	31,14
TOTAL	2.475	100	3.237	100

**Fonte:** IBGE (2000; 2010)



No que se refere ao tratamento de água destinada ao consumo humano, que é feito de três modos: filtrada, fervida e clorada, além do consumo sem tratamento, nota-se os seguintes tipos de tratamento no município conforme a tabela 16.

**Tabela 16** – Tratamento de água no município de Miráíma.

Miráíma	Formas de Tratamento de Água no Município				Total
	Água Filtrada	Água Fervida	Água Clorada	Água Sem Tratamento	
Nº de Famílias	567	19	2.371	206	3.163

Fonte: Sistema de Informação de Atenção Básica – SIAB (2012).

Uma das problemáticas evidentes em Miráíma é a ameaça às suas águas, devido à inexistência de saneamento básico no município, o que vem provocando poluição e contaminação pelos resíduos e dejetos lançados sem tratamento. A emergência de técnicas adequadas e sustentáveis associadas a conscientização da população de modo a preservar os leitos dos rios e dos recursos naturais da região do médio curso é evidente. A tabela 17 traz a quantidade de domicílios que apresentam esgotamento sanitário, estando este organizado em tipologia (esgoto, fossas e céu aberto) e número de domicílios.

**Tabela 17** – Tipo de esgotamento sanitário no município de Miráíma.

Tipo de Esgotamento	Nº de Domicílios
Esgoto	103
Fossas	1.996
Céu Aberto	1.064

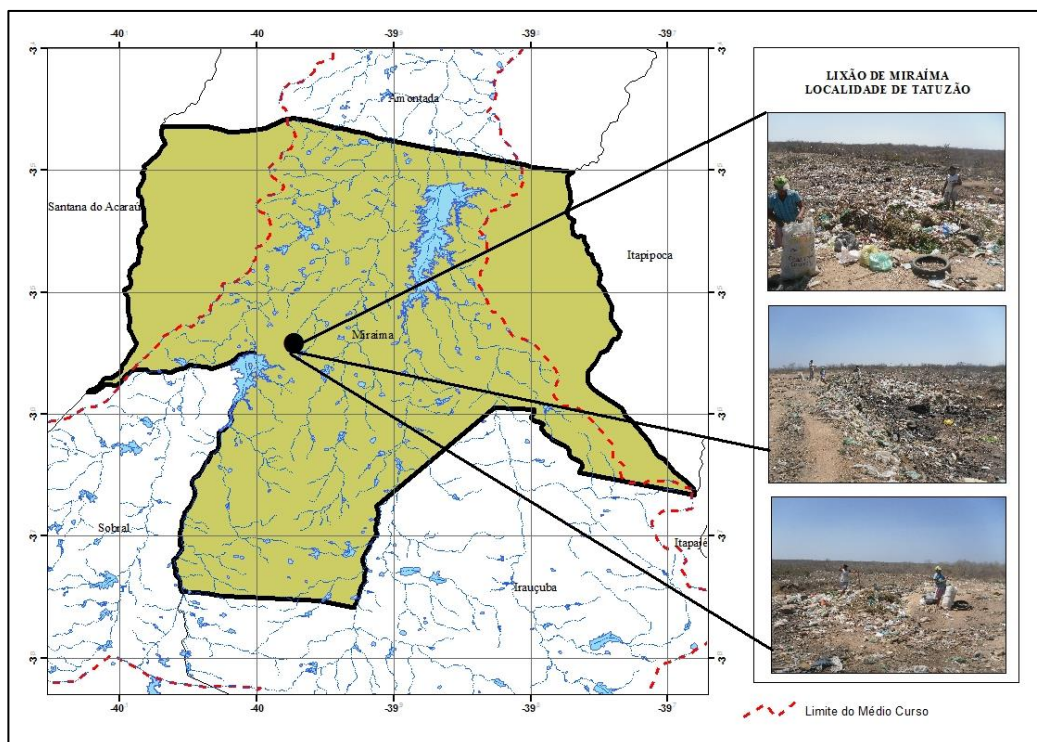
Fonte: Sistema de Informação de Atenção Básica – SIAB (2012).

Vem sendo debatido por meio da Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Miráíma, a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), que abrange os serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e a drenagem e manejo das águas pluviais, apresentado para discussão e aprovação pelo Município, conforme previsto na Lei Federal Nº 11.445/07 artigo 19, que estabelece as diretrizes a serem seguidas. Verifica-se então que parte significativa do esgotamento sanitário é destinado a fossas.

Nessa perspectiva, outro impacto que compromete a qualidade dos recursos naturais no município é o destino dos resíduos sólidos, o que em Miráíma é realizado de maneira inadequada provocando um grande impacto ambiental, além claro da proliferação de doenças e poluição visual. O destino do lixo do município segue para a localidade de Tatuzão,

onde fica exposto a céu aberto, situado a cerca de 5 km da sede municipal como mostra a figura 22.

**Figura 22:** Lixão destinado aos resíduos sólidos no município de Miráíma.



**Fonte:** elaborado por, Ronaldo Mendes Lourenço (2013).

A estrada que dá acesso ao lixão é repleta de materiais como plásticos e papéis espalhados pela ação dos ventos, que levam o odor dos resíduos orgânicos depositados no lixão. Outro fator preocupante se deve a população tem acesso ao local, utilizando o lixo que é encontrado como fonte de renda ou até mesmo de alimentação. Essas pessoas correm um sério risco de saúde por estarem em contato direto com os resíduos. A ausência de uma coleta seletiva no município dificulta o trabalho dos catadores que encontram na venda de materiais recicláveis a fonte de renda familiar.

Como a coleta de lixo não atende a todas as residências do município, a população acaba adotando práticas como a queima dos resíduos e a deposição em céu aberto em locais inadequados. A tabela 18 evidencia o total de famílias que tem o seu lixo coletado, queimado ou enterrado ou exposto a céu aberto, conforme os dados do Sistema de Informação de Atenção Básica (SIAB) registrado no mês de dezembro de 2012.

**Tabela 18** – Tipo de destino/coleta dado ao lixo no município de Miráíma.

<b>Município</b>	<b>Nº de Famílias</b>	<b>Lixo Coletado</b>	<b>Lixo Queimado/Enterrado</b>	<b>Lixo a Céu aberto</b>
Miráíma	3.163	1.394	429	1.340

**Fonte:** Sistema de Informação de Atenção Básica – SIAB (2012).

Os dados acima demonstrados preocupam, pois a maior concentração de lixo no município coletado segue para o lixão da cidade, que acumula muitos resíduos e a forma encontrada para eliminá-los é por meio da incineração a céu aberto, comprometendo a qualidade ambiental, gerando impactos para as comunidades que estão próximas e na degradação dos recursos naturais, como solo e vegetação. Portanto, é possível concluir que o saneamento básico do município de Miráíma, considerando o abastecimento de água, o esgotamento sanitário e a coleta de resíduos sólidos, precisa de uma reestruturação e de um planejamento, principalmente, no que se refere zona rural do município deficiente em diversos serviços de saneamento.

Na construção do plano de gerenciamento das águas da Bacia do Litoral, o município de Miráíma apontou como a maior ameaça aos recursos hídricos a inexistência de saneamento básico, que vem provocando a poluição e a contaminação pelos resíduos e dejetos lançados sem tratamento. Está prevista, para o ano de 2013, a conclusão das obras de um aterro sanitário no território do município de Itapipoca, que foi concebido por meio de um Consórcio Intermunicipal de Manejo dos Resíduos Sólidos, o “Consórcio do Lixo”, que envolve os municípios de Amontada, Miráíma, Uruburetama e Itapipoca. Esse visa gerenciar a coleta e destinação dos resíduos sólidos produzidos em seus municípios.

## **6. DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC) NO MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO ARACATIAÇU**

---

Para a determinação do diagnóstico físico-conservacionista no médio curso do rio Aracatiaçu, elegeu-se alguns parâmetros potenciais de proteção ou de degradação dos recursos naturais renováveis da bacia hidrográfica, sendo eles: índice climático (IC) (pluviometria, balanço hídrico e índice climático dos setores); erosividade da chuva (R); erodibilidade do solo (K); declividade média (DM); densidade de drenagem (DD); índice de cobertura vegetal (ICV).

Conforme Beltrame (1994), esses parâmetros são selecionados em virtude de sua capacidade potencial intrínseca de contribuir para a degradação dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica ou de refletirem essa degradação. Cabe salientar, que os fatores antrópicos influenciam o estado de conservação física em que se encontra determinada área.

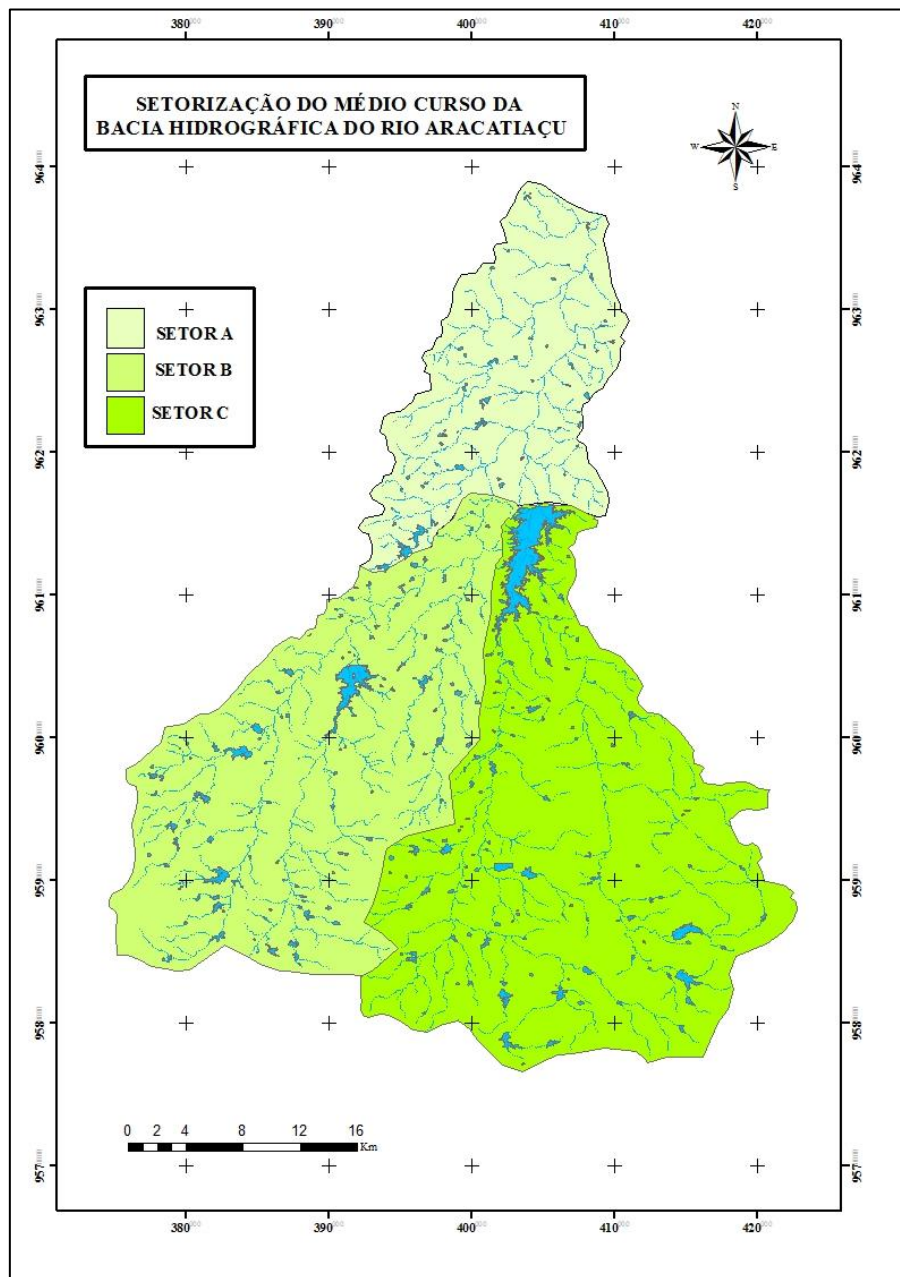
### **6.1. Setorização do Médio Curso**

Para Beltrame (*op. cit.*), a setorização da bacia é considerada a partir da sua divisão em setores menores, para que assim possa se definir o setor com maior risco de degradação, tendo este uma maior prioridade em políticas de ação visando o planejamento ambiental e conservacionista. Já para Ferretti (2003), a setorização é um fator fundamental para que os resultados adquiridos após a aplicação do diagnóstico físico-conservacionista seja a mais real possível.

Por meio do perfil longitudinal do médio curso do rio Aracatiaçu e de imagens Landsat, percebem-se as diferenças dos sistemas ambientais e do uso dos recursos naturais ao longo da região do médio curso do rio Aracatiaçu. Para a setorização do médio curso, foram utilizadas as informações hipsométricas e disposição dos divisores d'água e dos canais fluviais. Dessa forma, dividiu-se a bacia em três setores: o setor A que apresenta limites altimétricos de 0 a 75 metros; o setor B com limites de 75 a 300 metros; e o setor C com altitudes de 75 a 825 m.

A figura 26 traz a espacialização dos setores no âmbito da totalidade do médio curso, que corresponde 1.440,13 km<sup>2</sup> configurados em unidades sistêmicas da depressão sertaneja, maciços residuais e planícies fluviais com classes de relevo predominantes: plano, suave ondulado e forte ondulado. Vale lembrar que a delimitação do médio curso foi efetivada a partir de informações hipsométricas dos divisores d'água e da disposição dos canais fluviais, obtendo como produto final a divisão do médio curso em três sub-bacias ou como denominamos nesta pesquisa de setores A, B e C.

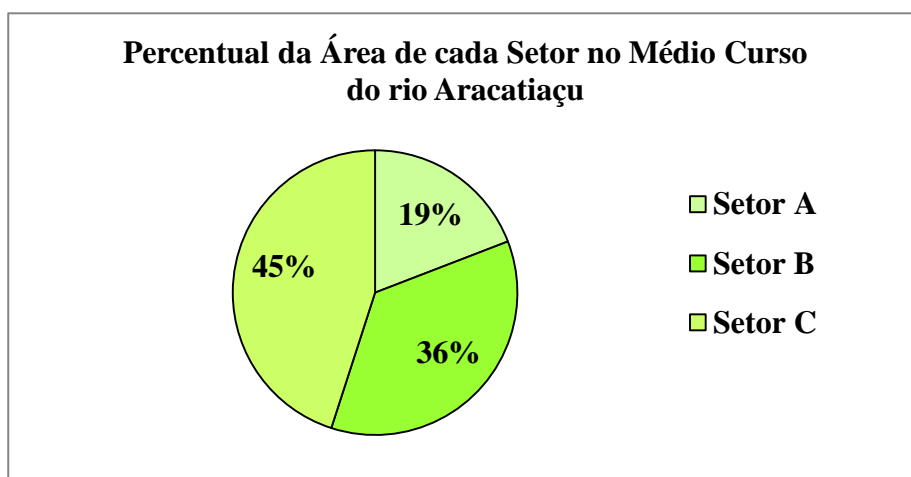
**Figura 23:** Setorização do médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), elaboração.

O setor A possui uma área de 275,82 km<sup>2</sup> equivalendo a 19,15% do médio curso, já o setor B tem uma área de 516,07 km<sup>2</sup> correspondendo a 35,83% da região do médio curso, e o setor C possui uma área de 648,24 km<sup>2</sup> consistindo em 45,02% da bacia. O gráfico 03 traz a distribuição dos setores em porcentagem.

