



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**

**MARÍLIA DE FÁTIMA BARROS DAMASCENO**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ (CE)  
ATRAVÉS DE UM ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO FÍSICO-NATURAL**

**FORTALEZA - CEARÁ**

**2016**

MARÍLIA DE FÁTIMA BARROS DAMASCENO

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ (CE)  
ATRAVÉS DE UM ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO FÍSICO-NATURAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia. Área de concentração: Estrutura e Dinâmica das Paisagens Semiáridas e Litorâneas.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lucia Maria Silveira Mendes.

FORTALEZA - CEARÁ

2016

MARÍLIA DE FÁTIMA BARROS DAMASCENO

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ (CE)  
ATRAVÉS DE UM ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO FÍSICO-NATURAL

Dissertação apresentada ao curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Estrutura e Dinâmica das Paisagens Semiáridas e Litorâneas.

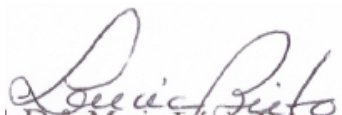
Aprovada em: 14 de março de 2016.

BANCA EXAMINADORA



---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lucia Maria Silveira Mendes (Orientadora)  
Universidade Estadual do Ceará – UECE



---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Lucia Brito  
Universidade Estadual do Ceará - UECE



---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Celina Linhares Sales  
Universidade Federal do Ceará – UFC

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Sistema de Bibliotecas

Damasceno, Marília de Fátima Barros.

Diagnóstico ambiental da sub-bacia do rio Caxitoré (CE) através de um índice de deterioração físico-natural [recurso eletrônico] / Marília de Fátima Barros Damasceno. - 2016.

1 CD-ROM: il.; 4 ¼ pol.

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico com 165 folhas, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm).

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2016.

Área de concentração: Estrutura e dinâmica das paisagens semiáridas e litorâneas.

Orientação: Prof.ª Dra. Lucia Maria Silveira Mendes.

1. Bacia hidrográfica. 2. Degradação ambiental. 3. Caxitoré. 4. Uso e ocupação do solo. I. Título.

Aos meus pais, Aurineide Barros Lemos (mãe) e Marcos Antônio Damasceno (pai), que sempre me apoiaram.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, razão de tudo.

A minha família que me apoiou durante todo o caminho acadêmico percorrido.

Aos professores Ernane Cortez, Edson Vicente da Silva e Marta Celina pelo contato e apoio durante pesquisas, produção de artigos e conversas.

A minha orientadora Lucia Mendes pela orientação e disponibilidade de acompanhamento durante todo o mestrado.

Às professoras da banca de qualificação e defesa da dissertação Lucia Brito e Marta Celina pelas significantes contribuições para a pesquisa.

Aos amigos da graduação da UFC Sullivan Dantas, Luís Ricardo e Lucas Lopes que tive apoio durante a graduação e no mestrado e pelos momentos de vivência fora da universidade.

Às amigas do programa de pós-graduação em Geografia da UECE Denise Silva, Cleonice da Costa e Regiane Costa pela amizade, convivência e momentos de estudos.

Aos colegas do laboratório LABGEO Ramona, Eric e Níveo pela contribuição na pesquisa.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pela concessão de bolsa de estudo.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a efetivação desta dissertação, meus sinceros agradecimentos.

“Os passos de um homem bom são confirmados pelo SENHOR e deleita-se no seu caminho.”

(Salmos 37:23)

## RESUMO

A sub-bacia do Rio Caxitoré - CE está localizada no centro-norte do Ceará, e possui área aproximada de 1.290 km<sup>2</sup>, abrangendo, predominantemente, os municípios de Umirim, Pentecoste, Itapajé, Apuiarés, Irauçuba e Tejuçuoca. O objetivo desse trabalho foi elaborar o diagnóstico ambiental na sub-bacia do Rio Caxitoré (CE) com base em um índice de deterioração físico-natural. Para isso, o estudo foi baseado em adaptações da metodologia de Rocha (1997), Ranieri (1996) e Candito (2008), bem como no método de álgebras de mapas. Na álgebra de mapa foram utilizados mapas de solos, declividades e uso e cobertura da terra (classificação da imagem) para a análise de conflitos de uso da sub-bacia. Os principais conflitos constatados foram o desmatamento da vegetação, a extração de sedimentos do rio Caxitoré e a prática da queimada. Para a utilização da metodologia de Rocha (1997) e Candito (2008) foi necessária a realização da delimitação em 18 microbacias, a fim de obter melhor detalhamento e quantificação da deterioração. Posteriormente, foram sumarizados os dados quantitativos das microbacias, através do índice de deterioração de Rocha (1997), resultando no percentual de deterioração para toda a sub-bacia. Quanto à metodologia de Ranieri (1996), esta apresentou a projeção de cenários para um panorama da sub-bacia planejada, ou seja, com as devidas propostas de alternativas de uso de perspectiva sustentável implementadas na sub-bacia. Esta metodologia foi realizada com o uso de técnicas de geoprocessamento, as quais possibilitaram um cenário projetado da sub-bacia com a diminuição dos conflitos de uso. O resultado do índice de deterioração permite inferir, a partir da deterioração das microbacias, que a sub-bacia apresentou 66,7% de deterioração, índice que se refere ao nível “acentuado”, ultrapassando a porcentagem de 10%, que não é considerado aceitável por Rocha (1997). Através de projeção de cenário, demonstrou-se que podem ser diminuídos os níveis de conflitos “Muito Alto”, “Alto” e “Médio” da sub-bacia e aumentar os níveis de conflito “Muito Baixo” e “Baixo”.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica. Degradação ambiental. Caxitoré. Uso e ocupação do solo.

## ABSTRACT

The sub-basin of the Caxitoré River – Ceará is located in Ceará's North-Central region and has an approximate area of 1,290 square kilometers, embracing the municipalities of Umirim, Pentecoste, Itapajé, Apuiarés, Irauçuba and Tejuçuoca. The objective of this study was to prepare the environmental diagnosis in the sub-basin of the Caxitoré River – Ceará, based on an index of physical-natural deterioration. For this, the study was based on methodologically adaptations from Rocha (1997), Ranieri (1996) and Candito (2008) methodology as well as from the method of map algebra. In map algebra maps of soil, slope and land use and cover (image classification) were used for analysis of usage conflicts in the sub-basin. The main conflicts observed were loss of vegetation, sediment extraction from Caxitoré River and practice of burning. In order to use Rocha (1997) and Candito's (2008) methodology, it was necessary to carry out the delimitation in 18 sub-basins to a better detailed quantification of deterioration. It was later summarized quantitative data according to Rocha (1997), resulting in a deterioration index for the entire sub-basin. As for the methodology of Ranieri (1996), it presented the projection of scenarios for an overview of the planned sub-basin, for instance, with the necessary proposals for alternative use of sustainable perspective implemented in the sub-basin. This methodology was performed using geoprocessing techniques which allowed a designed sub-basin scenario to decrease in usage conflicts. The result of the deterioration index allows us to infer, from the deterioration of watersheds, that the sub-basin 66.7% deterioration index, which refers to the "severe" level, surpassing the percentage of 10%, which is not considered acceptable by Rocha (1997). Through scenario projection it was shown that the "Very High", "High" and "Medium" levels of conflict from sub-basins can be reduced and the levels of conflict, "Very Low" and "Low", can be increased.