**Gráfico 03** – Percentual dos setores do médio curso na bacia.



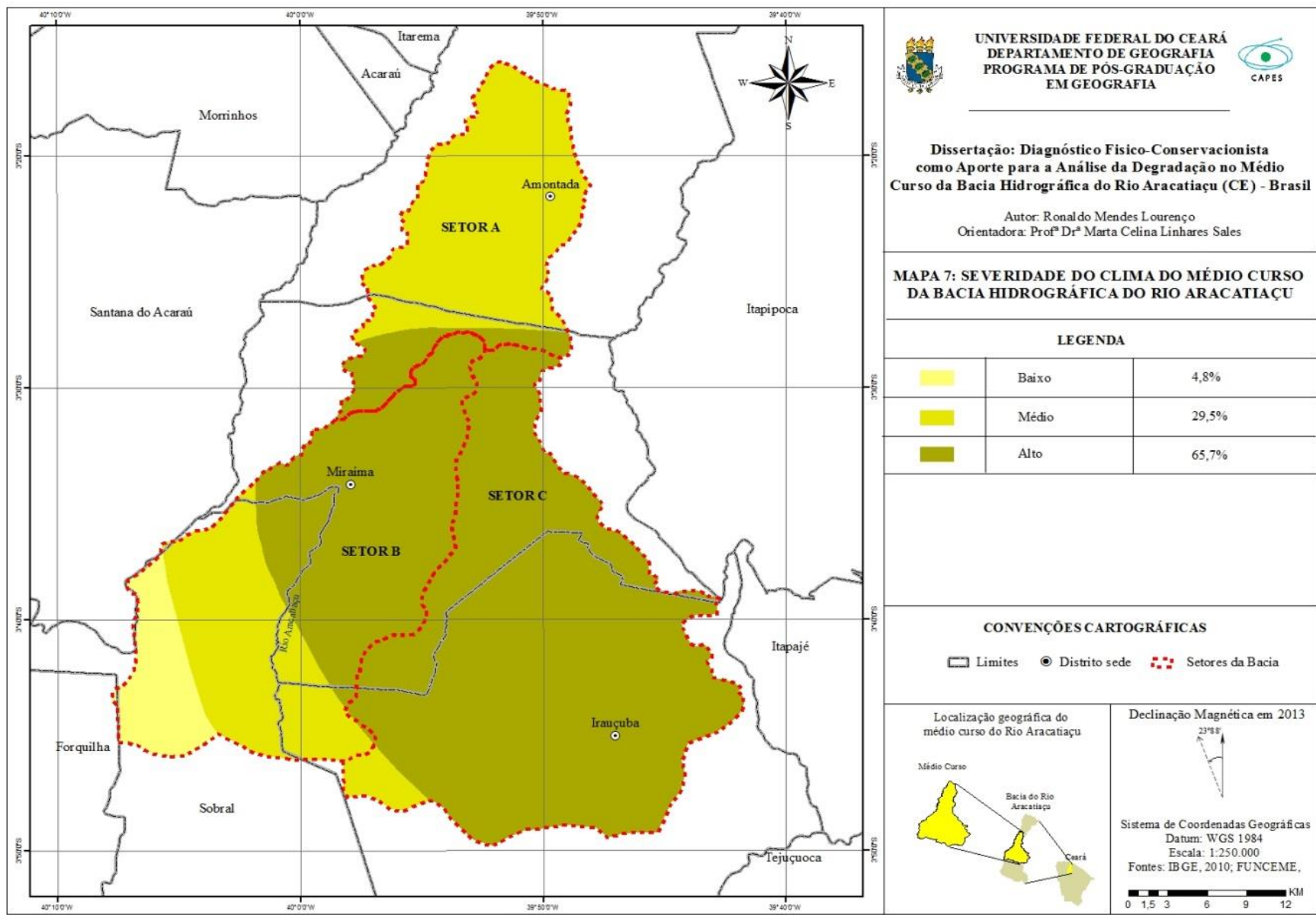
Fonte: pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013.

## 6.2. Índice Climático (IC) do Médio Curso

O índice climático (IC) do médio curso do rio Aracatiaçu se deu a partir da relação entre índice efetivo de umidade (Im) e o número de meses secos (Ms). O produto da relação entre esses dois índices chamamos de nível de severidade do clima. As classes de IC encontradas na área de estudo foram de baixa severidade, média severidade e alta severidade, que foram estimadas com base nos intervalos encontrados na área de influência dos postos pluviométricos. O mapa 07 apresenta a espacialização destas classes de severidade do clima no médio curso da bacia.

A tabela 19 abaixo evidencia os índices climáticos obtidos pelo método de Thornthwaite e Mather (1957).

Mapa 07 – Severidade do Clima do Médio Curso do Rio Aracatiáçu.



**Tabela 19** – Índices climáticos obtidos pelo método Thornthwaite & Mather (1957).

Postos Pluviométricos	Índice de Umidade (Iu)	Índice de Aridez (Ia)	Índice de aridez (Ia) UNEP	Índice Efetivo de Umidade (Im)	Número de Meses Secos (Ms)
Miraíma	1.2	55.7	0.49	-54.5	10
Irauçuba	0.0	66.3	0.34	-66.3	11
Amontada	0.1	55.8	0.44	-55.7	9
Sobral	5.8	40.9	0.55	-35.1	7

**Fonte:** pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013.

No estabelecimento dos índices climáticos utilizados para fórmula descritiva do DFC foi realizado para a área total da bacia, como também para os três setores, o cálculo e estipulada à média ponderada do parâmetro IC, como se observa na tabela 20.

**Tabela 20** - Média ponderada do índice de severidade do clima dos setores do médio curso.

Índice de Severidade de Clima	Índice	Setor A (Km <sup>2</sup> )	Setor B (Km <sup>2</sup> )	Setor C (Km <sup>2</sup> )
Muito Baixo	IC1	-	-	-
Baixo	IC2	-	68,55	-
Médio	IC3	233,56	173,18	18,65
Alto	IC4	42,27	274,33	629,59
Muito Alto	IC5	-	-	-
<b>Média Ponderada</b>		<b>3,153</b>	<b>3,398</b>	<b>3,971</b>
<b>Índice para fórmula descritiva</b>		<b>IC 3,153</b>	<b>IC 3,398</b>	<b>IC 3,971</b>

**Fonte:** pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013.

### 6.3. Erosividade da Chuva (R) no Médio Curso

O cálculo do índice de erosividade da chuva (R), na área da bacia do rio Aracatiaçu, foi realizado com dados de precipitação mensal de postos pluviométricos situados dentro da área de estudo e nas proximidades. A partir dos dados de precipitações médias mensais e anuais foi calculado o potencial erosivo da chuva. Para o cálculo de erosividade da chuva foram utilizados dados de precipitação média referente ao período de 1988 – 2012. A tabela 21 detalha os valores de erosividade referentes aos postos pluviométricos.



**Tabela 21** - Erosividade da chuva (R) mensal e anual referente aos postos pluviométricos do médio curso.

Postos	Erosividade mensal (Mj.mm/ha.h)												Erosiv. Anual (Mj.mm/ha.h.ano)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Ju	Jul	Ago	Set	Out	Nov	De z	
Mirafima	606	695	1952	2026	534	51	9	1	1	0	0	11	5.887
Irauçuba	364	1050	1197	1063	331	73	12	0	0	0	0	13	4.103
Sobral	634	1140	1714	2246	642	88	24	2	0	0	1	32	6.522
Amontada	525	889	2012	1801	420	66	11	0	0	0	0	3	5.726

Fonte: pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013.

Observando a tabela 21, nota-se que os maiores valores de erosividade acontecem entre os meses de fevereiro a abril, período em que a região da bacia evidencia as maiores taxas de precipitação, devido à atuação de sistemas atmosféricos como a ZCIT. É nesse mesmo período, que se observa na área de estudo a maior incidência de desmatamentos e queimadas com a finalidade de se realizar o cultivo do solo, ou seja, a prática agrícola das culturas temporárias como o feijão e o milho, gerando como consequência a perda da proteção do solo e a intensificação do processo de erosão hídrica.

Com o resultado dos valores de erosividade encontrados na área do médio curso, determinou-se com base em Bertoni & Lombardi Neto (1990), as classes de erosividade. Foram encontradas as classes muito baixa, baixa, média e alta. A espacialização das classes de erosividade podem ser observados no mapa 08.

Na determinação do índice de erosividade (R) dos setores A, B e C do médio curso, efetuou-se a média ponderada considerando o tamanho de cada classe de erosividade e o índice R. A tabela 22 traz o resultado.

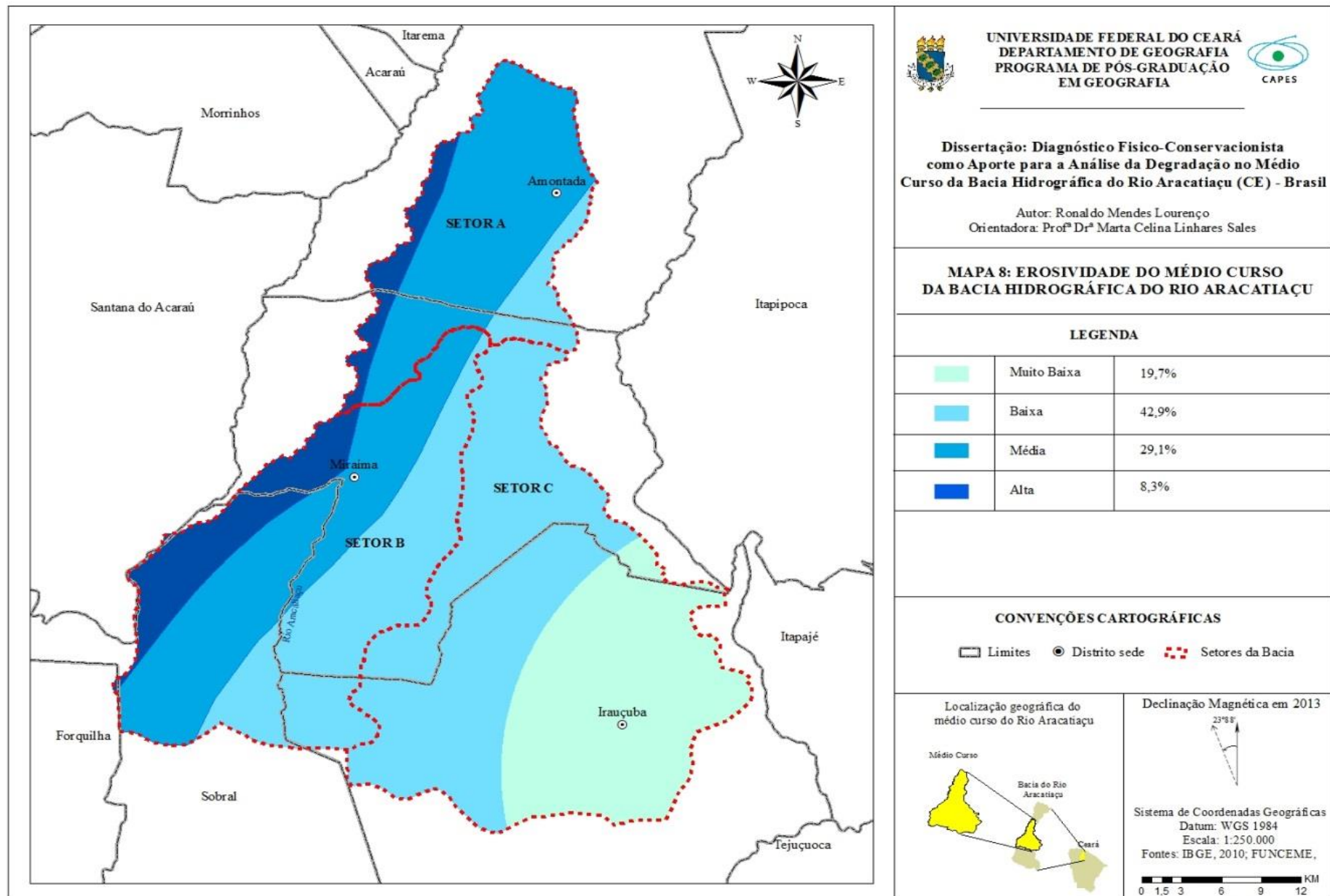
**Tabela 22** - Erosividade dos setores do médio curso e índices para a fórmula descritiva.

Classes de Erosividade	Índice	Erosividade do Setor A (Km <sup>2</sup> )	Erosividade do Setor B (Km <sup>2</sup> )	Erosividade do Setor C (Km <sup>2</sup> )
Muito Baixa	R1	-	-	282,99
Baixa	R2	37,82	214,89	365,25
Média	R3	205,2	214,37	-
Alta	R4	32,8	86,81	-
Muito Alta	R5	-	-	-
<b>Média Ponderada</b>		<b>2,981</b>	<b>2,751</b>	<b>1,563</b>
<b>Índice para fórmula descritiva</b>		<b>R 2,981</b>	<b>R 2,751</b>	<b>R 1,563</b>

Fonte: pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013.

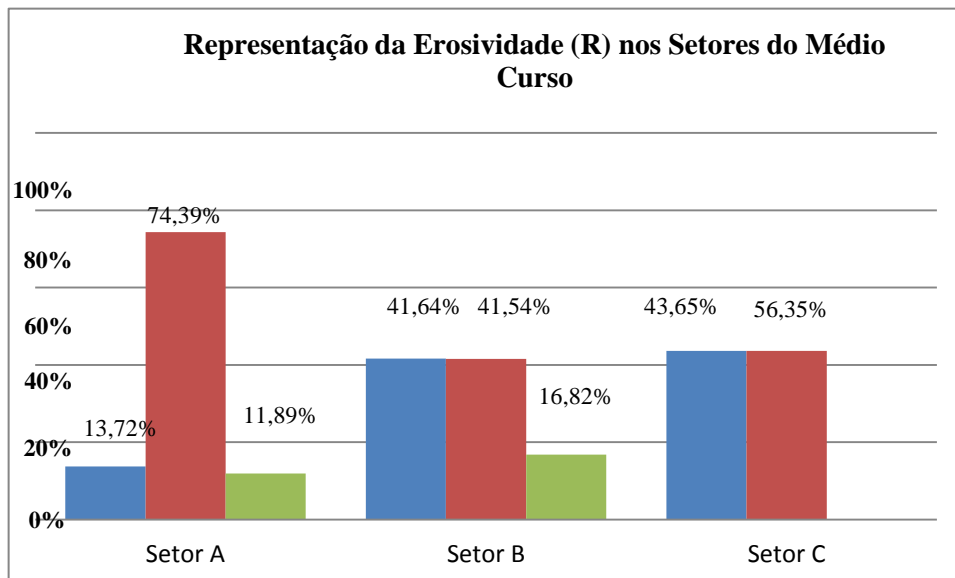
Analisando a tabela, identifica-se que o setor A apresenta cerca de 13,72% de baixa erosividade, 74,39% de erosividade média e 11,89% de alta erosividade. O setor B evidencia 41,64% de baixa erosividade, 41,54% de erosividade média e 16,82% de erosividade alta. Já o setor C apresenta 43,65% de erosividade muito baixa e 56,35% de

**Mapa 08** – Erosividade da Chuva (R) do Médio Curso do Rio Aracatiçu.



erosividade baixa. O gráfico 04 abaixo evidencia essa quantificação dos valores de erosividade nos setores da bacia.

**Gráfico 04** – Valores de Erosividade (R) nos setores do médio curso em percentuais.



Fonte: pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013.

#### 6.4. Erodibilidade dos Solos (K) do Médio Curso

A espacialização dos valores de erodibilidade do médio curso do rio Aracatiaçu está relacionada com as associações de solos encontradas na área de estudo, entendendo que os valores são diretamente dependentes das propriedades presentes em cada tipo de solo. Cabe lembrar que os valores de K foram estimados com base nas classes e associações de solo do Levantamento Exploratório dos Solos do Ceará (JACOMINE, 1973), tendo como base a equação de Romkens *et al.* (1997).

A tabela 23 abaixo apresenta as associações de solos encontradas na área de estudo e os valores de erodibilidade para cada uma.

**Tabela 23** – Valores de erodibilidade das associações de solos do médio curso.

Tipos	Associações (classificação Atual)	Erodibilidade (ton.ha.h/ha.MJ.mm)
<b>RE25</b>	Associação de Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico + Afloramentos de Rocha	<b>0.012</b>
<b>RE26</b>	Associação de Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Afloramentos de Rocha	<b>0.012</b>
<b>PL6</b>	Associação de Planossolo Háplico Eutrófico Arênico + Planossolo Nátrico Órtico Típico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico	<b>0.019</b>
<b>PE32</b>	Associação de Plintossolo Argilúvico Eutrófico Arênico + Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Abrúptico +	<b>0.019</b>

	Planossolo Háplico Eutrófico Solódico + Laterita Hidromórfica	
<b>PE42</b>	Associação de Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Abruptico + Neossolo Regolítico Distrófico Fragipânico	<b>0.020</b>
<b>NC15</b>	Associação de Luvisolo Crômico Órtico Vértico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Planossolo Háplico Eutrófico Arênico + Planossolo Nátrico Órtico Arênico	<b>0.024</b>
<b>Pe6</b>	Associação de Argissolo Vermelho Eutrófico Típico + Argissolo Vermelho Eutrófico Abruptico + Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico + Afloramentos de Rocha	<b>0.026</b>
<b>RE6</b>	Associação de Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Argissolo Vermelho Eutrófico Típico + Argissolo Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico	<b>0.027</b>
<b>PL1</b>	Associação de Planossolo Háplico Eutrófico Arênico + Planossolo Nátrico Órtico + Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico Abruptico	<b>0.036</b>
<b>PL4</b>	Associação de Planossolo Háplico Eutrófico Solódico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Planossolo Nátrico Órtico	<b>0.040</b>
<b>NC7</b>	Associação de Luvisolo Crômico Órtico Vértico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Luvisolo Crômico Órtico Típico	<b>0.029</b>
<b>PV7</b>	Associação de Plintossolo Argilúvico Distrófico Espesso + Latossolo Amarelo Distrófico típico + Argissolo Acinzentado Distrocoeso Arênico	<b>0.010</b>
<b>PE3</b>	Associação de Argissolo Vermelho Eutrófico Abruptico + Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Nitossólico + Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico	<b>0.027</b>

**Fonte:** Jacomine (1973), Leite *et al.* (2007), Leite *et al.* (2007), Pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013. Cálculo da erodibilidade sobre os perfis de solos descritos por Jacomine (1973).

A partir dos valores de K obtidos pelo cálculo sobre os perfis das associações de solos, estabeleceram-se as classes de erodibilidade com base em Romkens *et al.* (1986); Shirazi *et al.* (1984); Romkens *et al.* (1997). Correlacionando os valores das associações de solo com as amplitudes de K, determinou-se o enquadramento das classes e dos índices de K para o médio curso, como mostra a tabela 24.

**Tabela 24** - Classes de erodibilidade e índices K para as associações de solos do médio curso.

<b>Tipos de Associação de Solos</b>	<b>Classes de Erodibilidade</b>	<b>Índices</b>
PL6	Baixa	K2
PL1	Alta	K4
PE32	Baixa	K2
PL4	Muito Alta	K5
PE42	Baixa	K2
RE25	Muito Baixa	K1
RE6	Média	K3
RE26	Muito Baixa	K1
NC15	Média	K3
Pe6	Média	K3
NC7	Média	K3

PV7	Muito Baixa	K1
PE3	Média	K3

Fonte: pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013.

Como se pode observar as classes de erodibilidade encontradas são: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Destacam-se as associações de PL4 e PL1 como tipos de solos que evidenciam um maior índice de K. O mapa 09 especializa as classes de erodibilidade encontradas no médio curso.

Para determinar a erodibilidade dos setores da bacia calculou-se a área de cada classe e por meio da média ponderada do índice K estimaram-se os valores para a fórmula descritiva final descrita na tabela 25.

**Tabela 25** - Erodibilidade dos solos (K) por setor com os índices para a fórmula descritiva.

Classes de Erodibilidade	Símbolo	Erodibilidade do setor A (Km <sup>2</sup> )	Erodibilidade do setor B (Km <sup>2</sup> )	Erodibilidade do setor C (Km <sup>2</sup> )
Muito Baixa	K1	13,72	24,14	188,50
Baixa	K2	50,35	311,86	316,54
Média	K3	-	180,07	139,84
Alta	K4	7,75	-	3,36
Muito Alta	K5	204,00	-	-
<b>Média Ponderada</b>		<b>4,225</b>	<b>2,302</b>	<b>1,935</b>
<b>Índice para fórmula descritiva</b>		<b>K 4,225</b>	<b>K 2,302</b>	<b>K 1,935</b>

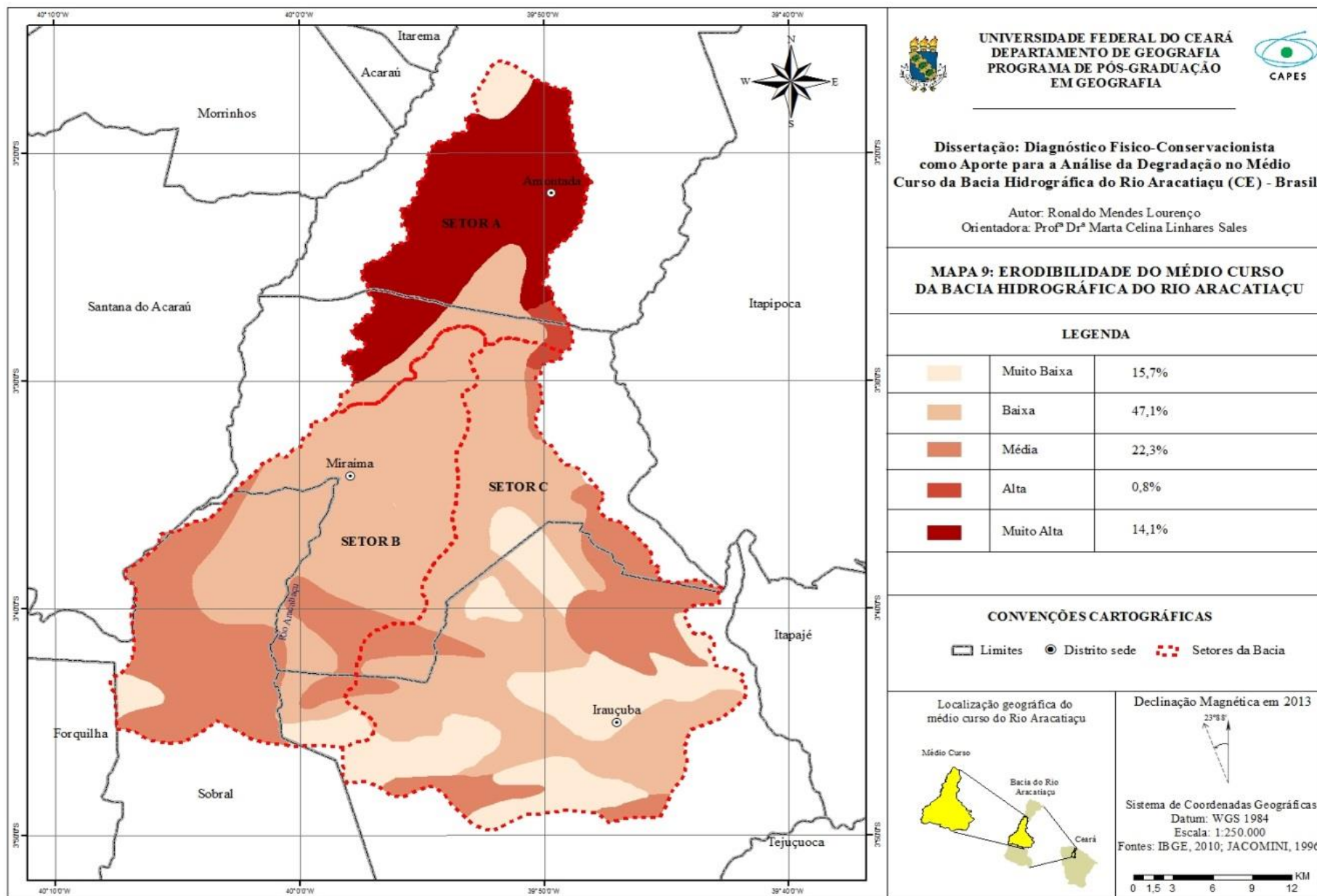
Fonte: pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013.

Constata-se que o setor A apresenta o maior índice de erodibilidade, concentrando cerca de 73,96% da classe muito alta, fato compreendido pelo predomínio das associações de solos PL4, que segundo Funceme (2013) são solos imperfeitamente drenados, de baixa permeabilidade e muito susceptíveis à processos erosivos. 18,25% da área apresenta erodibilidade baixa, 4,99% de erodibilidade muito baixa e 2,80% de erodibilidade alta.

No setor B, encontra-se com 60,43% de território apresentando erodibilidade baixa devido à presença das associações de PL6 e PE42, essa segunda associação geralmente apresenta solos com elevado potencial agrícola de média e alta fertilidade natural, prestando-se para culturas de ciclo ou adaptadas às condições de pouca umidade. Em seguida temos 34,89% dos solos com média erodibilidade RE6, NC 15 e NC7, e 4,68% das associações de solos apresentando erodibilidade muito baixo, que é o caso do RE25 e RE26.

O setor C, por sua vez, possui cerca de 48,83% de sua área com erodibilidade baixa, 29,08% com erodibilidade muito baixa, 21,57% de erodibilidade média e 0,52% de seu

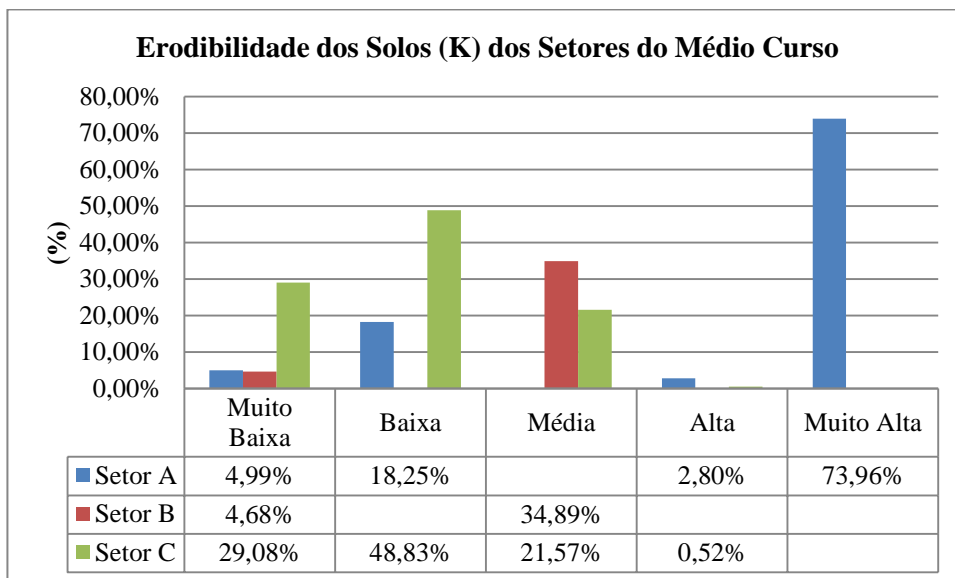
**Mapa 09 – Erodibilidade dos Solos (K) do Médio Curso do Rio Aracatiáçu.**



território com erodibilidade alta. A maior taxa de erodibilidade baixa deve-se as associações de solos PE42 e PL6.

Para uma melhor espacialização da distribuição das classes de erodibilidade nos setores do médio curso, confeccionou-se o gráfico 05 com os valores de (K) em percentuais.

**Gráfico 05 – Erodibilidade dos solos (K) dos setores do médio curso.**



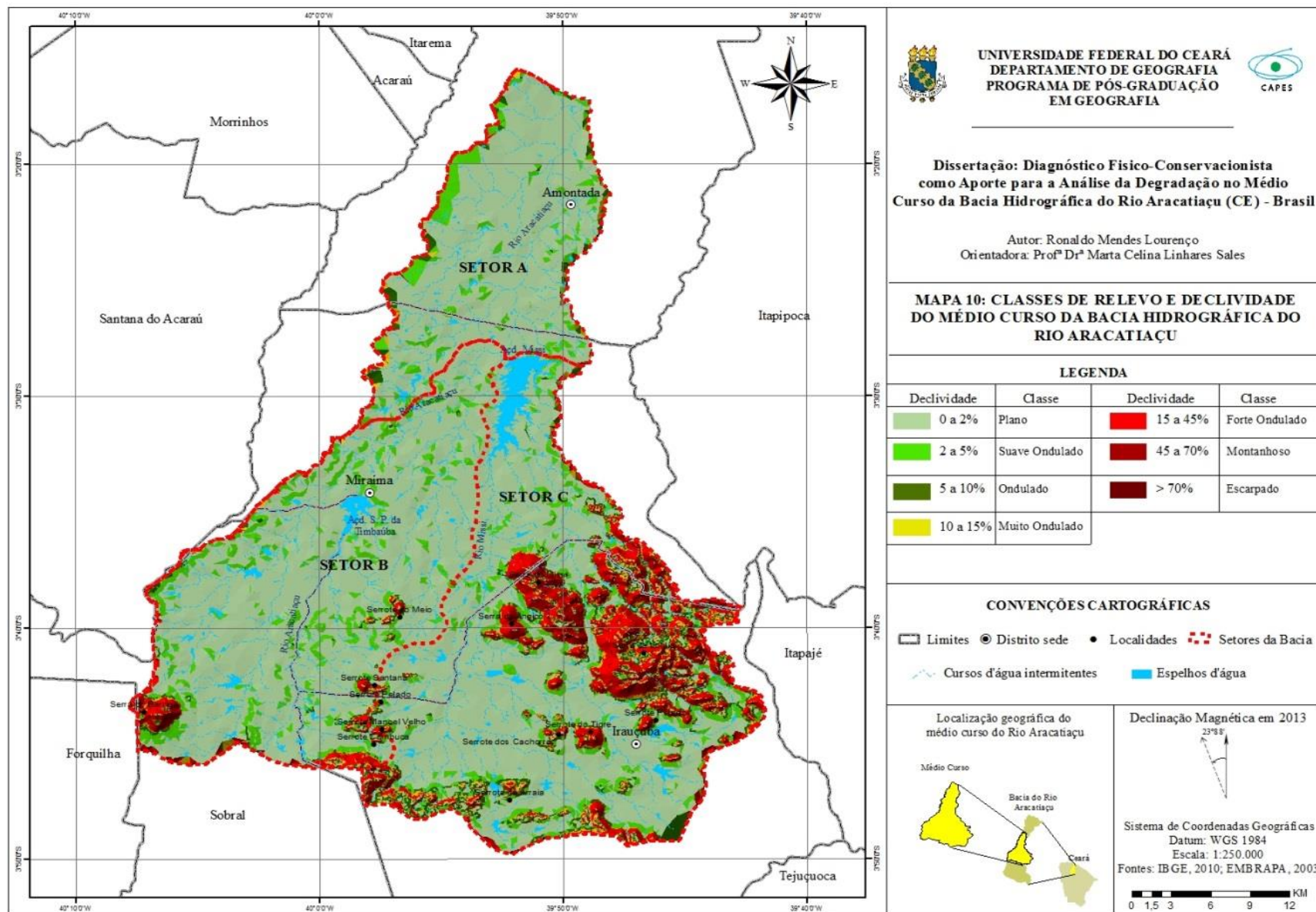
**Fonte:** pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2013.

### 6.5. Declividade Média (DM) do Médio Curso

Para a determinação da declividade média da bacia foi elaborado o mapa de classes do relevo da área de estudo. Ressalta-se que a classificação dos tipos de relevo e declividade está baseada no que propõe Lepsh *et al.* (1991), sendo o índice DM utilizado na fórmula descritiva adaptado por Beltrame (1994).

O mapa de classes de relevo e declividade média do médio curso do rio Aracatiaçu, foi produzido a partir do cálculo da área em quilômetros quadrados de cada classe de relevo dentro dos respectivos setores e, por meio da média ponderada, determinou-se o índice de declividade média (DM), utilizado para compor a fórmula descritiva final. O resultado pode ser observado na tabela 26 e o mapa 10 que traz a espacialização das classes de relevo e declividade do médio curso.

**Mapa 10** – Classes de Relevo e Declividade do Médio Curso do Rio Aracatiçu.





**Tabela 26** – Índice de declividade média (DM) dos setores do médio curso.

<b>Intervalos de Declividade</b>	<b>Índice</b>	<b>Declividades do Setor A (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Declividades do Setor B (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Declividades do Setor C (Km<sup>2</sup>)</b>
< 2 %	DM <sub>1</sub>	229,2	420,0	395,3
2 a 5%	DM <sub>2</sub>	30,7	62,6	56,4
5 a 10%	DM <sub>3</sub>	8,1	6,0	39,0
10 a 15%	DM <sub>4</sub>	4,5	6,6	38,8
15 a 45%	DM <sub>5</sub>	3,1	20,0	115,7
45 a 70%	DM <sub>6</sub>	0,27	0,65	2,4
>70%	DM <sub>7</sub>	0,0	0,67	1,2
<b>Média Ponderada</b>		<b>1,268</b>	<b>1,351</b>	<b>2,129</b>
<b>Índice para Fórmula Descritiva</b>		<b>DM 1,268</b>	<b>DM 1,351</b>	<b>DM 2,129</b>

**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

A partir dos resultados evidenciados pela tabela acima, pode-se notar que o setor A apresenta o menor índice de declividade, cerca de 83% de sua área é constituída de relevo Plano com declives menores que 2%, isso se deve ao predomínio da unidade depressão sertaneja e das planícies fluviais.

O relevo do setor B é formado, principalmente, pela classe de relevo Plano com cerca de 81% e com declives menores que 2%, apresentando também relevo da classe suave ondulado com 12% de sua área declives de 2 a 5%, característicos de superfícies de pediplanação.

As características do setor C do médio curso apresentam-se um pouco diversificada quando comparadas com o setor A e B. 60% da área do setor C é marcada pela presença de relevo plano com declives menores que 2%, destacando-se a existência de 18 % da área de relevo Forte Ondulado com declives de 15 a 45%.

## **6.6. Densidade de Drenagem (DD) no Médio Curso**

Primeiramente, realizou-se a hierarquização dos canais fluviais do médio curso do rio Aracatiaçu, baseando-se nos critérios para ordenação dos canais fluviais baseado no esquema proposto por Arthur N. Strahler. Dessa forma, constatou-se a presença de rios de primeira, segunda, terceira, quarta, quinta e sexta ordem, sendo que o Setor A do médio curso possui 68 canais de 1ª ordem, 17 canais de 2ª ordem, 3 canais de 3ª ordem, 2 canais de 5ª ordem e 1 canal de 6ª ordem. O setor B contém 113 canais de 1ª ordem, 22 canais de 2ª ordem, 6 canais de 3ª ordem, 1 canal de 4ª ordem e 1 canal de 5ª ordem. O setor C possui 112

canais de 1ª ordem, 23 canais de 2ª ordem, 7 canais de 3ª ordem e 2 canais de 3ª ordem. Como pode-se observar no mapa 11.

Compreende-se que apesar de não fazer parte dos dados que são levados em consideração na fórmula descritiva do diagnóstico físico-conservacionista, considerou-se a hierarquia dos canais do médio curso do rio, como uma fonte importante para a caracterização da rede hidrográfica da área de estudo. O mapa 11 evidencia a hierarquia dos canais fluviais do médio curso.

Na determinação da DD foram levados em consideração os valores da área de cada setor e respectivo comprimento dos canais, determinando assim a densidade de drenagem através da equação de Horton (1945). O resultado está expresso na tabela 27.