**Keywords:** Watershed. Environmental. Degradation. Caxitoré. Soil usage and occupation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura	1 -	Pirâmide de Informação .....	34
Figura	2 -	Fluxograma metodológico.....	43
Figura	3 -	Procedimentos do mapa de microbacias.....	45
Figura	4 -	Áreas em Km <sup>2</sup> e percentual dos municípios abrangentes à sub-bacia do Rio Caxitoré/CE.....	54
Figura	5 -	Sistema ambiental serra de Uruburetama no município de Itapajé.....	61
Figura	6 -	Afloramento de rocha no município de Umirim .....	63
Figura	7 -	Subsistema ambiental serrotes e cristas no município de Tejuçuoca.....	64
Figura	8 -	Sistema ambiental de planície ribeirinha no município de Pentecoste.....	65
Figura	9 -	As unidades geológicas presentes na sub-bacia do Rio Caxitoré, em números.....	68
Figura	10 -	Açude Caxitoré no Município de Umirim.....	80
Figura	11 -	Açude no município de Irauçuba.....	81
Figura	12 -	Válvula do reservatório Caxitoré no município de Umirim.....	82
Figura	13 -	Rio Caxitoré perenizado pelo reservatório Caxitoré no município de Umirim.....	82
Figura	14 -	Área abrangida dos solos (km <sup>2</sup> ) da sub-bacia do rio Caxitoré	83
Figura	15 -	Áreas em km <sup>2</sup> dos tipos de declividades e percentual correspondente.....	88
Figura	16 -	Cultivo de milho no sertão de Irauçuba e Tejuçuoca, especificamente no distrito de Boa Vista do Caxitoré.....	96
Figura	17 -	Cultivo de Feijão no sertão de Irauçuba e Tejuçuoca, área específica no distrito de Boa Vista do Caxitoré.....	96
Figura	18 -	Criação extensiva de gado no sertão de Irauçuba e Tejuçuoca, especificamente no distrito de Boa Vista do Caxitoré.....	97
Figura	19 -	Carta Imagem do Uso do açude da sub-bacia do rio Caxitoré	102
Figura	20 -	Cultivo da bananicultura em propriedade particular .....	105

Figura 21 - Cultivo de bananeiras em margens do rio.....	106
Figura 22 - Armazenamento da extração de madeira em uma propriedade particular.....	106
Figura 23 - Quantificação das classes de uso e cobertura vegetal.....	111

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Perfil longitudinal dos sistemas ambientais serra de Uruburetama e planície ribeirinha.....	59
Gráfico 2 -	Perfil longitudinal dos sistemas ambientais serrotes e sertão	62
Gráfico 3 -	Perfil longitudinal dos sistemas ambiental planície ribeirinha.	65
Gráfico 4 -	Termo pluviométrico da sub-bacia do rio Caxitoré (média mensal de precipitações (2001-2014) com temperaturas mensais estimadas).....	75
Gráfico 5 -	Total anual de precipitações (2001-2014) .....	76
Gráfico 6 -	Blox spot com os anos-padrão do posto de Itapajé.....	77
Gráfico 7 -	Blox spot com os anos-padrão do posto de Boa Vista do Caxitoré .....	77
Gráfico 8 -	Extrato do balanço hídrico do posto de Boa Vista do Caxitoré	78
Gráfico 9 -	Balanço da precipitação, evapotranspiração potencial e real do posto de Boa Vista do Caxitoré .....	78
Gráfico 10 -	Deficiência, excedente, retirada e reposição do posto de Boa Vista do Caxitoré.....	78
Gráfico 11 -	Extrato do balanço hídrico do posto de Itapajé.....	79
Gráfico 12 -	Balanço da precipitação, evapotranspiração potencial e real do posto de Itapajé.....	79
Gráfico 13 -	Deficiência, excedente, retirada e reposição do posto de Itapajé.....	79
Gráfico 14 -	Culturas permanentes do município de Irauçuba.....	93
Gráfico 15 -	Culturas temporárias do município de Irauçuba.....	93
Gráfico 16 -	Culturas permanentes do município de Tejuçuoca.....	94
Gráfico 17 -	Culturas temporárias do município de Tejuçuoca.....	94
Gráfico 18 -	Pecuária no município de Irauçuba.....	95
Gráfico 19 -	Pecuária no município de Tejuçuoca.....	95
Gráfico 20 -	Culturas permanentes do município de Umirim.....	98
Gráfico 21 -	Culturas temporárias do município de Umirim .....	98
Gráfico 22 -	Culturas permanentes do município de Pentecoste.....	99
Gráfico 23 -	Culturas temporárias do município de Pentecoste .....	99

Gráfico 24 -	Produção de pecuária do município de Umirim.....	100
Gráfico 25 -	Produção de pecuária do município de Pentecoste.....	100
Gráfico 26 -	Culturas permanentes do município de Itapajé.....	103
Gráfico 27 -	Culturas temporárias do município de Itapajé.....	104
Gráfico 28 -	Produção agropecuária do município de Itapajé.....	104
Gráfico 29 -	Percentual do tipo de propriedades na sub-bacia do rio Caxitoré.....	108
Gráfico 30 -	Percentual dos níveis de deterioração da sub-bacia do rio Caxitoré/CE.....	128
Gráfico 31 -	Pesos dos níveis deterioração da sub-bacia do rio Caxitoré/CE.....	128
Gráfico 32 -	Níveis de conflito de uso atual.....	139
Gráfico 33 -	Níveis de conflito de uso planejado.....	140

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Pesos atribuídos em cada variável ambiental.....	50
Quadro 2 -	Distribuição de pesos para os fatores ambientais, por tipo de cenário.....	52
Quadro 3 -	Síntese dos sistemas ambientais da sub-bacia do Rio Caxitoré/CE.....	67
Quadro 4 -	Anos-Padrão do Posto de Itapajé.....	77
Quadro 5 -	Anos-Padrão do Posto de Boa Vista do Caxitoré.....	77
Quadro 6 -	Os solos e a vegetação na sub-bacia do Rio Caxitoré/CE.....	85
Quadro 7 -	Cobertura vegetal por sistemas ambientais.....	87
Quadro 8 -	Síntese dos conflitos da sub-bacia setorizada por sistemas ambientais.....	119
Quadro 9 -	Deterioração das microbacias identificadas como V, XIV, XV e XVI.....	122
Quadro 10 -	Deterioração das microbacias identificadas como II e XI.....	122
Quadro 11 -	Deterioração da microbacia identificada como IX.....	123
Quadro 12 -	Deterioração da microbacia identificada como XI.....	123
Quadro 13 -	Deterioração da microbacia identificada como I.....	124
Quadro 14 -	Deterioração das microbacias identificadas como III, XII, XIII e XVII.....	124
Quadro 15 -	Deterioração da microbacia identificada como XVIII.....	124
Quadro 16 -	Deterioração das microbacias identificadas como IV e VIII....	125
Quadro 17 -	Parâmetros Utilizados e seus Pesos Correspondentes por Microbacias.....	129
Quadro 18 -	Classificação dos Níveis de Deterioração e Distribuição das Microbacias por Pesos Totais.....	129
Quadro 19 -	Níveis e Pesos de Deterioração das Microbacias.....	129
Quadro 20 -	Total de Pesos por Níveis de Deterioração para a Sub-bacia.....	129
Quadro 21 -	Medições de áreas de níveis de conflitos com uso atual e uso planejado.....	139

## LISTA DE MAPAS

Mapa	1 -	Localização da área de estudo.....	23
Mapa	2 -	Base cartográfica planimétrica da sub-bacia do Rio Caxitoré	56
Mapa	3 -	Microbacias da Sub-bacia do Rio Caxitoré.....	58
Mapa	4 -	Sistemas ambientais da sub-bacia do Rio Caxitoré.....	60
Mapa	5 -	Geologia da sub-bacia do rio Caxitoré .....	69
Mapa	6 -	Geomorfologia da sub-bacia do rio Caxitoré.....	72
Mapa	7 -	Localização dos postos pluviométricos.....	74
Mapa	8 -	Solos da sub-bacia do rio Caxitoré.....	84
Mapa	9	Declividades da sub-bacia o rio Caxitoré .....	89
Mapa	10 -	Hipsometria da sub-bacia do rio Caxitoré .....	91
Mapa	11 -	Tipos de ocupação na sub-bacia do rio Caxitoré.....	109
Mapa	12 -	Usos e cobertura vegetal da sub-bacia do rio Caxitoré .	112
Mapa	13 -	Conflitos de uso na sub-bacia do rio Caxitoré.....	117
Mapa	14 -	Nível de deterioração por microbacias na sub-bacia do rio Caxitoré.....	126
Mapa	15 -	Mapa da projeção de cenário atual da sub-bacia do rio Caxitoré.....	136
Mapa	16 -	Mapa de projeção de cenário planejado da sub-bacia do rio Caxitoré.....	138
Mapa	17 -	Susceptibilidade à erosão da Sub-Bacia do Rio Caxitoré.....	155

## LISTA DE TABELA

Tabela	1 -	Síntese dos níveis de conflitos de uso da sub-bacia.....	114
Tabela	2 -	Descrição sobre os parâmetros.....	120
Tabela	3 -	Parâmetros utilizados no nível de deterioração e pesos atribuídos.....	127
Tabela	4 -	Pesos atribuídos ao fator solos da sub-bacia do rio Caxitoré.	133
Tabela	5 -	Pesos atribuídos ao fator declividade da sub-bacia do Rio Caxitoré.....	133
Tabela	6 -	Pesos do uso e cobertura vegetal.....	134
Tabela	7 -	Conflitos de Uso e Práticas na Sub-bacia do Rio Caxitoré.....	135

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
BR	Rodovia Brasileira
CE	Ceará
CIDIAT	Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
D.F.C.	Diagnóstico Físico - Conservacionista
DEF	Deficiência
DFN	Diagnóstico Físico-Natural
DIBH	Diagnóstico Integral da Bacia Hidrográfica
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETP	Evapotranspiração Potencial
ETR	Evapotranspiração Real
EXC	Excedente
FCPC	Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFOV	Infravermelho
IHS	<i>Intensity; Hue; Sturation</i>
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia do Ceará
LABGEO	Laboratório de Geoprocessamento
LAGECO	Laboratório de Geomorfologia Costeira e Continental
MARNR	Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital do Terreno
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
Mo	Moda
PAE	Plano Estadual de Combate à Desertificação

REM	Radiação Eletromagnética
RGB	<i>Red; Green; Blue</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNCR	Sistema Nacional de Cadastro Rural
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
V <sub>máx.</sub>	Valor Máximo
V <sub>mín.</sub>	Valor Mínimo
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>2.</b>	<b>BASES TEÓRICA E METODOLÓGICA.....</b>	<b>27</b>
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
<b>2.1.1</b>	<b>A bacia hidrográfica e suas subdivisões como unidade de estudo .....</b>	<b>27</b>
2.1.1.1	Bacia hidrográfica e os sistemas ambientais .....	29
2.1.1.2	O diagnóstico ambiental aplicado em estudo da deterioração de bacias e sub-bacias hidrográficas .....	30
2.2	O ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO FÍSICO-NATURAL COMO AVALIADOR AMBIENTAL .....	32
<b>2.2.1</b>	<b>O indicador ambiental e seus critérios de análise .....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.2</b>	<b>O índice de deterioração, os níveis de deterioração e a projeção de cenários: referenciais metodológicos.....</b>	<b>35</b>
2.3	GEOPROCESSAMENTO: O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E SENSORIAMENTO REMOTO.....	36
<b>2.3.1</b>	<b>Sensoriamento remoto e classificação da imagem de satélite .....</b>	<b>37</b>
2.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	42
<b>2.4.1</b>	<b>Pesquisa bibliográfica.....</b>	<b>44</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Pesquisa cartográfica.....</b>	<b>44</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Pesquisa de campo .....</b>	<b>48</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Métodos.....</b>	<b>49</b>
2.4.4.1	Adaptação da metodologia base da pesquisa do Diagnóstico Físico Conservacionista (D.F.C.).....	49

2.4.4.2	Adaptação dos Níveis de Deterioração.....	50
2.4.4.3	Adaptação do índice de deterioração.....	51
2.4.4.4	Projeção de cenários .....	52
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES NATURAIS DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ.....</b>	<b>54</b>
3.1	A SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ (CE) .....	54
<b>3.1.1</b>	<b>Divisão da sub-bacia do rio Caxitoré em microbacias.....</b>	<b>57</b>
3.2	SISTEMAS AMBIENTAIS .....	59
<b>3.2.1</b>	<b>Serra de Uruburetama .....</b>	<b>59</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Sertões .....</b>	<b>61</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Serrotes e cristas.....</b>	<b>63</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Planície Ribeirinha.....</b>	<b>64</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Potencialidades e limitações dos sistemas ambientais.....</b>	<b>66</b>
3.3	SÍNTESE DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS .....	68
3.4	CONDIÇÕES HIDROCLIMÁTICAS .....	73
3.5	SOLOS E COBERTURA VEGETAL .....	83
3.6	DECLIVIDADE E HIPSOMETRIA .....	88
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>92</b>
4.1	ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E DISPOSIÇÃO DO USO E COBERTURA VEGETAL DA SUB-BACIA.....	92
<b>4.1.1</b>	<b>Caracterização do Uso e Ocupação das Terras da Sub-bacia .....</b>	<b>92</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Disposição do uso e cobertura vegetal.....</b>	<b>110</b>

4.2	USO DO GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE DE CONFLITOS DE USO NA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ.....	113
4.2.1	<b>Conflitos de uso na sub-bacia .....</b>	<b>113</b>
4.3	O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL COM BASE NO ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO FÍSICO-NATURAL DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ .....	120
4.3.1	<b>Aplicação do índice de deterioração do conflito de uso da terra por microbacias.....</b>	<b>121</b>
4.3.2	<b>Avaliação dos níveis de deterioração por microbacias .....</b>	<b>125</b>
4.3.3	<b>Síntese do Índice e o Nível de Deterioração da Sub-bacia do Rio Caxitoré ....</b>	<b>131</b>
4.4	PROJEÇÃO DE CENÁRIOS DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ. ....	132
4.4.1	<b>Análise do cenário atual e cenário planejado da sub-bacia .....</b>	<b>132</b>
4.4.2	<b>Síntese do cenário de uso atual .....</b>	<b>134</b>
4.4.3	<b>Síntese do cenário de uso planejado .....</b>	<b>135</b>
4.4.4	<b>Inferência entre os cenários de uso atual e uso planejado.....</b>	<b>138</b>
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	142
	REFERÊNCIAS .....	144
	APÊNDICES .....	151
	APÊNDICE A - GRÁFICOS DOS ÍNDICES DE DETERIORAÇÃO POR MICROBACIAS.....	152
	APÊNDICE B - MAPA 17 - SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ.....	155
	APÊNDICE C - QUADRO 01 - SÍNTESE DO ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO E NÍVEL DE DETERIORAÇÃO DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ.....	156

APÊNDICE D - LINGUAGEM DO LEGAL.....	163
APÊNDICE E - SÍNTESE DOS PROCEDIMENTOS PARA O MAPA DE PROJEÇÃO DE CENÁRIOS PLANEJADO E O MAPA DE USO ATUAL.....	165

## 1 INTRODUÇÃO

Os recursos naturais no estado do Ceará apresentam uma vulnerabilidade natural, devido às condições do ambiente de clima semiárido, fato que pode interferir na sua qualidade e na sua quantidade. O ambiente semiárido brasileiro tem como características a irregularidade e a concentração pluviométrica, com seca prolongada, além do alto índice de radiação solar, que, por sua vez, contribui para as elevadas taxas de evapotranspiração dos corpos hídricos, interferindo no armazenamento das águas superficiais.