**Tabela 27** – Densidade de drenagem (DD) dos setores do médio curso.

Setor	Comprimento total dos canais fluviais (Km)	Área total dos setores (Km <sup>2</sup> )	Densidade de Drenagem (DD) (Km/Km <sup>2</sup> )
A	249,95	275,82	0,91
B	438,84	516,07	0,85
C	510,43	648,24	0,79

**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

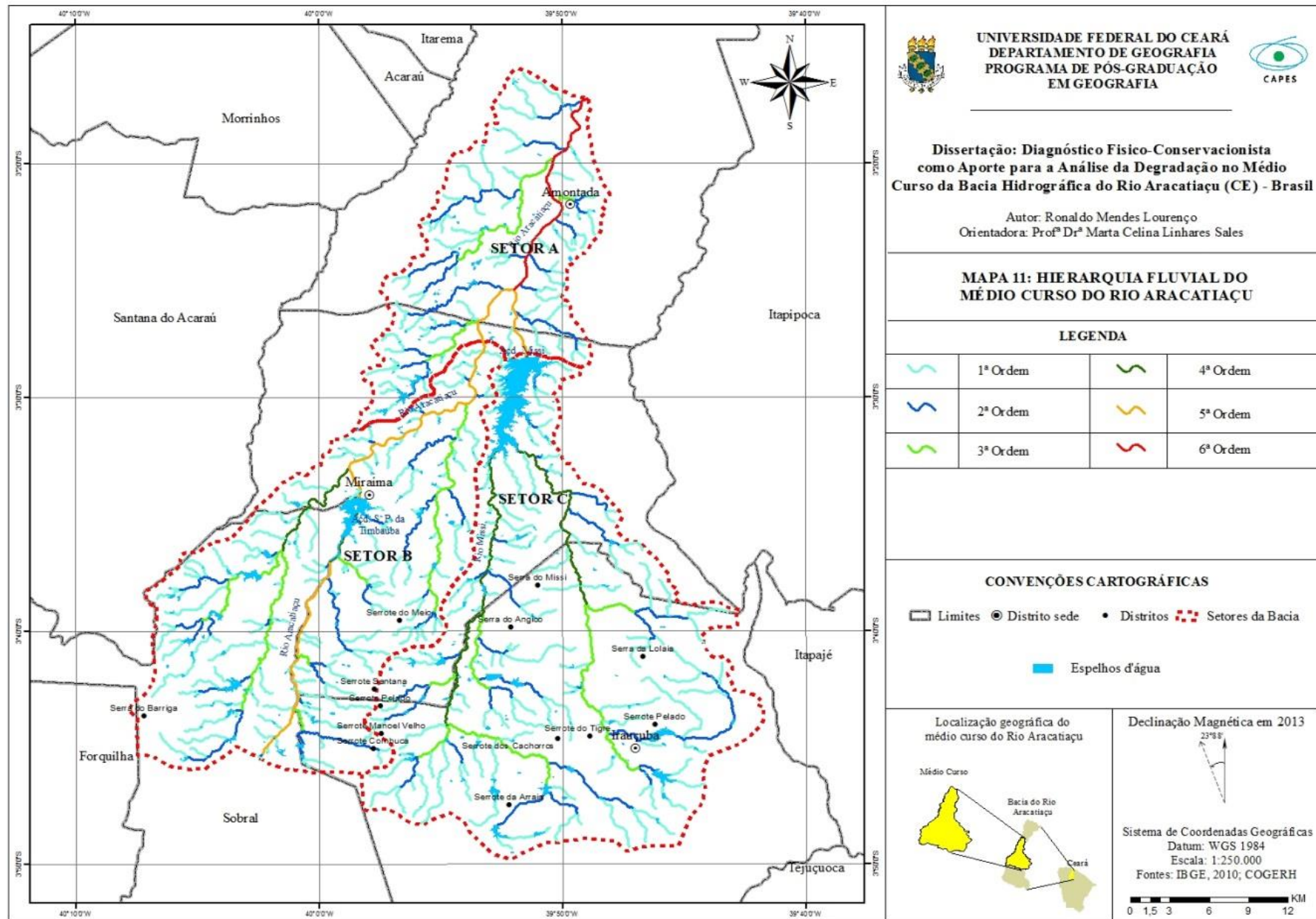
Conforme a ordem de classificação dos valores de drenagem proposta por Beltrame (1994), todos os setores do médio curso apresentam densidade de drenagem média (entre 0,50 a 2,00 km/km<sup>2</sup>). Porém, considerando o tamanho da área de estudo, os dados obtidos apresentam diferenças suficientes para que haja uma reclassificação direcionada para os setores do médio curso. Dessa forma, os valores de densidade de drenagem dos setores foram categorizados com referência nos padrões de drenagem do médio curso, estabelecendo três classes dentro da área, como traz a tabela 28.

**Tabela 28** – Classes de densidade de drenagem dos setores do médio curso e índice DD para a fórmula descritiva final.

Setores da bacia	Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	Classes	Índices	Índice para Fórmula Descritiva
A	0,91	Alta	DD3	DD 0,91
B	0,85	Média	DD2	DD 0,85
C	0,79	Baixa	DD1	DD 0,79

**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

Mapa 11 – Hierarquia Fluvial do Médio Curso do Rio Aracatiáçu.



Conclui-se que as diferenças de densidade no médio curso do rio Aracatiaçu estão diretamente ligadas com a litologia e as formas de relevo da área. Fatores como os tipos de solos e a declividade do terreno, relacionam-se com a capacidade de infiltração da água e ao escoamento superficial. Pode-se mencionar, que os setores da bacia, apresentaram uma densidade de drenagem média, o que supostamente está relacionado com áreas com solos bem drenados e relevo plano e suave ondulado.

Portanto, entende-se que este índice é de suma importância para o planejamento regional, que, segundo Rodrigues e Adami (2005) contribui para interpretações de características litológicas e tectônicas em mapeamentos geológicos, além de ser valioso para interpretações sobre morfogênese e morfodinâmica, baseadas em interferências sobre diferenças de permeabilidade, como por exemplo, diferenças sobre a profundidade dos materiais permeáveis. A densidade de drenagem também permite o entendimento dos processos de esculturação dos canais fluviais e do potencial erosivo de uma bacia hidrográfica.

Acredita-se que a maior importância dos estudos relacionados às bacias hidrográficas, visando o planejamento territorial, o que inclui o entendimento holístico do ambiente, está pautado em considerar todas as características ambientais da bacia, a exemplo, a densidade de drenagem. Assim, diagnósticos poderão ser efetuados com a finalidade de gerar informações sobre o grau de degradação ou conservação ambiental, para que assim se possa estabelecer medidas e/ou diretrizes eficazes para o combate e mitigação de possíveis problemáticas.

### **6.7. Índice de Cobertura Vegetal (ICV) do Médio Curso**

Na análise da cobertura vegetal do médio curso do rio Aracatiaçu, utilizou-se o NDVI para determinar o índice de cobertura vegetal, sendo considerados os anos de 1981 e 2009 para a efetivação do ICV. Nesse caso, esse intervalo de 28 anos possibilitou a compreensão das transformações que aconteceram na espacialização da vegetação no âmbito da área de estudo. Dessa forma, observa-se uma representação da área, no aspecto da cobertura vegetal em uma perspectiva espaço-temporal de 28 anos.

As tabelas 29 e 30 trazem os valores de ICV dos setores do médio curso nos respectivos anos, como também a espacialização das classes em cada setor e a média ponderada, resultando no índice que compõe a fórmula descritiva do DFC. As tabelas evidenciam que quanto mais alto for o valor de ICV, menor será a densidade da vegetação e

consequentemente, menor a proteção ao solo. O mapa 12 mostra o índice de cobertura vegetal (ICV) para o médio curso da bacia nos anos de 1981 e 2009.

**Tabela 29** – Índice de cobertura vegetal (ICV) dos setores do médio curso em 1981.

Classes de índice de Cobertura Vegetal	Níveis	Setor A (Km <sup>2</sup> )	Setor B (Km <sup>2</sup> )	Setor C (Km <sup>2</sup> )
Alto	1	10,76	25,29	68,71
Moderadamente Alto	2	18,76	25,80	116,68
Médio	3	137,91	185,79	181,51
Moderadamente Baixo	4	102,05	268,35	233,37
Baixo	5	6,34	10,84	47,97
<b>Média Ponderada</b>		<b>3,269</b>	<b>3,414</b>	<b>3,116</b>
<b>Índice para a Fórmula descritiva</b>		<b>ICV 3,269</b>	<b>ICV 3,413</b>	<b>ICV 3,116</b>

Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

**Tabela 30** - Índice de cobertura vegetal (ICV) dos setores do médio curso em 2009.

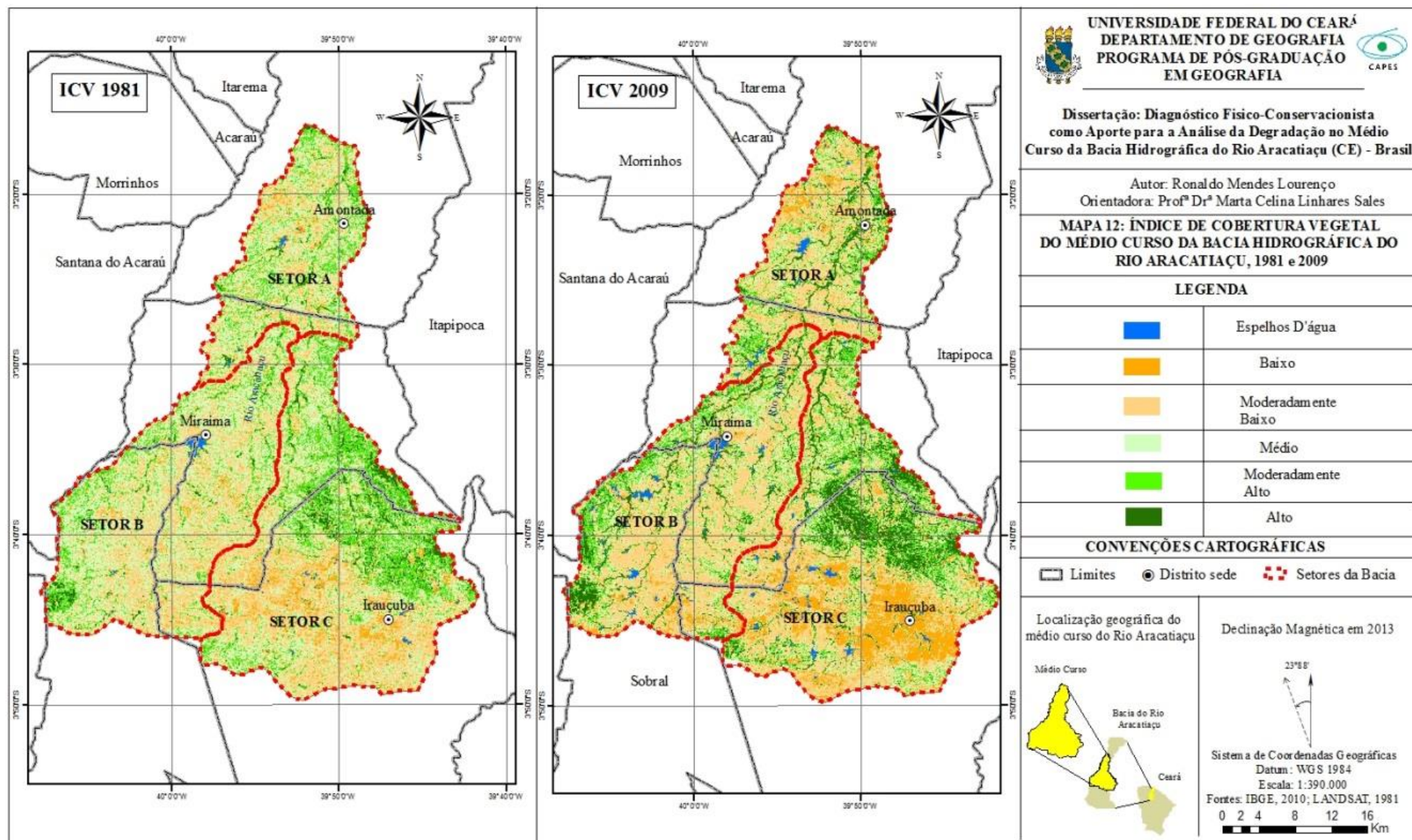
Classes de índice de Cobertura Vegetal	Níveis	Setor A (Km <sup>2</sup> )	Setor B (Km <sup>2</sup> )	Setor C (Km <sup>2</sup> )
Alto	1	24,27	63,99	114,74
Moderadamente Alto	2	38,61	56,77	58,34
Médio	3	35,86	72,25	90,75
Moderadamente Baixo	4	160,53	294,16	155,58
Baixo	5	16,55	28,90	228,83
<b>Média Ponderada</b>		<b>3,386</b>	<b>3,324</b>	<b>3,502</b>
<b>Índice para a Fórmula descritiva</b>		<b>ICV 3,386</b>	<b>ICV 3,324</b>	<b>ICV 3,502</b>

Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

A partir das informações apresentadas nas tabelas acima, como também nos mapas de ICV, nota-se as mudanças ocorridas na densidade da cobertura vegetal sobre o solo dos anos de 1981 e 2009 nos setores do médio curso. Compreende-se, que:

- Observa-se que a classificação de nível de proteção alto no ano de 1981, abrangia 104,76 km<sup>2</sup> da área da bacia, equivalendo a 7,27% do médio curso do rio. Esse nível de proteção no ano de 2009 sobe para 203 km<sup>2</sup>, com cerca de 14,10% na área total. Entende-se, dessa maneira, que o ICV alto aumentou cerca de 6,83% no âmbito do médio curso do rio Aracatiaçu, mostrando uma melhora nas condições da cobertura do solo pela vegetação.
- O nível de proteção moderadamente alto no ano de 1981 era equivalente a 161,24 Km<sup>2</sup>, correspondendo a 11,20% do médio curso. Já no ano de 2009, esse nível ICV caiu para 153,72 Km<sup>2</sup> (10,67%) na área da bacia, evidenciando uma queda de 0,53%.

Mapa 12 – Índice de Cobertura Vegetal (ICV) do Médio Curso do Rio Aracatiçu em 1981 e 2009.



- As imagens datam do período de 14/07/1981 e 01/10/2009. Referindo-se ao ano de 1981, teve-se um total pluviométrico registrado para os postos localizados na região da bacia: Miraíma de 313 mm; Sobral de 479 mm; Irauçuba de 371,6; e o posto de Amontada não apresenta dados para esse período. No ano de 2009, observa-se os totais pluviométricos para os seguintes postos: Miraíma de 1.317,4 mm; Sobral de 1.266,5 mm; Irauçuba de 1.062,7 mm; e registrado pelo posto Amontada de 1.776,8 mm. Desse modo, conclui-se que o ano de 2009 foi bem mais chuvoso do que o ano de 1981, conseqüentemente, notou-se um maior nível da cobertura vegetal sob o solo, devido a exposição da biomassa e do estrato herbáceo em decorrência do ano de 2009 considerado chuvoso.
- A classe de ICV médio correspondia no ano de 1981 a 505,21 Km<sup>2</sup> (35,08%) no médio curso. No ano de 2009 essa classe diminui para 198,86 Km<sup>2</sup> (13,81), apresentado assim, uma queda 21,27% desse nível de proteção.
- A classificação de ICV moderadamente baixa em 1981 era de 603,77 km<sup>2</sup> (41,92%) no médio curso, já em 2009 esse nível de proteção sobe para 610,27 km<sup>2</sup> (42,37%) na área de estudo. Observa-se, neste caso, que a área de estudo vem diminuindo a densidade da cobertura vegetal.
- O nível de ICV baixo, que apresenta as piores condições de proteção ao solo, no ano de 1981 evidenciava 65,15 Km<sup>2</sup> (4,52%) na região do médio, em 2009 temos um aumento significativo correspondendo a 274,28 Km<sup>2</sup> (19,05%) da área, com a diferença no intervalo de 28 anos de ICV em 14,53%.

Avaliando essas transformações do ICV por setores, nota-se que no setor A ocorreu uma redução significativa do ICV médio, passando de 50% da área em 1981 para 13% em 2009. De forma constante, houve relevante aumento nos ICV alto, de 3,9% em 1981 para 8,8% em 2009, e ICV moderadamente alto, de 6,8% em 1981 para 14% em 2009. Nos ICV de proteção moderadamente baixo e baixo de 1981 e 2009, houve um aumento de 37% para 58,20%, e de 2,30% para 6%. Observa-se, a partir desses dados, que tivemos uma progressão na supressão da cobertura vegetal na análise desses 28 anos realizada nesse setor. Acreditamos que esse aumento da degradação na área, deve-se ao processo indiscriminado de

desmatamento e de queimadas que estão relacionadas à expansão das atividades agropecuárias e extrativistas. Essa realidade pode ser observada na figura 27.

**Figura 24:** Práticas extrativistas e supressão da mata ciliar no setor A.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012).

O setor B apresenta um cenário interessante. Em 1981 o percentual de ICV alto era de 4,9% evoluindo para 12,40% no ano de 2009. Ocorrendo essa mesma crescente para ICV moderadamente alto que foi de 4,10% em 1981 para 11% em 2009. Com relação ao ICV médio houve uma diminuição de 36% em 1981 para 14% em 2009. Referindo-se ao ICV moderadamente baixo na região desse setor, em 1981 correspondia a 52% da área e em 2009 tem-se um aumento do valor para 57%, também tivemos uma crescente no ICV baixo de 2,10% em 1981 para 5,60% em 2009. Ao mesmo tempo em que ocorreram melhorias no ICV alto também ocorreu o aumento das condições de ICV moderadamente baixo e baixo no setor. Isto está relacionado ao sobrepastoreio e aos desmatamentos indiscriminados, que representam fatores importantes no processo de degradação do meio ambiente e dos recursos naturais. Com isso, observa-se a impulsão no desencadeamento e expansão de processos erosivos acelerados em função da torrencialidade do escoamento superficial (já que os solos ficam desprotegidos de cobertura vegetal) e a configuração do processo de desertificação.

O setor C foi o que mais sofreu alterações de ordem negativa no índice de cobertura vegetal. Esse setor engloba parte dos municípios de Miraíma e Irauçuba, que apresentam marcas evidentes do processo de desertificação em seus territórios. Em 1981, esse setor apresentava 10,60% de sua área com a classe de ICV alto e em 2009 esse valor subiu 17,70%. Já com o valor de ICV moderadamente alto, em 1981 o percentual na área era de 18% e em 2009 esse valor cai para 9%. Isso também ocorre com os valores de ICV médio e



de moderadamente baixo, que passam respectivamente de taxas percentuais de 28% e 36% em 1981 para 14% e 24% em 2009. O ICV que chama mais atenção é de valor baixo crescendo de 7,4% para 35,30% no setor. A figura 28 evidencia o processo de degradação acentuado nos municípios mencionados.

**Figura 25:** Processo de degradação ambiental acentuado no setor B do médio curso.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2012).

## 7. AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO NO MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO ARACATIAÇU

---

### 7.1. Fórmula Descritiva Final

A fórmula descritiva final está baseada em Beltrame (1994), em que os parâmetros associados com os respectivos índices encontrados permitem a realização de uma análise do estado de degradação ambiental dos recursos naturais do médio curso. A fórmula descritiva foi mensurada para cada setor da bacia, sendo representada para os anos de 1981 e 2009. A finalidade da aplicação da fórmula utilizando esses anos tem como interesse realizar uma avaliação das transformações ocorridas no resultado final, devido à variação do parâmetro índice de cobertura vegetal (ICV). Dessa forma, elaborou-se uma fórmula para cada ano do seguinte modo:

$$\text{EDA (1981)} = (\text{IC}) + (\text{R}) + (\text{K}) + (\text{DM}) + (\text{DD}) + (\text{ICV})$$

e

$$\text{EDA (2009)} = (\text{IC}) + (\text{R}) + (\text{K}) + (\text{DM}) + (\text{DD}) + (\text{ICV})$$

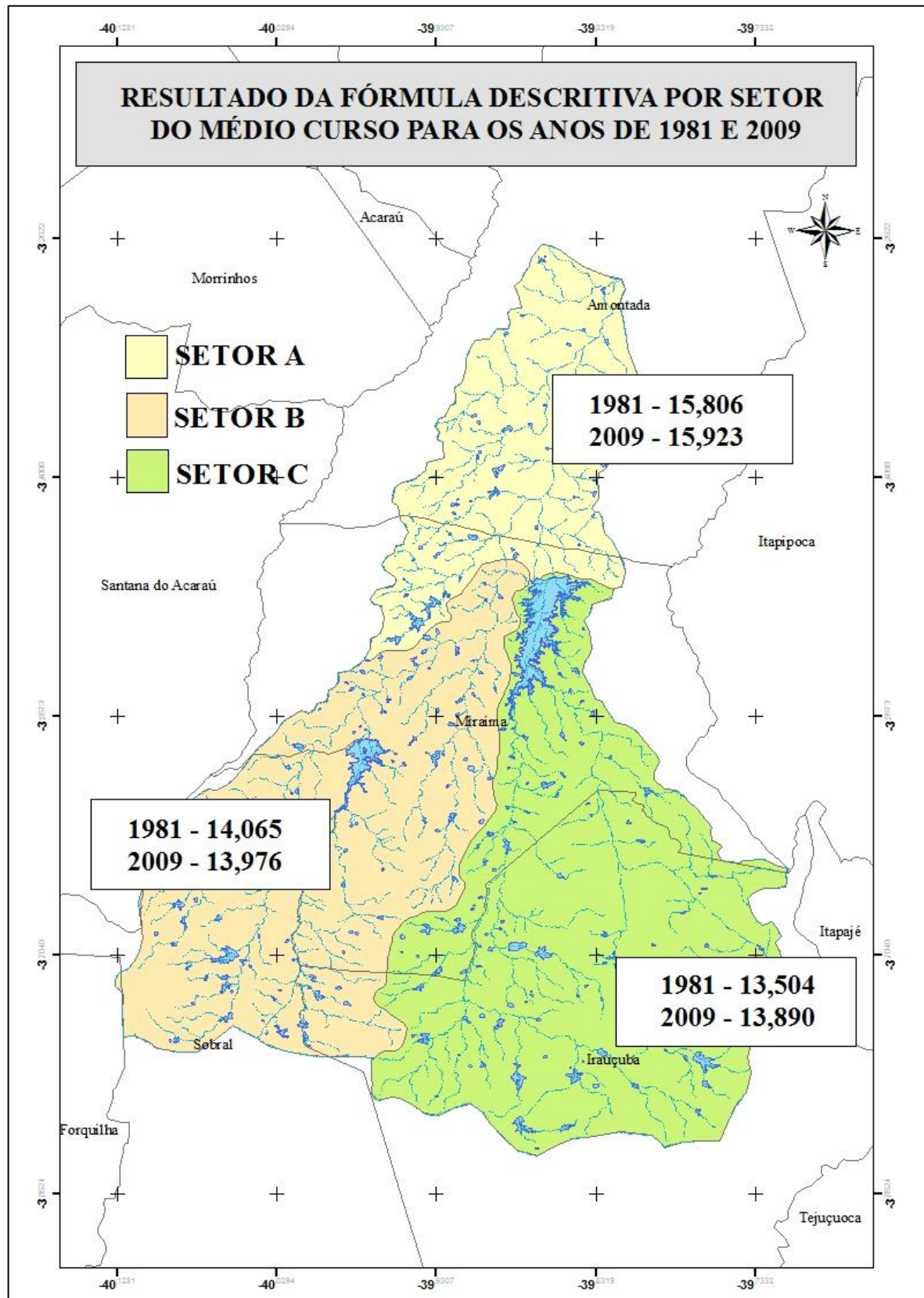
Destaca-se que somente o ICV sofreu variações entre esses anos, permanecendo estável os demais índices analisados nos outros parâmetros. Baseando-se na proposta metodológica de Beltrame (1994) e nas adaptações realizadas, efetuou-se a somatória dos índices de todos os parâmetros, levando em consideração as fórmulas descritivas estabelecidas. O resultado está expresso na tabela 31, e o valor da somatória com relação aos anos trabalhados está representado na figura 29.

**Tabela 31** – Somatório dos índices obtidos nos parâmetros.

PARÂMETROS	SETOR A	SETOR B	SETOR C
Índice Climático	IC 3,153	IC 3,398	IC 3,971
Erosividade da Chuva	R 2,981	R 2,751	R 1,563
Erodibilidade do Solo	K 4,225	K 2,302	K 1,935
Declividade Média	DM 1,268	DM 1,351	DM 2,129
Densidade de Drenagem	DD 0,91	DD 0,85	DD 0,79
Índice de Cobertura Vegetal em 1981	ICV 3,269	ICV 3,413	ICV 3,116
Índice de Cobertura Vegetal em 2009	ICV 3,386	ICV 3,324	ICV 3,502
<b>Somatório dos Índices para 1981</b>	<b>15,806</b>	<b>14,065</b>	<b>13,504</b>
<b>Somatório dos Índices para 2009</b>	<b>15,923</b>	<b>13,976</b>	<b>13,890</b>

Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

**Figura 26** – Setores do médio representados pelos resultados da fórmula descritiva.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

## 7.2. Valor do Estado de Degradação Ambiental do Médio Curso

A partir dos parâmetros determinados, utilizou-se a fórmula descritiva, adaptando-se os índices de cada parâmetro para o médio curso da bacia do rio Aracatiaçu.

$$EDA = (IC) + (R) + (K) + (DM) + (DD) + (ICV)$$

Onde:

**EDA** – é o estado de degradação ambiental do médio curso, que é proporcional aos parâmetros:

**IC** – índice climático, parâmetro que varia de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto);

**R** – erosividade da chuva, parâmetro que varia de 1 (muito baixa) a 5 (muito alta);

**K** – erodibilidade dos solos, parâmetro que varia de 1 (muito baixa) a 5 (muito alta);

**DM** – declividade média, parâmetro que varia de 1 (plano) a 7 (escarpado);

**DD** – densidade de drenagem, parâmetro que varia de 1 (baixa) a 3 (alta);

**ICV** – índice de cobertura vegetal, parâmetro que varia de 1 (alto) a 5 (baixo);

Com o intuito de obtermos os valores finais das fórmulas descritivas dos setores, em percentuais, utilizou-se a equação da reta como mostra o quadro 18. Desse modo, de acordo com as classificações realizadas e dos níveis estabelecidos em cada parâmetro sugerido, o mínimo valor possível a ser obtido na fórmula descritiva sugerida é 6 (somatório de todos os índices iguais a 1), o que representa o melhor estado físico-conservacionista ou conservação dos recursos naturais que o setor poderia evidenciar. Do mesmo modo, o máximo valor possível de ser obtido na fórmula descritiva é 30 (somatório de todos os índices com valores máximos) representando o pior estado físico-conservacionista ou maior nível de degradação que o setor poderia apresentar.

A partir desses valores, mínimo 6 e máximo 30, tem-se o ângulo de inclinação da reta. O resultado evidencia as unidades de risco de degradação física dos setores do médio curso do rio Aracatiaçu nos anos de 1981 e 2009. Os valores estão representados na tabela 32.

**Quadro 18** – Equação da reta para a fórmula descritiva.

$y = ax + b$		$30a + b - 100 = 0$
		$6a + b = 0 (-1)$
		$24a - 100 = 0$
Se: $y = 0$	Se: $y = 100$	$a = 4,16$
$x = 6$	$x = 30$	$b = ?$
$6a + b = 0$	$30a + b - 100 = 0$	$30 \times 4,16 + b - 100 = 0$
		$124,80 + b - 100 = 0$
		$- b = 124,80 - 100$
		$- b = 24,80 (-1)$
		$b = - 24,80$
<b>Assim, a equação da reta é: <math>y = 4,16 x - 24,80</math></b>		

Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

Com a substituição dos valores encontrados pelo somatório dos índices por (x), tem-se o seguinte resultado:

**Para 1981**

Setor A:  $y = 4,16 \cdot 15,806 - 24,80 = 40,952$

Setor B:  $y = 4,16 \cdot 14,065 - 24,80 = 33,710$

Setor C:  $y = 4,16 \cdot 13,504 - 24,80 = 31,376$

**Para 2009**

Setor A:  $y = 4,16 \cdot 15,923 - 24,80 = 41,439$

Setor B:  $y = 4,16 \cdot 13,976 - 24,80 = 33,340$

Setor C:  $y = 4,16 \cdot 13,890 - 24,80 = 32,982$

**Tabela 32** – Índice de degradação física dos setores do médio curso entre os anos de 1981 e 2009.

Setores	Índice de Degradação Física em 1981 (0 – 100)	Índice de Degradação Física em 2009 (0 – 100)
A	40,952	41,439
B	33,710	33,340
C	31,376	32,982

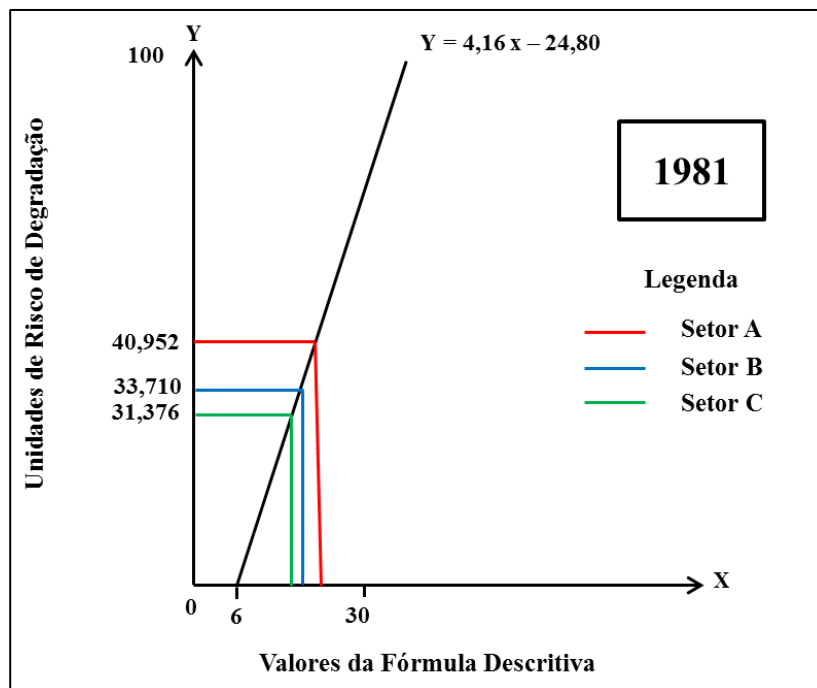
Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

Conclui-se, observando que o Setor C apresentou o menor índice de degradação física quando comparado entre o intervalo de anos considerados, passando de 31,376 em 1981 para 32,982 em 2009. No entanto, apresentou o maior índice de crescimento

do risco à degradação física. O segundo a apresentar uma considerável variação de risco a degradação entre os anos foi o setor B, que passou de 33,710 em 1981 para 33,340 em 2009. E o setor A foi o que apresentou o maior índice de degradação, porém, quando comparado no intervalo de anos ele passou de 40,952 em 1981 para 41,439 em 2009.

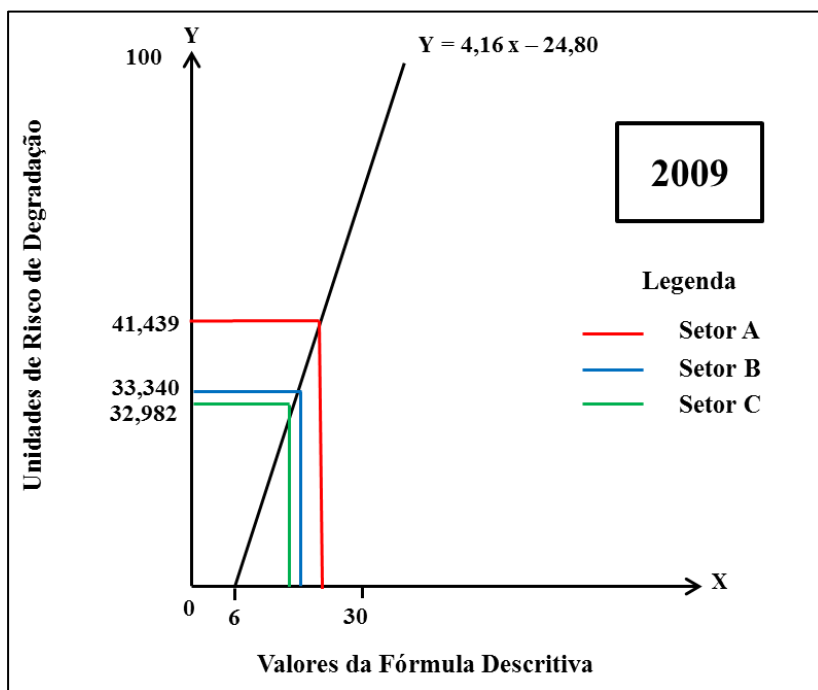
Observa-se que as transformações ocorridas no padrão de cobertura vegetal do médio curso, alteram o resultado do risco de degradação física da área. É importante entender que as diferenças evidenciadas nos resultados das unidades de risco de degradação dos setores da área de estudo, representam o estado físico-conservacionista da cobertura vegetal. Dessa maneira, os gráficos 06 e 07, mostram as unidades de risco de degradação por setores do médio curso nos anos de 1981 e 2009.

**Gráfico 06** – Unidades de risco de degradação física dos setores do médio curso em 1981.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

**Gráfico 07** – Unidades de risco de degradação física dos setores do médio curso em 2009.



Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

Observando os gráficos acima, nota-se que a linha do setor C sofreu uma maior variação em relação aos outros setores da bacia, indicando que este, mesmo com um menor risco que o setor A, deve ser alvo de políticas de planejamento e de gestão ambiental para combater o crescente processo de degradação ambiental.

### 7.3. Resultados Alcançados pelo Diagnóstico Físico-Conservacionista no Médio Curso

A partir dos resultados obtidos dos índices dos parâmetros da fórmula descritiva dos setores, constatou-se que:

- I. O parâmetro índice climático (IC), resultado da relação entre o índice efetivo de umidade ( $I_m$ ) e o número de meses secos, representado no mapa pelo índice de severidade do clima, mostrou que o setor C é o mais vulnerável à adversidade do clima, devido a cerca de 97,13% de sua área apresentar severidade do clima alto. Já no setor A as condições climáticas melhoram de maneira expressiva, pois cerca de 84,67% de sua área apresenta severidade média. No setor B a severidade do clima também se mostra com maior predominância de severidade alta, equivalendo a 53,16% da área.