Diante disso, é necessário priorizar os estudos dos recursos naturais dentro da perspectiva de conservação e de utilização consciente da sociedade. A pesquisa sobre os referidos recursos, sob o ponto de vista da análise ambiental, implica diretamente na utilização das bacias hidrográficas como unidade de estudo que objetiva a análise e a elaboração de propostas para qualidade ambiental e de vida das populações locais.

O estado do Ceará é constituído por doze bacias hidrográficas para efeito de gestão, segundo a Política Estadual dos Recursos Hídricos (CEARÁ, 2010). Dentre estas se destaca a bacia hidrográfica do Curu, a primeira com Comitê de Bacia instalado no estado do Ceará, em 1997. Considerada bacia-piloto pela Política Estadual de Recursos Hídricos, foram realizados vários estudos pioneiros, como o Plano Diretor da Bacia, no ano de 1995; o Cadastramento dos Usuários de Água, em 1996; e os Estudos sobre Cobrança de Água Bruta (SILVA, 2004).

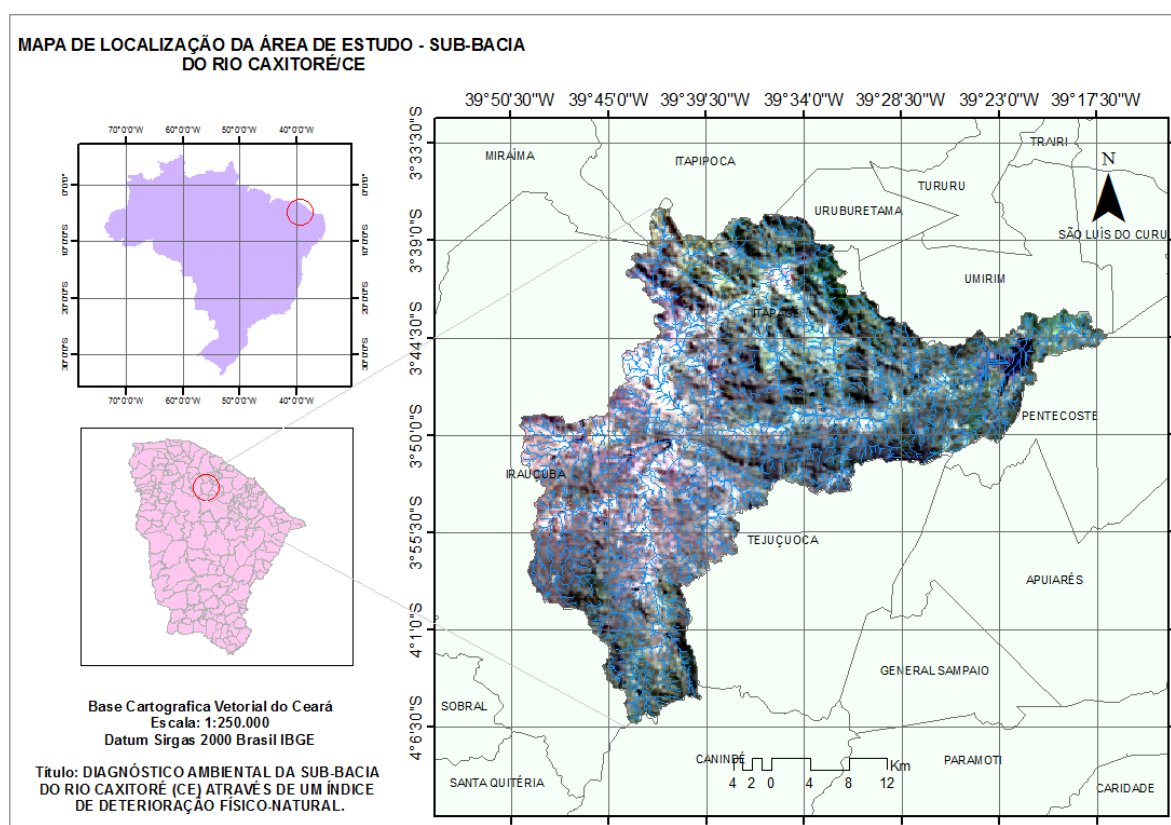
A bacia hidrográfica do Curu está localizada no centro-norte do Ceará, drenando uma área de 8.527 km<sup>2</sup>, que corresponde a cerca de 6% do território do estado. Além disso, possui o rio Curu como coletor principal. Este rio nasce em uma região montanhosa formada pelas três serras: Céu, Imburana e Lucas. Tem como principais afluentes o rio Canindé, à margem direita, e o rio Caxitoré à margem esquerda (CEARÁ, 2009).

Na mencionada bacia hidrográfica, em seu médio curso está localizada a área desta pesquisa, a sub-bacia do rio Caxitoré (Mapa 1), contribuindo de forma importante para o vale perenizado, por meio do uso do açude Caxitoré.

Isto propicia o abastecimento hídrico de municípios como Tejuçuoca, Umirim, Itapajé, Irauçuba, Pentecoste, Uruburetama, Canindé, Apuiarés e Itapipoca, os quais estão integrados à sua área de drenagem.

A sub-bacia do Rio Caxitoré está localizada entre as coordenadas geográficas 4° 0' 00" de latitude (S) e 39° 20' 00" longitude (W) na porção norte do estado do Ceará, com área aproximada de 1.290 km<sup>2</sup>.

**Mapa 1 - Localização da área de estudo**



Fonte: Elaborado pela autora (adaptado de IBGE, 2008).

A compartimentação geoambiental da sub-bacia do Rio Caxitoré engloba o sertão setentrional pré-litorâneo, as serras secas e as vertentes subúmidas, as cristas residuais e agrupamento de *inselbergs*, com uma pequena área enquadrando as serras úmidas e as serras litorâneas. A vegetação predominante é a caatinga arbustiva aberta e caatinga arbustiva densa, com um pequeno setor ocupado pela presença da floresta subcaducifólia tropical pluvial (CEARÁ, 2009).

A sub-bacia do rio Caxitoré se encontra em uma região do núcleo de desertificação de Irauçuba, com baixos índices pluviométricos e elevadas taxas de evapotranspiração, o que influi na diminuição considerável da vazão do rio e do nível do reservatório. Os principais problemas ambientais identificados *in loco* foram a degradação da vegetação (mata ciliar e caatinga) e a extração de sedimentos do rio Caxitoré.

Desta forma, esta pesquisa propõe a análise ambiental da sub-bacia do rio Caxitoré como uma célula de estudo. Ao analisar o meio físico e social, considerando que o objeto de estudo está em condições ambientais de semiaridez, pretende-se diagnosticar a sub-bacia através do indicador ambiental (índice de deterioração físico-natural).

Foi de fundamental importância a realização da pesquisa fundamentada na ciência geográfica de elaboração de estratégias para a melhoria da qualidade ambiental e de vida da comunidade local, principalmente no caso da sub-bacia do rio Caxitoré, que necessita de um estudo mais detalhado sobre a área. Portanto, para fins de análise da deterioração da sub-bacia foi aplicada a investigação acadêmica sobre a área.