- II. A erosividade da chuva (R) foi maior nos setores A e B. De modo geral, esse parâmetro foi considerado baixo no médio curso da bacia, estando 42,91% dominada pela erosividade baixa, seguida de 19,65% muito baixa, 19,13% média e 8,30% alta.
- III. A erodibilidade dos solos (K) apresentou-se consideravelmente maior no setor A, cerca de 73,96% de erodibilidade muito alta. Isso se deve ao fato do predomínio de planossolos, que são mais sujeitos aos processos erosivos devido as suas características naturais. Os setores B e C destacam-se por apresentarem maior predominância de erodibilidade baixa, sendo respectivamente os valores de 60,43% e 61,34% em suas áreas.
- IV. A declividade média (DM) é mais acentuada no setor C, pois grande parte do relevo nessa área é formada pelas serras do Missi, Angico, Lolaia e dos serrotes dos Cachorros, Arraia, Tigre e Pelado. Os setores A e B são expressivamente especializados pela depressão sertaneja e pelas planícies fluviais.
- V. A densidade de drenagem (DD) decresce do setor A para o C. Isso ocorre devido à conjunção de características geológicas, pedológicas, hipsométricas que em associação determinam as características da DD nos setores.
- VI. A associação de todos esses parâmetros analisados no Diagnóstico Físico-Conservacionista refletem diretamente na vegetação, sendo um elemento de suma importância para a proteção dos solos. O médio curso do rio de um modo geral, possui a predominância de um ICV moderadamente baixo, com cerca de 42,37% da bacia. O predomínio dessa classe representa condições desfavoráveis para o estado físico-conservacionista dos recursos naturais, particularmente, dos solos que sofrem diretamente com a falta da cobertura vegetal e da intensificação dos processos erosivos. Também, isso deve-se ao reflexo das formas com que vem ocorrendo o processo de uso e ocupação no médio curso.



#### **7.4. Cobertura e Uso do solo no Médio Curso do Rio Aracatiaçu**

A presente análise teve como finalidade fazer um complemento ao diagnóstico físico-conservacionista realizado no médio curso do rio Aracatiaçu. O objetivo foi fornecer informações sobre as condições da cobertura e uso do solo nos anos de 1981 e 2009, o que possibilitará entender melhor as transformações que ocorreram na bacia.

As categorias selecionadas para a referida análise foram: i) vegetação de Caatinga; ii) área urbana; iii) corpos d'água; e iv) solo exposto/uso agropecuário. As imagens Landsat, possuem baixa resolução e detalhamento. Dessa forma elas são usadas para mapeamentos de vegetação, solo exposto, áreas urbanas, identificação de recursos hídricos, tudo que possa ser identificado em pequenas/médias escalas. Porém, para a realização deste estudo as classes elencadas dos tipos de cobertura e uso na bacia, possibilita uma análise efetiva sobre as transformações na cobertura da vegetação. A análise foi feita na área do médio curso entre os anos de 1981 e 2009. A escolha desse intervalo de anos deve-se a restrita disponibilidade de imagens de boa qualidade que apresentassem uma perspectiva espaço-temporal e que abrangesse a área de estudo.

##### **7.4.1. Análise da Cobertura e Uso do Solo no Médio Curso entre os anos de 1981 e 2009**

Em 1981, a cobertura pela vegetação Caatinga no médio curso da bacia era de 52,13%. No ano de 2009 esse percentual reduziu para 36,57%. Essa diminuição ocorreu devido à intensificação das atividades agropastoris e das práticas agrícolas insustentáveis, que utilizam de técnicas rudimentares como a brocagem e as queimadas para o preparo da terra para cultivo, estando associada a essas práticas o extrativismo indiscriminado.

Referindo-se a influência da área urbana na região da bacia, observa-se que em 1981 essa categoria de análise abrangia 0,049% do médio curso, aumentando para 0,67% no ano de 2009. Essa classe não possui relevância quando analisada sob a ótica do processo de degradação da cobertura vegetal e uso do solo no âmbito do médio curso.

Quanto a classificação solo exposto/uso agropecuário, utilizou-se essa classe, pois as áreas com solo exposto na área de estudo aumentam devido as atividades, como a extração de madeira, agricultura e a pecuária, por isso a ênfase. Analisando a espacialização na região do médio curso, constata-se que essa classe no ano de 1981 correspondia a 46,40% da área, ocorrendo uma expansão dessa classe no ano de 2009 para 61,35%, comprovando o que vem sendo dito até aqui, sobre como as práticas agroextrativistas e agropecuárias são forças motrizes no processo de degradação ambiental do médio curso.

O mapa 13 traz a análise da cobertura e uso do solo entre os anos de 1981 e 2009. E as tabelas 33 e 34 constataam as informações mapeadas e verificadas em campo na área do médio curso do rio Aracatiaçu no intervalo de anos analisados.

**Tabela 33** – Cobertura e Uso do Solo por Km<sup>2</sup> dos setores do médio curso em 1981.

Cobertura e Uso do Solo	Ano de 1981		
	Setor A (Km <sup>2</sup> )	Setor B (Km <sup>2</sup> )	Setor C (Km <sup>2</sup> )
Vegetação de Caatinga	164,94	228,61	357,18
Área Urbana	0,42	0,10	0,20
Corpos d'água	2,48	8,26	9,72
Solo Exposto	107,98	279,10	281,14

**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

**Tabela 34** - Cobertura e Uso do Solo por Km<sup>2</sup> dos setores do médio curso em 2009.

Cobertura e Uso do Solo	Ano de 2009		
	Setor A (Km <sup>2</sup> )	Setor B (Km <sup>2</sup> )	Setor C (Km <sup>2</sup> )
Vegetação de Caatinga	93,23	180,62	252,81
Área Urbana	0,55	0,16	0,26
Corpos d'água	5,52	12,39	11,02
Solo Exposto	176,52	322,90	384,15

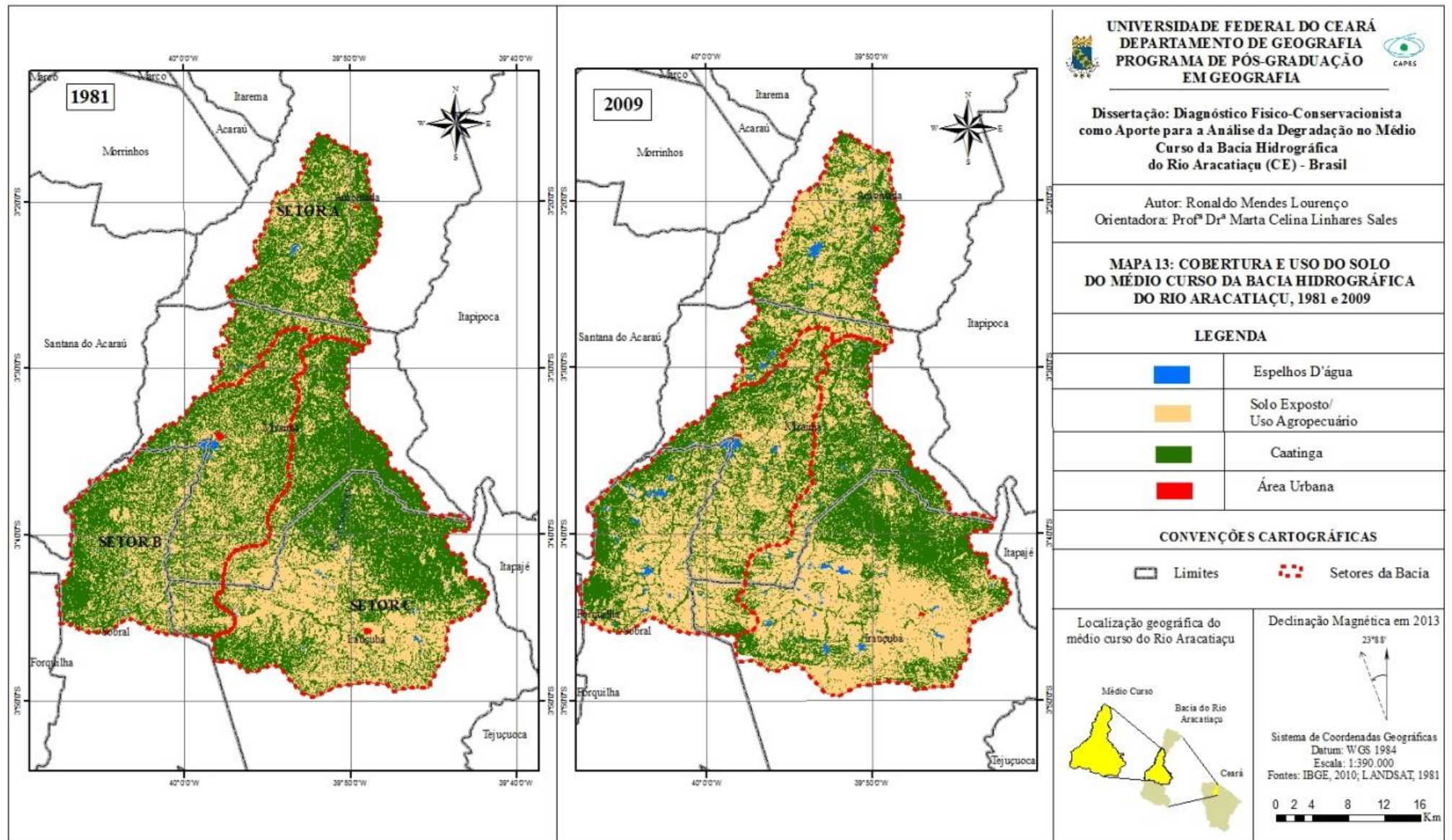
**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013), pesquisa direta.

O resultado da análise da cobertura vegetal e uso do solo nos setores do médio curso comprovam que o setor C sofreu uma maior variação em relação aos outros setores da bacia, indicando que este, mesmo com um menor risco de degradação que o setor A, constata-se que houve uma redução da área com cobertura vegetal. No entanto, com base no NDVI pode-se perceber que o nível de proteção dada pela vegetação na área diminuiu.

As tabelas acima permitem identificar que o Setor A em 1981 apresenta cerca de 59,8% de vegetação Caatinga, ocorrendo uma redução para 33,8% no ano de 2009. A expansão da área urbana nesse setor foi de 0,42% em 1981 para 0,55% em 2009, e a expansão das áreas de solo exposto/uso agropecuário aumentou de 39,15% para 64% nesse setor da bacia, ocorrendo também o aumento significativo dos corpos d'água de 0,9 em 1981 para 2% em 2009. Nesse contexto, explica-se o porquê desse setor apresentar a maior unidade de risco à degradação na bacia, como também esclarece a questão da deterioração dos recursos naturais.

No setor B pode-se observar que a vegetação de Caatinga reduziu de 44,3% em 1981 para 35% no ano de 2009, apresentando também um significativo acréscimo das áreas de solo exposto/uso agropecuário, que em 1981 era de 54,8% passando para 62,57% em 2009 na área de estudo, ocorrendo um aumento significativo de corpos d'água de 8,26% em 1981

**Mapa 13** – Cobertura e Uso do Solo do Médio Curso do Rio Aracatiçu em 1981 e 2009.



para 12,39% em 2009. Verifica-se nesse setor, que as forças motrizes agindo para o aumento significativo de áreas com solo exposto são as práticas agropecuárias aliadas ao agroextrativismo que impulsionam a destruição da mata ciliar, intensificando os processos erosivos dos solos e o assoreamento dos canais fluviais.

No setor C notou-se que ocorreu uma redução da vegetação Caatinga de 55,1% em 1981 para 39% em 2009, como também a expansão de áreas urbanas de 0,20% em 1981 para 0,26% em 2009 e dos corpos d'água de 9,72% para 11,02%. Observa-se também um aumento significativo das áreas de solo exposto/uso agropecuária de 43,37% em 1981 para 59,26% em 2009. Esse setor foi o que apresentou no intervalo de anos aqui considerados a maior variação do risco de degradação física na área de estudo.

### **7.5. Proposta para a gestão ambiental e o planejamento: desafios para a sustentabilidade dos recursos naturais no médio curso**

A implementação de ações que visem o planejamento e a gestão ambiental no médio curso do rio Aracatiaçu, devem está pautadas em diretrizes que motivem uma harmonização das relações entre as atividades humanas e a dinâmica ambiental da área.

Compreende-se que essas ações devem ser pensadas a partir da escala local, representada na figura dos municípios integrantes da bacia, pois se sabe que estes são espaços nos quais a visualização dos problemas ambientais ocorre de modo perceptível, e conforme Carvalho *et al.* (2011) devem representar o primeiro nível de controle das práticas que conduzam a degradação ambiental e a depreciação da qualidade de vida das populações.

Essa visão apresentada fundamenta-se quando analisamos os instrumentos legais que apontam a efetivação da gestão ambiental municipal, no caso cita-se o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) que deixa claro a importância dos municípios na gestão ambiental.

A gestão ambiental pode ser entendida conforme Almeida (2005) pelo processo de articulação das ações de diferentes atores sociais que fazem parte de um determinado espaço, voltado para a garantia e adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais (naturais, econômicos e socioculturais). Compreende-se que a política ambiental, o planejamento ambiental e o gerenciamento ambiental integram a gestão ambiental. Observa-se nesse caso, que o planejamento ambiental consiste na adequação de ações à potencialidade e as limitações e a capacidade de suporte de determinado ambiente, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social (SANTOS, 2004).

A partir desse esclarecimento, apontamos para o processo de gestão do médio curso do rio Aracatiaçu, visando o planejamento e ordenamento das atividades socioeconômicas da região, diretrizes e propostas que possam partir da ação local e regional da sociedade civil e das instituições públicas e privadas para garantir a sustentabilidade dos recursos naturais e o enfrentamento da degradação ambiental. É importante entender que a gestão ambiental deve ser pensada no contexto global da bacia do rio Aracatiaçu, e não apenas no médio curso. O quadro 19 traz as propostas organizadas em: i) Gestão dos Recursos Naturais e Ordenamento das Práticas Socioeconômicas; e ii) Cidadania Socioambiental e Instrumentos de Sustentabilidade.

**Quadro 19** – Propostas para a gestão ambiental e planejamento do Médio Curso do rio Aracatiaçu.

<b>Eixo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Descrição da Ação</b>	<b>Agentes Envolvidos</b>
<b>1. Gestão dos Recursos Naturais e Ordenamento das Práticas Socioeconômicas;</b>	Promover o disciplinamento dos usos e das práticas de exploração dos recursos naturais, com a finalidade de garantir a conservação e a qualidade ambiental.	a) Criação de um conselho local de bacia, que promova reuniões e palestras aos agricultores e a sociedade sobre a convivência sustentável com os recursos naturais.	Secretarias de Meio ambiente ou órgão similar e sociedade civil.
		b) Estimular a diversificação das práticas agrícolas, por meio de técnicas de permacultura e agroflorestais que se mostrem adequadas ao modelo de produção familiar.	Criação de programas de sistemas agroflorestas a serem implantados nas pequenas e médias propriedades rurais pelo poder Municipal aliado ao poder estadual.
		c) Fomentar novas opções agropecuárias (Ovinos, etc.), visando oferecer alternativas para diversificar as pequenas propriedades.	Proposta a ser efetivada pelo governo municipal em parceria com o poder estadual.
		d) Avaliação das principais atividades agropecuárias da bacia, analisando a relação solo-vegetação-animal e o estado de conservação do ambiente em exploração.	Atividade a ser desenvolvida pelas secretarias de meio ambiente municipais em parceria com a EMBRAPA.
		e) Realização de cursos para produtores sobre o manejo e uso do solo, e reflorestamento de áreas degradadas com espécies nativas.	Poder Municipal em parceria com o órgão estadual de meio ambiente.
		f) Incentivos fiscais propriedades rurais que conservarem Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal.	Poder Municipal.
		g) Fomentação de estudos para a criação de unidades e planos de recuperação de áreas degradadas (PRAD) em	Esfera Estadual

		ambientes degradados da bacia;	
<p><b>2. Cidadania Socioambiental e Instrumentos de Sustentabilidade</b></p>	<p>Ação que visa estimular a consolidação de uma cidadania ambiental nas populações da região da bacia e reforçar a importância participativa e comunitária nas tomadas de decisões.</p>	h) Conselhos distritais no âmbito da bacia que visem promover cursos e palestras que reforcem a importância de práticas sustentáveis.	Líderes comunitários, associações de agricultores, pescadores e moradores dos distritos e de sedes municipais, com apoio de secretarias e órgãos municipais.
		i) Desenvolvimento de parcerias estratégicas de monitoramento ambiental e de capacitação com Universidades e ONG's.	Prefeituras dos municípios.
		j) Priorizar a participação das comunidades locais, conselheiros e lideranças em instituições como os Comitês de bacia, conselhos municipais de meio ambiente, etc.	Prefeituras e sociedade civil e Estado.
		l) Educação ambiental contextualizada nas escolas como instrumento de conhecimento das potencialidades e limitações do ambiente semiárido.	Secretarias de educação dos municípios.
		m) Criação de quintais produtivos agroecológicos nas pequenas propriedades rurais, visando garantir a segurança alimentar, renda e necessidades básicas.	Poder Estadual em parceria com a prefeituras.
		n) criação de um banco de dados georreferenciados com informações ambientais e socioeconômicas da área de estudo.	Articulação Prefeituras e universidade;
		o) criação de Unidades de Conservação municipais, na categoria de unidades de proteção integral em setores da bacia nível elevado de deterioração.	Municípios e Estado.