Os resultados contribuíram para um diagnóstico ambiental que visou uma análise da deterioração da sub-bacia, considerando os seus componentes naturais e seus fatores degradantes.

A partir das indicações da literatura e da pesquisa de campo, levantou-se a hipótese de que as atividades econômicas, as formas de usos e ocupação do solo, assim como a utilização de atividades rudimentares, poderiam influir no estado de conservação natural do ambiente da sub-bacia. Diante disto, foram estimados os níveis e porcentagens de deterioração da área, promovendo um diagnóstico ambiental integrando às ações antrópicas.

Assim, este trabalho tem como objetivo geral elaborar o diagnóstico ambiental na sub-bacia do Rio Caxitoré (CE) com base em um índice de deterioração físico-natural. Para tanto, estabeleceu-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os sistemas ambientais da área de estudo;
- b) Relacionar a declividade, os solos e o uso e cobertura vegetal da sub-bacia para fins de detecção de conflitos de uso da terra.

- c) Determinar níveis de deterioração através da adaptação do diagnóstico físico-conservacionista de Rocha (1997) e Cândido (2008);
- d) Representar a deterioração da sub-bacia por meio da delimitação hidrológica em microbacias;
- e) Apontar projeção de cenários do uso da terra na sub-bacia com base em Ranieri (1996).

Sendo assim, a dissertação foi dividida em cinco partes. A primeira trata das bases teórica e metodológica, realizada primeiramente, com base na revisão bibliográfica e, posteriormente, no material e métodos. Para a revisão de literatura foram considerados os temas: “A Bacia Hidrográfica e suas Subdivisões como Unidade de Estudo”, “O Indicador Ambiental: o índice de deterioração como avaliador ambiental”, e “O Geoprocessamento: o sistema de informações geográficas e sensoriamento remoto”.

Na segunda parte, encontra-se descrição do material e dos métodos, que envolveram técnicas de geoprocessamento, estatística e adaptação das metodologias para a aplicação do índice de deterioração ambiental de Rocha (1997), Cândido (2008) e Ranieri (1996).

A terceira trata da caracterização da área de estudo com o tema “Caracterização dos Componentes Naturais da Sub-bacia do Rio Caxitoré”, que apresenta os componentes e os condicionantes naturais, os quais são fundamentais para compreender o contexto em que o objeto de estudo está inserido.

A quarta parte, por sua vez, apresenta a discussão dos resultados divididos em itens, sendo o primeiro “Análise Uso, Ocupação e Cobertura Vegetal na Sub-Bacia do Rio Caxitoré/CE”, cujo objetivo é contextualizar os tipos de uso, ocupação e cobertura vegetal da sub-bacia, trabalhando com dados primários e secundários da área de estudo; o segundo, “Os Conflitos de Uso da Sub-Bacia do Rio Caxitoré com Base no Geoprocessamento”, tratado diagnóstico da relação dos fatores de declividade, solos, e tipos de uso e cobertura vegetal, analisando possíveis conflitos de uso através do geoprocessamento e checagem de campo; e o terceiro, “O Índice de Deterioração com Base nos Conflitos de Uso e nas Condições Físico-Naturais à Sub-Bacia do Rio Caxitoré”, tem como objetivo quantificar a deterioração na sub-bacia. Para tanto, lançou-se mão da técnica estatística de análise

de regressão linear, obtendo a equação de deterioração físico-natural e, assim, os níveis de deterioração e suas porcentagens por microbacias.

Na quarta e última parte, foi feita uma projeção de cenários da sub-bacia do Rio Caxitoré, mostrando um panorama das condições dos conflitos no que diz respeito às propostas de usos da terra. Desta forma, demonstra, com as técnicas de geoprocessamento, o cenário feito com as alterações propostas na sub-bacia.

## **2 BASES TEÓRICA E METODOLÓGICA**

### **2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1.1 A bacia hidrográfica e suas subdivisões como unidade de estudo**

A presente pesquisa tem como objeto de estudo a sub-bacia, e utiliza-se das microbacias para realizar uma investigação mais detalhada e quantitativa. Para tanto, é necessário conhecer os conceitos de bacia hidrográfica, sub-bacia e microbacias e as suas devidas relações.

A bacia hidrográfica é um dos objetos de estudo da ciência geográfica, tendo, pois, várias perspectivas. Inicialmente, é essencial mencionar um conceito básico de bacia hidrográfica, que é entendida como uma área drenada pelo rio principal e seus afluentes, tendo a sua delimitação caracterizada por divisores de água (AMORA, 1999).

Com o decorrer do processo histórico e das bases jurídicas, a relevância de estudo das bacias hidrográficas cresceu no Brasil, sobretudo através das legislações ambientais posteriores apoiadas no planejamento, no monitoramento e na gestão. A saber, duas leis merecem destaque quanto à análise ambiental direcionada às bacias hidrográficas, a primeira é a Política Nacional de Recursos Hídricos, de 1997; e a segunda, a Política Estadual dos Recursos Hídricos, de 1992, do estado do Ceará.

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Ceará, Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992, tem como objetivo assegurar o desenvolvimento sustentável compatível com a oferta de água; oferecê-la em quantidade e qualidade para as gerações atuais e futuras; e planejar e gerenciar de forma integrada, descentralizada e participativa o uso múltiplo, controle, conservação, proteção e preservação dos recursos hídricos (CEARÁ, 2010).

A Política Nacional de Recursos Hídricos caracterizou a bacia hidrográfica como uma unidade territorial de gestão e planejamento, instituída pela Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Segundo esta lei, a água é bem de domínio público e recurso natural limitado, dotada de valor econômico. Assim, a bacia hidrográfica seria uma unidade territorial para a gestão e o planejamento, que visa propiciar o uso múltiplo das águas (BRASIL, 2014).

A bacia hidrográfica pode ter uma concepção integradora, ao passo que as condições naturais e as atividades humanas podem influir no estado da bacia hidrográfica, pois qualquer alteração no comportamento dos elementos naturais, nos processos e os agentes que atuam conjuntamente na mesma, podem gerar efeitos ou impactos no sistema natural da bacia (CUNHA; GUERRA, 2003).

Com relação ao estudo da geografia física, as bacias hidrográficas são caracterizadas como unidades espaciais desde o final dos anos de 1960. Assim, por meio da análise da bacia hidrográfica é possível conhecer e avaliar os diversos componentes, processos e interações que nela ocorrem. Portanto, pode ser compreendida como uma célula básica de análise ambiental (BOTELHO; SILVA, 2012).

A bacia hidrográfica é uma área heterogênea que pode ser dividida em sub-bacias e/ou microbacias, fato que permite um maior detalhamento desses ambientes. Segundo Fernandes e Silva, “[...] os conceitos de bacia e sub-bacias, se relacionam a ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica” (FERNANDES E SILVA, 1994).

Dependendo do ponto de saída ao longo do eixo-tronco ou canal coletoras bacias hidrográficas podem ser desmembradas em sub-bacias. (SANTANA, 2003).

Em outras perspectivas a sub-bacia pode ser estudada a partir do tamanho de área em km<sup>2</sup>. As sub-bacias hidrográficas têm dimensões superficiais que variam entre 200 a 3.000 km<sup>2</sup>, e é importante frisar que essa área pode ser alterada dependendo da região dentro do estado e da cartografia de apoio utilizada (CEARÁ, 2010).

Além disso, a sub-bacia pode ser setorizada pela delimitação de microbacias. A setorização realizada neste estudo condiz com a metodologia de Rocha (1997), que define microbacia como uma unidade que tenha uma dimensão superficial menor que 20.000 ha e que o deságue se dê em outro rio (ROCHA, 1997). Do ponto de vista hidrológico, este recorte é definido como microbacia hidrográfica, sendo “[...] constituídas de terras drenadas por um córrego de até 2ª ordem, ou seja, cujos afluentes não sejam formados por outros cursos d’água” (HERNANI, 2003, p.16).

Complementa-se esta definição de microbacia com a concepção de que esta é uma área de drenagem, pertencendo a um tributário do rio principal

(MACHADO, 2010). Também pode ser considerada como unidade espacial de análise, desde que seja representativa das condições físicas e socioeconômicas de porção significativa do território considerado (BOTELHO; SILVA, 2012). Os estudos em microbacias possibilitam um melhor detalhamento sobre as condições social e ambiental e, com isso, contribui para a operacionalização nas tomadas de decisão.

#### 2.1.1.1 Bacia hidrográfica e os sistemas ambientais

No presente estudo os sistemas ambientais foram considerados pertencentes à bacia hidrográfica; tendo em vista que dentro de uma visão sistêmica o estudo e a análise da bacia hidrográfica garante uma maior fundamentação e referência para análise espacial geográfica.

Há duas perspectivas que norteiam e conceituam os estudos e complexidade dos sistemas ambientais, a saber: a concepção ecológica e a concepção geográfica. Nesta pesquisa, segue-se a perspectiva geográfica, que pode dar ênfase para a organização dos elementos físicos e biogeográficos dentro de um contexto espacial (CHRISTOFOLETTI, 1999). Desta forma, os sistemas ambientais são considerados como:

[...] entidades organizadas na superfície terrestre, de modo que a espacialidade se torna uma das características inerentes. A organização desses sistemas vincula-se com a estruturação e funcionamento de (e entre) seus elementos, assim como resulta da dinâmica evolutiva. Em virtude de elementos componentes e dos fluxos de interação, constituem exemplos de sistemas complexos espaciais (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.35).

Conforme Souza, os sistemas ambientais são:

[...] integrados por variados elementos que mantêm relações mútuas e são continuamente submetidos aos fluxos de matéria e de energia, cada sistema representa uma unidade de organização do ambiente natural. Em cada sistema representa uma unidade de organização do ambiente natural. Em cada sistema verifica-se, comumente um relacionamento harmônico entre os componentes, dotados de potencialidades e limitações próprias sob o ponto de vista dos recursos ambientais. Como tal, reagem também de forma singular (...) condições históricas de uso e ocupação (SOUZA, 2006, p.14).

Ao definir a bacia hidrográfica como um sistema ambiental, é conjecturável uma noção que interligue os principais momentos de sua formação e de sua organização (RODRIGUEZ; SILVA; LEAL, 2011). Com a visão de que os sistemas ambientais relacionam-se com várias categorias de organização da matéria

e do espaço (RODRIGUES; SILVA, 2013), são conceituados como sistemas ambientais: “[...] as diferentes categorias do ecossistema humano, com diferentes níveis de organização, caracterizadas por diversos graus de complexidade e de relações entre os fenômenos ou subsistemas naturais e sociais” (RODRIGUES; SILVA, 2013, p.54-55).

Os sistemas ambientais da área de estudo foram considerados e delimitados a partir dos seus aspectos geomorfológicos. Souza (2007) considera que a geomorfologia permite uma delimitação mais precisa a partir dos limites de relevo e das feições do modelado. Segundo o autor, os sistemas ambientais são integrados por variados elementos que se mantêm em relações mútuas, representando, assim, cada sistema como uma unidade de organização do ambiente (SOUZA, 2006).

No que se refere à delimitação dos sistemas ambientais, estes são “[...] identificados e hierarquizados conforme a inter-relação dos seus componentes geoambientais, suas dimensões e suas características de origem e evolução” (SANTOS; SOUZA, 2014). Através dos sistemas ambientais é possível compreender os fatores hidrológicos, socioeconômicos e sistêmicos.

#### 2.1.1.2 O diagnóstico ambiental aplicado em estudo da deterioração de bacias e sub-bacias hidrográficas

Diante da necessidade de apropriação, transformação e do consumo dos recursos naturais pela população a análise sobre a questão ambiental é importante para conhecermos o meio natural e os fatores sociais e econômicos envolvidos. A partir da relação sociedade e natureza, é possível contribuir com propostas para o desenvolvimento sustentável, visando à capacidade de suporte do ambiente com a apropriação adequada de seus recursos e ao desenvolvimento socioambiental para população, que pode utilizar as potencialidades dos ambientes de forma mais sustentável.

O crescimento da capacidade de apropriação dos recursos naturais e seus usos foram originados a partir da dinâmica do crescimento populacional, assim como das questões climáticas e ambientais. A apropriação dos recursos naturais está relacionada diretamente à questão da capacidade de suporte do ambiente, que é o máximo de população que um ecossistema ou o planeta pode sustentar sem

comprometer a capacidade de manter as futuras gerações (MATALLO JUNIOR, 2012).

A capacidade de suporte e as potencialidades do meio estão relacionadas às condições naturais. Diante disto, no que se refere à escala do estado do Ceará, a ocupação da caatinga tem colaborado para a intensificação de ações dos processos morfodinâmicos naturais. Os principais fatores que contribuem para a transformação da caatinga são o extrativismo vegetal indiscriminado, a pecuária extensiva e a agricultura praticada com tecnologias muito rudimentares (SOUZA, 2006).

No que tange aos aspectos hidrológicos no semiárido, a bacia hidrográfica está sob o regime hídrico, característico destes ambientes semiáridos. Considerando o clima regional, há a inconstância pluviométrica tempo-espacial, com irregularidade anual e concentração interanual das chuvas, além de períodos eventuais de secas ou chuvas excepcionais no território cearense. Tudo isso se converte em problemas socioeconômicos (SOUZA, 2007).

Devido às condições do semiárido, a utilização dos seus recursos naturais de forma desfavorável e o emprego de técnicas rudimentares favorecem o desequilíbrio ambiental. Isso se dá, também, pelo fato de o crescimento demográfico acelerado acarretar uma pressão, acentuar a exploração e degradação dos recursos naturais e afetar a sua capacidade de recuperação (SOUZA, 2003).

Diante dessas problemáticas, o ambiente sofre uma deterioração. Para analisar os fatores e os processos da deterioração a realização de um diagnóstico é necessário, pois consiste em uma ferramenta essencial para a análise ambiental e social. O diagnóstico é utilizado como uma base em vários tipos de estudos, sendo critério, por exemplo, em trabalhos de planejamento, gestão e em estudos de impactos ambientais. O diagnóstico ambiental corresponde a uma “[...] descrição das condições ambientais existentes em determinada área no momento presente (...)” (SÁNCHEZ, 2013, p.40).

Baseado na legislação o diagnóstico ambiental é utilizado pela Política Nacional do Meio Ambiente, pelo artigo 17 do Decreto 99.274/90, este retomado do artigo 10 da lei 6.938/81, que acrescentou ao parágrafo a responsabilidade da fixação de critérios básicos para o licenciamento ambiental ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Para a realização do licenciamento há necessidade de um estudo de impacto ambiental, que deve ser realizado a partir do diagnóstico ambiental (SÁNCHEZ, 2013).