**Fonte:** elaborado por, Ronaldo Mendes Lourenço (2013).

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entende-se que a bacia hidrográfica é uma unidade espacial em que o planejamento e a gestão ambiental pode ser aplicada de modo eficaz. Afirma-se, isso, pois essa unidade integra uma visão sistêmica entre os aspectos físicos e os desequilíbrios causados pelas atividades humanas. Diante disso, a adoção desta unidade nesse estudo associada à metodologia do diagnóstico físico-conservacionista, mostrou-se de suma importância para o entendimento da problemática da degradação ambiental no médio curso do rio Aracatiaçu.

A escolha desse tema para o estudo em questão constitui-se como um exercício de cunho metodológico e intelectual. A perspectiva do estudo partiu da eleição de parâmetros que evidenciaram o potencial de proteção e/ou degradação dos recursos naturais, sendo eles considerados: vegetação, clima, características geológicas, pedológicas e geomorfológicas.

Com a aplicação do DFC, constatou-se que o processo de degradação física nos três setores do médio curso evidenciam resultados negativos de uma expansão das atividades agropecuárias e agroextrativistas indiscriminadas que não respeitam as limitações e a capacidade de suporte dos sistemas ambientais.

O DFC indicou que o setor A do médio curso apresenta a maior fragilidade aos riscos de degradação dos recursos naturais. É evidenciado pela fórmula descritiva final que essa área possuía um índice de degradação física de aproximadamente 41,4% no ano de 2009. Dessa forma, faz-se necessário o desenvolvimento de diretrizes que envolvam os órgãos públicos ambientais e as populações inseridas na bacia para que possam combater o avanço da degradação, por meio de políticas de intervenção, fiscalização e monitoramento dos impactos.

O setor B apresentou cerca de 33,3% de índice de degradação física em 2009, mostrando-se como o setor com o índice intermediário de degradação quando comparado aos setores A e C. Contudo, nota-se que o processo de deterioração ambiental vem também crescendo ao longo do intervalo de 1981 a 2009 nesse setor.

Por fim, o setor C foi o considerado na escala analisada como o menor índice de degradação física, cerca de 32,9%, porém, é o setor que apresentou a maior variação no aumento do processo de degradação física da área entre os anos de 1981 e 2009, merecendo ser alvo de políticas conservacionista para que a deterioração ambiental não continue a se expandir por esse setor.

Baseando-se na análise socioeconômica realizada no município de Miraíma, compreende-se o fato das perdas produtivas ocorridas, observando que esse prejuízo pode está

relacionado, além da questão climática, com a redução da capacidade de suporte dos sistemas ambientais e de produtividade dos solos, devido à expansão das áreas de uso agropecuário associadas à redução da cobertura do solo pela vegetação, fazendo com que se intensifiquem os problemas erosivos. Contudo, fazem-se necessários estudos mais detalhados para a compreensão dessa questão.

Dessa forma, os desequilíbrios causados no médio curso do rio Aracatiaçu têm sido atribuídos ao crescimento do desmatamento, à destruição da vegetação ciliar, à deterioração dos cursos d'água pelo manejo inadequado das terras agrícolas, provocando o assoreamento dos canais dos rios. Aliado a isso, está à perda da cobertura vegetal e a franca expansão de áreas com solos expostos aumentando a quantidade e a velocidade do escoamento superficial. Salienta-se, portanto, que a deterioração dos recursos naturais, principalmente, do solo e da vegetação, vem crescendo assustadoramente, atingindo níveis críticos que se refletem na degradação dos setores da bacia. A figura 30 evidencia o avanço da supressão da cobertura vegetal no setor C.

**Figura 27** – Avanço do desmatamento no setor C do médio curso da bacia.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2013).

Importante ressaltar, que a metodologia do DFC possibilitou a realização de um levantamento sobre as potencialidades e limitações, quanto ao uso e manejo dos recursos naturais da área, proporcionando a partir do estabelecimento do índice de degradação física um melhor entendimento sobre o estado físico-conservacionista da área de estudo. Ressalta-se a necessidade de ações que visem à mitigação e combate aos processos de deterioração ambiental, sendo este efetivado a partir da junção das comunidades inseridas no contexto da bacia com o poder público e as universidades.



Cabe salientar, que os resultados do DFC devem ser associados a outros diagnósticos específicos, como: o diagnóstico socioeconômico, de qualidade da água, da análise das características da fauna, entre outros, possibilitando a determinação das variáveis socioambientais e naturais que motivam a degradação da bacia hidrográfica, resultado no diagnóstico integral.

Assim, o diagnóstico físico-conservacionista do médio curso do rio Aracatiaçu mostrou-se como um importante instrumento na avaliação do estado de degradação ambiental dos recursos naturais.

Conclui-se, portanto, que vivenciar essa realidade do semiárido cearense e os cenários que se apresentam sejam esses sociais, econômicos e ambientais, nos remete a refletir sobre a relevância que esta região assumi no contexto nacional, regional e local, mas também nos leva a (re)pensar sobre as crises que consomem e materializam-se sobre esse espaço, sendo o espaço afirmado de características unificadas e múltiplas.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. R. *et al.* **Política e Planejamento Ambiental**. Ed. Thex: Rio de Janeiro, 2005.
- AMORA, Z. B.; COSTA, M. C. L. Olhando o Mar do Sertão: a lógica das cidades médias no Ceará. In: SPÓSITO, Maria Encarnação Beltrão (Org.). **Cidades Médias: espaços em transição**. 1º ed. São Paulo: Expressão Popular, 2007. 632p.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Plano nacional de recursos hídricos: prioridades 2012 - 2015**. 2011.
- ANDRADE, E. *et al.* **Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta para o uso adequado do capital natural**. In: ANDRADE, E. *et al.* (Org.). Fortaleza: 2010.
- ANHALT, Jörgdieter. Tecnologias para o desenvolvimento sustentável do semiárido. In: KÜSTER, Angela *et al.* (Orgs.). **Tecnologias apropriadas para terras secas: manejo sustentável de recursos naturais em regiões semiáridas no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, GTZ, 2006. P. 83-102.
- ARAÚJO, G. H. de S; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2010.
- ARAÚJO JÚNIOR, A. A. *et al.*. Diagnóstico físico conservacionista de 10 microbacias do rio Capivara – Botucatu (SP), visando o uso racional do solo. **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 2, 2002.
- ATTANASIO, C.M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. 2004. 193p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- AWASTHI ,K. D. *et al.* Land-use change in two nepalese watersheds: gis and geomorphometric analysis. **Land degrad. Develop.** 2002. P. 495–513.
- BARACUHY, José G. de. *et al.* Deterioração físicoconservacionista da micro-bacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. Campina Grande, PB: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 7, n.1, p.159-164, 2003.
- BAROUDY, A.A. El. Monitoring land degradation using remote sensing and GIS techniques in an area of the middle Nile Delta, Egypt. **Catena**, 2011
- BARRELLA, W. *et al.* 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**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BARROS, S. H. A.. **Estudo dos solos da região metropolitana de Fortaleza para aplicação na Engenharia Rodoviária**. Tese de Mestrado. Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, São Paulo. 2005.

BARROW, C. J. **River Basin Development Planning and Management**. A Critical Review. *World Development*: 1 (26): 171-186, 1998.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BERTALANFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1977, 351p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. In: **Caderno de Ciências da Terra**, v.13, p. 1-21. São Paulo, 1969.

BERTOL, I.. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981 – 2009. **Pesq. Agropec. Bras, Brasília**, v. 29, n. 9, p. 1453 – 1458, set, 1994.

BLACK, P.E. **Watershed hidrology**. New York, 1996.

BRAGA, A. de P. G. *et al.*. **Projeto Fortaleza. Relatório Final**. Recife – Pernambuco. DNPM/CPRM, 1981. 339 p.

BORSATO, F.H.; MARTONI, A. M (2004). Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum, Human and social Sciences**. Maringá, v. 26, n. 2, p. 273-285.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira. (Orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

Caderno Regional da Bacia do Litoral (Pacto das Águas) - ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO CEARÁ: CONSELHO DE ALTOS ESTUDOS E ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2009.

CHAVARE, S.. **Morphometric Analysis using GIS Techniques**: a case study of Valheri River basin, tributary of Tapi River in Nandurbar District (M.S.). 2011.

CARVALHO, Gleuba Maria Borges de Souza. **Geotecnologias Aplicadas na Análise da Vulnerabilidade à Erosão. Bacias dos Rios Aracatiaçu e Aracatimirim (CE)**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2000.

CARVALHO, S. M.. **O Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC como subsídio à gestão ambiental da bacia do rio Quebra-Perna, Ponta Grossa – PR**. Tese. Programa de Pós Graduação em Geografia, UNESP – Universidade Estadual Paulista, 2004.

CARVALHO, A. M. R.; LEE, F.; AGUIAR, M. A. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Anhangüera**, Goiânia, v. 6 n. 1, p. 57-74, 2005. Disponível em: <<http://www.ananguera.edu.br/home/>>. Acesso em 11 de dezembro de 2012.

CAVALCANTE, A. M. B.. Paisagens insulares no semiárido do estado do Ceará. **Revista de Geografia** (UFPE) V. 29, No. 3, 2012

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. **VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino Americano Ibérico de Meteorologia**. Anais v.1, Belo Horizonte, 1994. p. 154-157.

CEARÁ, Governo do Estado. Secretaria dos Recursos Hídricos. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Plano de Gerenciamento das Águas do Litoral – Fase 1 – Estudos básicos e diagnóstico**. 2010.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE**. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricas, 2010. 372p.

CECÍLIO, R.A.; REIS, E.F. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

CEDEPLAR & FIOCRUZ. 2008. **Migrações, mudanças climáticas, saúde segurança Pública: cenários para o Nordeste brasileiro, 2000-2050**. Relatório de Pesquisa, Belo Horizonte, CEDEPLAR/FIOCRUZ, Março de 2008, 775 p.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a systems approach**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: HUCITEC, 1979.

\_\_\_\_\_. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CHUQUIPIONDO, I. G. V.. **Avaliação da estimativa do potencial de erodibilidade de solos nas margens de cursos de água: estudo de caso trecho de vazão reduzida Capim Branco I - Araguari - Minas Gerais**. Mestrado (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

CLAUDINO-SALES, V.. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica. **Geosp - Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 16, p. 125-145, 2004.

COELHO NETO, A. L. (1994). **Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia**. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (1994). Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro, Bertrand.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Bacia Hidrográfica do Litoral – Histórico**. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/eixos-de-atuacao/gestao->

participativa/comites-de-bacias/comite-da-bacia-hidrografica-do-litoral/historico/. Acesso em 10 de janeiro de 2013.

CONTI, José Bueno. O conceito de Desertificação. **CLIMEP**, Rio Claro, v. 3, n. 2, julho/dezembro, p. 39-52, 2008.

CORRECHEL, V.. **Avaliação de índices de erodibilidade dos solo através da técnica da análise da redistribuição do “Fallout” do <sup>137</sup> Cs**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências, Piracicaba, 2003.

CRISPIM, A. B.. **Sistemas ambientais e vulnerabilidades ao uso da terra no vale do rio Pacoti - Ce: subsídios ao Ordenamento territorial**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

CRUZ,R.S.. **Evaluación de la Erosión Hídrica en la cuenca del Rio Ñirihuau**. Universidad Nacional del Comahue Universidad de Poitiers. 2003.

CUNHA, C. M. L. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária**. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 1997.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. R.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

DANTAS, Eustógio Wanderley Correia . Da Fortaleza à Região Metropolitana. In: COSTA, M. C. L.; DANTAS, E. W. C.. (Org.). **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza**. 1ed.Fortaleza: Edições UFC, 2009, v. 1, p. 25-54.

DIAS, R. L. F. **Intervenções públicas e degradação ambiental no semiárido cearense (O caso de Irauçuba)**. Dissertação de Mestrado, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Fortaleza, 1998.

DUNNE, T., LEOPOLD, L.B.. **Water in environmental planning**. New York. W. H. Freeman and Company. 1978. 818 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

FARIAS, J. F. **Zoneamento geocológico como subsídio para o planejamento ambiental no âmbito municipal**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

FAUSTINO, J.; JIMÉNEZ, F. **Experiencias internacionales de los organismos de cuencas: programas focuencas II**, Turrialba - Costa Rica: CATIE, 2005. p. 76.

FERNANDES, A. **Temas Fitogeográficos**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. 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**. V. 1. Nº. 1, 2005.

FERRETTI, Eliane Regina. Diagnóstico **Físico-Conservacionista – DFC da bacia do Rio Marrecas – Sudoeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação e, Geologia, UFPR, 1998.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC: instrumento para o plano de bacias hidrográficas – uma aplicação na bacia do rio Tagaçaba – Município de Guaraqueçaba – PR**. Tese (Doutorado em Geografia) Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

FIGUEIREDO, João B. A. **Educação Ambiental Dialógica: as contribuições de Paulo Freire e a cultura sertaneja nordestina**. Fortaleza: Edições UFC, 2007. 395p.

\_\_\_\_\_. **Educação ambiental dialógica e representações sociais da água em cultura sertaneja nordestina: uma contribuição à consciência ambiental em Irauçuba – CE (Brasil)**. 2003. 347p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2003.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. et. al.. Monitoramento comunitário da água: uma ferramenta para a gestão participativa dos recursos hídricos do semiárido. **REGA** – Vol. 5, no. 1, p. 51-60, jan./jun. 2008.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Sistemas atmosféricos atuantes no Ceará**. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/saiba-mais/sistemas-atmosfericos-atuantes-sobre-o-nordeste>. Acesso em: 05 de janeiro de 2013.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. São Paulo. Editora Edgard Blüncher LTDA, 1988.

GARCEZ, L. N. **Hidrologia**. São Paulo, Edusp:Edgar Blucher, 1967.

GASQUES, José Garcia *et al.* Nordeste do Brasil: diagnóstico, cenários e projeções para os anos de 2000 e 2020. In: GOMES, Gustavo Maia et al. (Orgs.). **Desenvolvimento Sustentável no Nordeste**. Brasília: IPEA, 1995. Cap. 12, p. 61-118.

GERASIMOV, J. **Problemas metodológicos de la ecologizacion de la ciência contemporânea**. La sociedad y el medio natural. Editorial Progreso: Moscou, 1980

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. **Geomorfologia** – uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1995.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. 1996. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: B. Brasil. p. 337-339.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T & CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2001. p.149-209.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T.; **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GNADLINGER, Johann. Tecnologias de Captação e Manejo de Água de Chuva em Regiões Semiáridas. In: KÜSTER, Angela *et al.* (Orgs.). **Tecnologias apropriadas para terras secas: manejo sustentável de recursos naturais em regiões semiáridas no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, GTZ, 2006. p. 103-122.

GEBREHIWOT, S. G., U. Ilstedt, A. I. Gärdenas, e K. Bishop. Hydrological characterization of watersheds in the Blue Nile Basin, Ethiopia. **Hydrology and Earth System Sciences**, 2011.

HAIGH, M. J. Geography and general systems theory. Philosophical homologies and current practice. **Geoforum**, 16 (2): 191-203, 1985.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geol. Soc. America Bulletin 56 (3), 1945. p. 274-370.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em 8 de novembro de 2012.

\_\_\_\_\_. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2012.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal de Miraima**. Governo do Estado do Ceará. Secretaria do Planejamento e Coordenação, 2010.

\_\_\_\_\_. **Perfil Básico Municipal de Miraima**. Governo do Estado do Ceará. Secretaria do Planejamento e Coordenação, 2012.

IBGE. **Censo Demográfico 2000**. V. 1. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

IBGE. **Censo Educacional 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. **Produção agrícola municipal 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE. **Pecuária 2011**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 3 de fevereiro de 2013.

IBGE. **Lavoura Temporária e Lavoura Permanente 2011**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 3 de fevereiro de 2013.

JACOMINE, P. K. T. *et al.* **Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará**. Recife: DPP/DNPEA/DRN/SUDENE. 1973. Volume I. (Boletim de Pesquisa n.28).

JENKINS *et al.*. Hidrology. In: MOLDAN, B. CERNY, cords. **Journal Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research.** (Scope 51). Chechester. John Wiley & Sons, 1994, p. 31-34.

JODELET, Denise. Representações sociais: um domínio em expansão. In: JODELET, Denise (Org.). **As representações sociais.** Rio de Janeiro: EdUERJ, 2001. p. 17-44.

JURCA, J.. **Classificações Climáticas:** variações temporo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídio ao zoneamento agroclimático. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2005.

KLEINPAUL, J. J.. **Análise multitemporal da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

LAL, R.. **Soil erosion:** research methods. 2ª ed. Ohio: Ohio State of University Columbus. 1994, 340 p.

LANNA, A. E. L.. **Gerenciamento de bacia hidrográfica:** aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 1995.

LEAL, A. C.. **Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca – campinas/SP.** Dissertação de Mestrado, UNESP/IGCE, Rio Claro, 1995.