O diagnóstico ambiental é uma “[...] das etapas necessárias ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos de qualquer bacia e consiste num conjunto de levantamentos sobre a situação atual da área” (MACHADO, 2010, p.19). É uma fase obrigatória em todos os níveis do planejamento ambiental e tem como objetivo o esclarecimento sobre o estado em que se encontram os sistemas ambientais, resultante da utilização e exploração dos recursos e dos serviços ambientais (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

Diante do que foi exposto, pode-se concluir que o diagnóstico é uma importante ferramenta nos estudos de caráter ambiental, pois, a partir desta linha, é possível conhecer os principais elementos naturais, processos e condicionantes socioeconômicos. A pesquisa em bacias hidrográficas, sub-bacias e/ou microbacias é fundamental, pois possibilita a análise e o estudo da relação entre a sociedade e meio ambiente, bem como permite entender a dinâmica dos aspectos naturais, quais sejam hidroclimáticos e pedogeomorfológico, e sua relação com as atividades sociais.

## 2.2 O ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO FÍSICO-NATURAL COMO AVALIADOR AMBIENTAL

### 2.2.1 O indicador ambiental e seus critérios de análise

O indicador aplicado neste estudo é uma ferramenta que viabiliza e agrega valor à realização do diagnóstico ambiental, permitindo, assim, a identificação dos fatores deteriorantes e suas quantificações. Inicialmente, é necessário entender o que é um indicador.

O conceito de indicador é entendido como “[...] algo que fornece uma pista para uma questão de maior importância ou torna perceptível uma tendência ou fenômeno que não é imediatamente detectável” (HAMMOND *et. al.*, 1995, p. 1, tradução da autora). O autor ainda afirma que

Os indicadores fornecem informações de forma mais quantitativa do que palavras ou imagens sozinho; eles implicam uma métrica contra a qual alguns aspectos das questões de política pública, como o desempenho da política, pode ser medido. Os indicadores também fornecem informações de uma forma mais simples mais facilmente compreendida do que as estatísticas complexas ou outros tipos de dados econômicos ou científicos;

eles definem um modelo ou um conjunto de pressupostos que se refere ao indicador de fenômenos mais complexos (HAMMOND *et al.*, 1995, p. 1, tradução da autora).

Baseado na terminologia adotada pelos países que participam da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômicos, Teles (2002, p.191) afirma que o indicador trata-se de um:

“[...] parâmetro ou valor calculado a partir de parâmetros, fornecendo indicações sobre ou descrevendo o estado de um fenômeno, do meio ambiente ou de uma zona geográfica, de uma amplitude superior as informações diretamente ligadas ao valor de um parâmetro”.

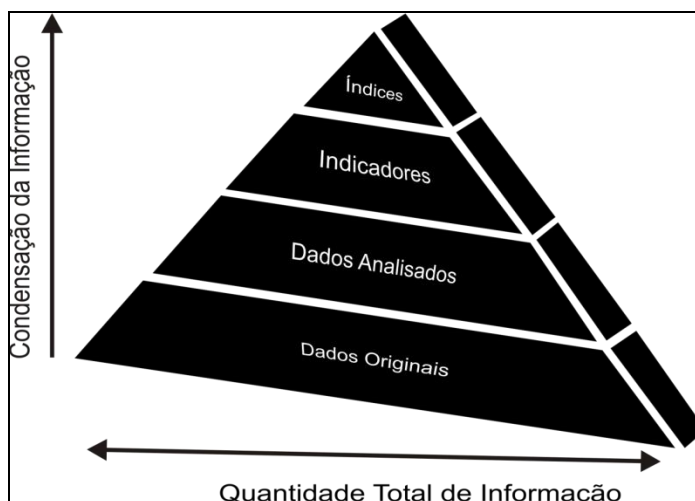
Ao referir-se ao conceito de Indicador Ambiental, sintetiza-se que o mesmo é um parâmetro ou função derivada que tem a capacidade de descrever um estado ou dar respostas aos fenômenos que ocorrem em um meio (SANTOS, 2004).

Nesta perspectiva, para trabalhar com o indicador ambiental é preciso utilizar nomenclaturas, como dados, informações e parâmetros, os quais são critérios de análise (SANTOS, 2004). Este autor conceitua, assim, as nomenclaturas mencionadas:

O dado é a medida, a quantidade ou o fato observado que pode ser apresentado na forma de números, descrições, caracteres ou mesmo símbolos. Quando o dado passa a ter uma interpretação, então ele torna uma informação. Por sua vez, quando a informação é uma propriedade – medida, observada ou avaliada – cuja variação deve alterar a interpretação do fenômeno que representa, sem lhe alterar a natureza, ela deve ser chamada de parâmetro (SANTOS, 2004, p. 58).

A organização das informações é essencial na utilização do Indicador Ambiental. Logo, as informações “[...] devem ser sistematizadas, ordenadas e agrupadas” (SANTOS, 2004). A pirâmide da informação (Figura 1) demonstra níveis de organização das informações e sua condensação, chegando ao indicador e, posteriormente, a um índice.

**Figura 1 - Pirâmide de Informação**



Fonte: Winograd, 1995 apud Filgado 2003.

Na base da pirâmide estão os dados primários (dados originais) que são coletados de forma bruta. Posteriormente, estes dados devem ser organizados e interpretados (dados analisados), tornando-se, assim, informações. Estas informações são agregadas ao seu respectivo indicador e atribuídas a um significado. Por fim, no topo da pirâmide se encontra o índice caracterizado como uma forma mais simplificada resultante da informação, que pode ser um número ou nomenclatura, ou ambos.

Podem existir dois tipos de indicadores: indicadores simples e indicadores agregados. O indicador simples é o “[...] nome dado àquele que representa um único parâmetro”, enquanto o indicador agregado “[...] não envolve ponderações ou outras técnicas analíticas” (SANTOS, 2004, p. 64).

O autor destaca a importância de a informação alcançar o nível de índice: “[...] mais do que o indicador simples, é capaz de simplificar, quantificar, comunicar e expressar de forma resumida os fenômenos complexos a partir de agregação de dados e informações” (SANTOS, 2004, p. 24).

Assim, o indicador ambiental é constituído por

“[...] uma variável qualitativa ou quantitativa, que pode ser mensurada ou descritiva, não obstante trate, fundamentalmente, de informações pontuais no tempo e no espaço destinado a permitir o acompanhamento dinâmico da realidade” (BRASIL, 2014, p.12).

### **2.2.2 O índice de deterioração, os níveis de deterioração e a projeção de cenários: referenciais metodológicos**

A partir do que foi mencionado anteriormente, índice é o indicador ambiental que quantifica e sintetiza os dados e as informações. A metodologia adotada neste estudo é a do índice de deterioração, que é resultado da adaptação do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) proposto por Rocha (1997).

O Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) é uma metodologia originária do Centro Interamericano de Desenvolvimento Integral de Águas e Terras (CIDIAT) e do Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) da Venezuela. O DFC é um dos diagnósticos utilizados no Diagnóstico Integral da Bacia Hidrográfica (DIBH). Existem ainda outros diagnósticos, como o da água, do solo, da fauna, bem como o socioeconômico (BELTRAME, 1994). Essa metodologia permite detectar o estado de conservação dos recursos naturais presentes nas bacias hidrográficas.

No Brasil, Beltrame (1994) adaptou a metodologia utilizando como principais parâmetros a vegetação, o clima, as características geológicas e pedológicas e as características do relevo. A autora considera o DFC “[...] abrangente e prático na obtenção de valores objetivos” (BELTRAME, 1994, p. 16).

Rocha (1997) também adaptou o DFC com uma parte da proposta de manejo de bacias hidrográficas, que tem como objetivo final a recuperação do meio ambiente deteriorado, sugerindo melhores alternativas para proteção e conservação da natureza, melhor qualidade de vida para a sociedade e uso científico contínuo dos recursos naturais. Este diagnóstico tem como principal objetivo verificar os solos com problemas de uso e propor alternativas de recuperação para áreas degradadas.