LEITE, F. R. B. GOMES, E. C. B. BRAGA, E. L. LEITE, F. de A. B. BARRETO, M. M. S. MOTA, F. O. B. ROMERO, R. E. **Solos do Ceará: atualização taxonômica. Parte I – Latossolos e Podzólicos.** In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Gramado-RS. Anais... Gramado, 2007.

LEITE, F. de A. B. LEITE, F. R. B. GOMES, E. C. B. BRAGA, E. L. BARRETO, M. M. S. MOTA, F. O. B. ROMERO, R. E. **Solos do Estado do Ceará: atualização taxonômica. Parte II - Terra Roxa Estruturada Similar, Brunizem Avermelhado, Bruno Não Cálcico, Planossolo, Cambissolo, Vertissolo, Solonetz Solodizado, Solonchak Solonéztico, Laterita Hidromórfica, Solo Aluvial, Solo Litólico, Regossolo, Areia Quartzosa.** In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Gramado-RS. Anais... Gramado, 2007.

LEPSH, I. F.; BELLINAZZI JR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** 4ª aproximação. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1991.

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.

LIMA, W. de P. **Princípios de hidrologia vegetal para o manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1986. p.242, Apostila.



LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas Ciliares**. Conservação e recuperação. 2ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1986. 242p.

LIMA, E. C.. **Análise e manejo geoambiental das nascentes do alto rio Acaraú: Serra das Matas – Ceará**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.

LIMA, F. B.; SANTOS, G. O. **Balanco hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo**. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). In: **Bragantia**. Campinas, v. 51, n. 2, 1992, p. 189 – 196.

LOURENÇO, Ronaldo Mendes. **Caracterização geoambiental e análise sobre o processo de degradação de um trecho do médio curso do rio Aracatiaçu-Miraíma /Ceará**. In: Encontro Nacional dos Geógrafos, 16., 2010, Porto Alegre. Anais ISBN: 978-85-99907-02-3. São Paulo: AGB, 2010. P. 1-11.

MACHADO, R. E.. **Simulação de Escoamento e Produção de Sedimentos em Uma Microbacia Hidrográfica Utilizando Técnicas de Modelagem e Geoprocessamento**. Tese de Doutorado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002, 126p.

MACHADO, W. S. **Avaliação comparativa do processo de ocupação e degradação das terras das microbacias hidrográficas dos Ribeirões Três Bocas e Apertados do Norte do Paraná**. (Dissertação de Mestrado). UEL, Londrina, 2005.

MAGALHAES, G. B. ; SILVA, E. V. ; ZANELLA, M. E. . Análise Geossistêmica: caminho para um entendimento holístico. **GeoPuc** (Rio de Janeiro), v. 5, p. 1-17, 2010.

MAJOR, J. A. **Cunfctional, fractional approach to plant ecology**. Ecology, 1951.

MAMEDE, M. A. **Efeito do manejo agrícola tradicional sobre o banco de sementes do solo em uma área de caatinga, município de Sobral, CE**. Dissertação (Mestrado), UFC, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Fortaleza, 2003.

MEIRELES, Antonio J. de A.. As unidades morfo-estruturais do Ceará. In: SILVA, José Borzacchielloda. *et al.* (Orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 211-229.

MELO, Ewerton Torres. A Microbacia Hidrográfica como unidade de planejamento ambiental: uma proposta para o semiárido do Brasil. In: SAMPAIO, Levi Furtado *et al.* (Orgs.). **Diálogos sobre Sociedade, Natureza e Desenvolvimento**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. p. 133-144.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico Físico-Conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho dos Cavalos – Crateús – CE.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Fortaleza, 2008.

MENDONÇA, F. A. Geografia Socioambiental. **Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n.16, p. 113-132, 2001.

MENDONÇA, F. A. ; SANTOS, L. J. C.. **Gestão das águas e dos recursos hídricos no Brasil: Avanços e desafios a partir das bacias hidrográficas** - Uma abordagem geográfica. Geografia (Rio Claro), Rio Claro, v. 31, p. 103-117, 2006.

MENDONÇA, F. A.. **Ciência, Natureza e Sociedade:** interações e desafios. in: COSTA DE MENEZES, A. V.; SIQUEIRA PINTO, J. E. S.. (Org.). Geografia 2001. Aracaju: NPGEO/UFS, 2000, v. 1, p. 65-72.

MENDONÇA, J. C. SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Conjunto de normas legais:** recursos hídricos. 7. ed. – Brasília: MMA, 2011. 640 p

MONTEIRO, C. A. F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas agrárias e urbanas ao problema da elaboração de modelos de avaliação. **Ra'e Ga - O Espaço Geográfico em Análise**. Vol. 5. 2001.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Geografia:** pequena história crítica. 21. ed. São Paulo: Annablume, 2007. 130 p.

MORAIS, F.; ALMEIDA, L. M.. Geomorfologia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jaú, Palmas, estado do Tocantins. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 331-351, jul./dec. 2010

MORAGAS, W. M. **Análise do sistema ambiental do alto rio Claro - Sudoeste de Goiás:** Contribuição ao planejamento e gestão. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

MOTA, S.. **Planejamento urbano e preservação ambiental.** Fortaleza: Edições UFC, 1981.

MOURA, M.O. **O Clima de Fortaleza sob o Nível do Campo Térmico.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFC, 2008. p. 319

NASCIMENTO, F. R do *et al.* Enfoque Geoambiental para o Tratamento da Degradação/Desertificação no Município de Sobral – Nordeste do Brasil/Ceará. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v.1, n.2, p.49-70, 2007.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G.. Bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento. Publicado na revista eletrônica da **Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, n. 7, maio de 2008.

NIMER, Edmon. **Desertificação: Realidade ou Mito?**. Núcleo de Apoio à Pesquisa Acadêmica, UFPE, 1986.

NOLÊTO, T. M. S. J. **Suscetibilidade geoambiental das terras secas da microrregião de Sobral – CE à desertificação**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher, 1992. 308p.

OLIVEIRA, Paulo de Salles. **Metodologia das Ciências Humanas**. 2ª ed. São Paulo: Hucitec/UNESP, 2001.

Oliveira, R. B. & Godoy, S.A.P. 2007. **Composição Florística dos afloramentos rochosos do Morro do Forno, Altinópolis**. São Paulo: Biota Neotropica 7 (2): 1 – 11.

OLIVEIRA, V. P. V. de. A problemática da degradação dos recursos naturais no domínio dos sertões secos do estado do Ceará-Brasil. In: SILVA, José Borzacchielloda. Et al. (Orgs.). **Litoral e Sertão, natureza sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p. 209-222.

OLIVEIRA, Zacharias Bezerra de. Degradação no semiárido, políticas públicas, literatura e mídia. In: SAMPAIO, Levi Furtado et. al. (Orgs.). **Diálogos sobre Sociedade, Natureza e Desenvolvimento**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. p. 77–98.

PAN. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil**. 2004.

PACHÊCO, A. P. *et al.*. A Transdisciplinaridade da Desertificação. **Geografia**, v. 15, n. 1, jan./jun. 2006.

PESSOA, Carla Daniele de Sales. Perda de biodiversidade e processo de desertificação no semiárido brasileiro, O caso de Irauçuba-CE. In: SAMPAIO, Levi Furtado et. al. (Orgs.). **Diálogos sobre Sociedade, Natureza e Desenvolvimento**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. p. 99-112.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas** - Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PINHEIRO, L. A. F. V. **Sensoriamento Remoto**. disponível em: <http://pt.shvoong.com/exactsciences/earthsciences/1100035-sensoriamento-remoto/>. Shvoong. Publicado maio de 2007.

PINHEIRO, R. A. B.. **Análise do processo de degradação/desertificação na bacia do riacho feiticeiro, com base no DFC, município de Jaguaribe/Ceará**. Dissertação (Mestrado

em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Fortaleza, 2011.

PINTO, Maria Assunção Oliveira. **Visão Analítica do Serviço Social na Zona Rural**. 1982. 32 f. Monografia (Graduação em Serviço Social) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 1982.

POLETTE *et al.* Gerenciamento costeiro integrado e gerenciamento de recursos hídricos: como compatibilizar tal desafios. In: MUNOZ, Hector Raúl (Org.). **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L.. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**. 22 (63), 2008

QUEIROZ, P. H. B.. **Planejamento ambiental aplicado a um setor do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti – CE**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, 2010.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. p. 71-136.

ROCHA, Jorge. Detecção Remora e Sistemas de Informação Geográfica para produção de cartografia de Uso e Ocupação do Solo. **Finisterra**, 2005.

ROCHA, A. B. **Aplicação do Diagnóstico Físico-Conservacionista- DFC na microbacia do município de Luis Gomes – RN**. Monografia (Especialização em Geografia do Nordeste – Desenvolvimento Regional e Gestão do Território), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2008.

RODRIGUES, Cleide.; ADAMI, Samuel. **Técnicas Fundamentais para o Estudo de Bacias Hidrográficas**. In: VENTURI, Luis antonio Bittar (Org.). *Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório em Geografia e análise ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

RODRIGUES, Valdemar. *et al.* Avaliação do Quadro da Desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnóstico e Perspectivas. In: GOMES, Gustavo Maia *et al.* (Orgs.). **Desenvolvimento Sustentável no Nordeste**. Brasília: IPEA, 1995. Cap. 12, p. 263-302.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da.; CAVALCANTI, A. P. B.. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2. Ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da.; LEAL, A. C. Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas. In: SILVA, Edson Vicente da. *et al.* (Orgs.). **Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas (Tomo 1)** – planejamento e gestão de bacias hidrográficas. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

RODRÍGUEZ, José M. M.. **La cuestión ambiental desde una visión sistémica**. In: MEMORIAS DEL II SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE PENSAMIENTO AMBIENTAL Y DEL II ENCUENTRO LATINOAMERICANO SOBRE FILOSOFÍA Y MEDIO AMBIENTE, 9 a 11 de novembro de 2005, Manizales, Caldas, Colombia, 2005.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente da. **Educação Ambiental e Desenvolvimento sustentável: problemática, tendências e desafios**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

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.

ROMKENS, M. J. M; PRASAD, S. N.; POESEN, J. W. Soil erodibility properties. **Anais of the VIII Congress of the ISSS**. Hamburg, 1987. p. 492-503.

ROMKENS, M. J.M.; YOUNG, R.A.; POESEN, J.W. A; McCOOL, D.C.; EL-SWAIFY, S.A.; BRADFORD, J.M. Soil Erodibility Factor (K). In: RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A; McCOOL, D. K.; YODER, D.C. (Coordinators), **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation, Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington: USDA/ARS, Agriculture Handbook nº 703, 1997. p 65 – 100.

ROSA, R.. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**. 2005. p. 81-90.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. In: Revista do Departamento de Geografia; n. 8, p. 63 – 74. São Paulo, USP, 1994.

\_\_\_\_\_. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

RUHOFF, A. L.. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas**. Dissertação (Mestrado em Geomática). Programa de Pós-Graduação em Geomática, Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

SALES, Marta Celina Linhares. Evolução dos Estudos de Desertificação no Nordeste Brasileiro. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 11, pp.115-126, 2002.

SALES, M. C. L. **Estudos climáticos, morfo-pedológicos e fito-ecológicos no núcleo de desertificação de Irauçuba – Ceará**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SALOMANI, G. E GERARDI, L. H. Princípios sobre ecodesenvolvimento e Agricultura familiar. In: GERARDI, L. H. O.; MENDES, I. A. **Teoria, técnica, espaço e atividades: temas de geografia contemporânea**. Rio Claro: Unesp, Ageteo, 2001.

SAMPAIO, J. L. F.. As águas, a seca e o estado. In: SILVA, José Borzacchiello da. *et al.* (Orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 211-229.

SANTOS, Jader de O.; SOUZA, M. J. N. Impactos ambientais e riscos de ocupação na bacia hidrográfica do rio Cocó-Ceará. In: SILVA, Edson Vicente da. *et al.* (Orgs.). **Planejamento**

**Ambiental e Bacias Hidrográficas (Tomo 1)** – planejamento e gestão de bacias hidrográficas. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento Ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, G. M. et al.. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, Noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.4, n°. 3, p.142–149, 2010

SEABRA, Giovani. **Educação Ambiental**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. **Gestão Ambiental**: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental. São Paulo: Atlas, 2010.

SENA, Custódia Selma. A categoria sertão: um exercício de imaginação antropológica. **Sociedade e Cultura**, v.1, p. 19-28, jan/jul. 1998.

SHIRAZI, M. A. BOERSMA, L.A. **A unifying quantitative analyses of soil texture**. **Soil Science Society of America Proceedings**, Las Vegas, 48 (1): 1984, p. 142-147.

SILVA, A. M. **Erosão e Hidrossedimentologia**. São Carlos: RiMa, 2003.

SILVA, E. V. ; RODRIGUEZ J. M.; GORAYEB, Adryane. **Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas**: Estudo de Casos. 1. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2011. v. 1. 152p .

SILVA, E. V. da.; PEREIRA, R. C. M.. Problemas Ambientais e Unidades de Conservação no Ceará. In: SILVA, José Borzacchielloda. *et al.* (Orgs.). **Ceará**: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 211-229.

SILVA, H. D. B.. **Estudo do Índice de Vegetação no Município de Floresta - PE, utilizando técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. Universidade Federal de Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife-PE, 2009.

SILVEIRA, A. L. L da. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In: TUCCI, C. E. m. (Org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª Ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade (UFRGS)/Edusp/ABRH. P.35-52, 1993.

SILVEIRA, A. L. L da.; LOUZADA, J. A.; BELTRAME, L. F. Infiltração e armazenamento no solo. In: TUCCI, C. E. m. (Org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª Ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade (UFRGS)/Edusp/ABRH. P.335-372, 1997.

SOARES, A. M. L.. *et al.*. Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Ceará. In: GOMES, Gustavo Maia et al. (Orgs.). **Desenvolvimento Sustentável no Nordeste**. Brasília: IPEA, 1995. Cap. 12, p. 263-302.

SOTCHAVA, V.B. **O Estudo dos Geossistemas**. São Paulo: USP, 48p. (Traduzido da versão inglesa *The Study of Geosystems*) 1977.

SOUZA, L.B. ; ZANELLA, M. E.. **Percepção de riscos ambientais: teoria e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: EDUFC, 2010. v. 1. 237p .

SOUZA, M. J. N. Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará. In: SILVA, José Borzacchielloda. *et al.* (Orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 211-229.

\_\_\_\_\_. Panorama da degradação ambiental, desertificação e entraves ao desenvolvimento sustentável do Ceará. In: PINHEIRO, Daniel R. de C. (Org.). **Desenvolvimento Sustentável: desafios e discussões**. Fortaleza: ABC Editora, 2006, p.33-55.

SOUZA, M. J. N. *et al.*. **Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará**. Fortaleza: FUNCEME, 2009.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, LC.; SOUZA, M. J. N.; MORAES, J. O.. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000, 268 p.

STHALLER, A. N. **Systems theory and physical geography**. Physical Geography, 1 (1): 1-27, 1980.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Desertificação: Recuperação e Desenvolvimento Sustentável. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 7ª Ed, 2009, p.249-289.

TONELLO, K. C.. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, 2005.

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. Centerton, New Jersey, v. VIII, p.1, 1955. 84p.

THORNTHWAITE, C. W. **An approach toward a rational classification of climate**. The Geographical Review, XXXVII, New York, 1948. p. 55-94.

\_\_\_\_\_. **Instructions and tables for Computing Potencial Evapotranspiration and the Water Balance**. Publications in Climatology, Centerton, New Jersey, v. X, n. 3, 1957.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI - Enfrentando a Escassez**. São Carlos: Rima, IIE, 2ª ed. 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH/EDUSP, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. 1993. p. 182-193.

UNEP - United Nations Environmental Program. **Status of desertification and implementation of the United nations plan of action to combat desertification**. Nairóbi, UNEP, 1991.

VALLE-JÚNIOR, R. F.. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do Rio Uberaba**. Tese (Doutorado em Agronomia), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

VAREJÃO -SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. 2. ed. Brasília, DF: INMET, 2001. 532p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill, 1975. 245p.

VITTE, A. C.; MELLO, J. P.. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas Consequências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. **Climatologia e Estudos da Paisagem** . Rio Claro - Vol.2 - n.2 - julho/dezembro/2007, p. 107

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. Geoprocessamento e análise ambiental. Rio de Janeiro, **Revista Brasileira de Geografia**, no. 54, jul/set 1992. p. 47-61.

ZANELLA, M. E.; COSTA, M. C. L. ; PANIZZA, A. ; ROSA, S. V. . Vulnerabilidade socioambiental de Fortaleza. In: DANTAS, E.W.; COSTA, MC.L.. (Org.). **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2009, v. 01, p. 191-215.

ZAKRZEWSKI, Sônia Balvede. Por uma educação ambiental crítica e emancipatória no meio rural. JACOBI, Pedro. Educação e Meio Ambiente – transformando as práticas. **Revista brasileira de Educação Ambiental**, Brasília, n. 0, p. 63-70, nov. 2004.

WANDERLEY, Maria de Nazareth Baudel. **Raízes Históricas do Campesinato Brasileiro**. In: Encontro Anual da APOCS, 20, 1996. Caxambu, 1996. p. 1-21.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D.. Predicting rainfall erosion losses. **Agricultural Handbook**, nº 537, Soil Conservation Service. Department of Agriculture, United States. 1978.