Esta pesquisa realizou uma adaptação do diagnóstico físico-conservacionista de Rocha (1997). Com relação ao autor, este prezou por três parâmetros: 1) uso potencial da terra com amplitudes e intervalo de classes; 2) coeficientes de rugosidades; 3) o uso da terra e os seus devidos conflitos de uso. Assim, este estudo é uma adaptação condensada e simplificada daquele diagnóstico, e se baseia nos diversos aspectos existentes na área, especialmente os relacionados aos diferentes tipos de solos existentes na área, à declividade do terreno, à cobertura vegetal e aos tipos de uso da terra. O resultado do diagnóstico gerou um índice de deterioração.

Com base no diagnóstico do meio natural é possível inferir que a deterioração no meio condiz com o estado do meio ambiente e seu nível de deterioração. A esta deterioração é atribuída uma quantificação, a fim de demonstrar e comparar o nivelamento de desgaste do ambiente e, desta forma, apontar prioridades nas tomadas de decisões.

Os níveis de deterioração foram adaptados da metodologia de Candido (2008) e em sua metodologia original foram utilizadas zonas homólogas para delimitação da área de estudo. Esta determinação de zonas baseou-se nos seguintes parâmetros: tonalidade de cinza, textura fotográfica, relevo, vegetação e grau de intensidade de uso da terra.

A partir da adaptação de Candido (2008), foram estruturados os níveis de deterioração por microbacias, utilizando mapa de susceptibilidade à erosão do solo, mapa de declividade, mapa de conflitos de uso, mapa de uso do solo e mapa de solos e fatores, como o potencial agrícola dos solos predominantes e a vegetação em cada microbacia. Em síntese, esta análise tem como finalidade precípua realizar um mapa de deterioração.

A projeção de cenários foi baseada na metodologia de Ranieri (1996), o qual propôs o índice de risco de degradação de terras. Assim, realizou-se uma adaptação deste índice através da sobreposição de mapas (de declividade, de solos, dos tipos de uso da terra e cobertura vegetal), a fim de demonstrar um cenário projetado para a área da pesquisa com as devidas propostas de planejamento adotadas.

### 2.3 GEOPROCESSAMENTO: O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E SENSORIAMENTO REMOTO

Inicialmente, é necessário analisarmos o conceito de geoprocessamento. O geoprocessamento é “[...] uma tecnologia, ou mesmo um conjunto de tecnologias, que possibilita a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados” (FIRTZ, 2008).

Silva, Borges e Castanho (2013, p. 61) definem geoprocessamento “[...] como um conjunto de tecnologias que são destinadas a coletas de dados [...]”. Os

autores frisam que a aplicação está em diferentes níveis de trabalhos em âmbitos da cartografia digital, das imagens digitais e do Sistema de Informações Geográfica (SIG).

Com base nisto, o geoprocessamento é uma importante tecnologia que contribui para os estudos da ciência geográfica devido à sua capacidade de manuseio de dados e informações. Com isso, vale ressaltar que a presente pesquisa se apoiou nas tecnologias do geoprocessamento, com o manuseio do sistema SIG ArcGis (com Licença Educacional) e o SIG Spring 5.2. Tais ferramentas foram defundamental importância para o estudo em questão, principalmente no que diz respeito ao processamento e a classificação de imagens, a manipulação de bases cartográficas e a utilização do sistema GPS para o georreferenciamento dos trabalhos de campo.

O sistema de informação geográfica (SIG) consiste em ferramentas computacionais de geoprocessamento, pois possibilita a realização por meio de “[...] análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos” (CÂMARA; DAVIS, 2001, p. 1).

Quanto à informação, para gerar o conhecimento o SIG utiliza um dado espacial que contém um elemento geográfico. Este sistema tem sua realidade representada (modelada) com uma série de elementos geográficos definidos de acordo com dois atributos de dados: o elemento do dado geográfico (dado espacial) é utilizado como uma referência para o elemento de dado atributo (dado não espacial) (MIRANDA, 2010).

Dessa forma, entende-se que o geoprocessamento abrange o SIG como uma das suas ferramentas. O geoprocessamento abrange todos os tipos de processamento de dados georreferenciados, ao passo que o SIG, ou GIS, processa os dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), com ênfase na análise de dados e modelagens das superfícies (ROSA, 2006).

### **2.3.1 Sensoriamento remoto e classificação da imagem de satélite**

Acredita-se que o sensoriamento remoto esteja no campo científico sendo dotado de técnicas próprias, metodologias e orientação intelectual. O sensoriamento

está entre o estágio 2, com um período de crescimento exponencial de números de publicações nos intervalos regulares, e o estágio 3, com aumento de especialização e de controvérsia teórica (WOLTER, 1975 *apud* JENSEN, 2009).

A partir de uma concepção mais técnica, pode-se afirmar que o sensoriamento remoto é “[...] uma tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície” (FLORENZANO, 2011, p. 09).

O sensoriamento remoto pode ser compreendido ainda como uma “[...] ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção em edição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres” (MENEZES; ALMEIDA, 2012, p.198). O mesmo autor completa que

Essa definição de sensoriamento remoto é explícita em afirmar que o objeto imageado é registrado pelo sensor por meio de medições da radiação eletromagnética, tal como a luz solar refletida da superfície de qualquer objeto. Nenhum outro tipo de sensor que obtenha imagens que não seja pela detecção da radiação eletromagnética deve ser classificado como sensoriamento remoto (MENEZES; ALMEIDA, 2012, p.198).

De acordo com Novo (1992, p.7), os sensores são “[...] equipamentos capazes de coletar energia do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações”.

O processo de aquisição de imagem se dá pela radiação eletromagnética (REM), através de sua onda e energia. Para tanto, existem dois modelos que explicam essa radiação: o modelo ondulatório e o corpuscular. O primeiro é dado pelo campo elétrico (E) e magnético (M): “[...] define-se uma onda eletromagnética como a oscilação dos campos E e M, segundo um padrão harmônico de ondas” (MENEZES; ALMEIDA, 2012, p. 4). Já sobre o segundo podemos afirmar que “[...] a radiação eletromagnética (REM) é uma forma dinâmica de energia que se manifesta somente por suas interações com a matéria” (MENEZES; ALMEIDA, 2012, p. 8).

O espectro eletromagnético são as regiões espectrais da REM. A partir da sua divisão do espectro eletromagnético, há o intervalo espectral (raios cósmicos, raios gama, raios ultravioleta, visível, infravermelho próximo, infravermelho de ondas curtas, infravermelho médio, infravermelho termal, microondas, rádio, áudio e corrente alternada). Cada intervalo espectral corresponde a um comprimento de onda. Tomando como base o comprimento de onda do visível ao olho humano, origina as cores refletidas.

A variação do comprimento de onda da radiação eletromagnética (REM) é refletida pela superfície terrestre de acordo com o tipo de superfície atingida. Superfícies como a vegetação infravermelho próximo refletem mais energia; o solo, comparado com a vegetação, tem uma variação menor refletida ao longo do espectro; e água reflete pouca energia na região do visível e nenhuma na região do infravermelho (FLOREZANO, 2011).

Os modelos de composição de cores são classificados em dois tipos: modelo IHS e modelo RGB. O RGB é um modelo com base no sistema de coordenadas cartesianas.

As cores primárias vermelho (R, *Red*), verde (G, *Green*) e azul (B, *Blue*) estão em três vértices do cubo, [...] complementares ciano, magenta e amarelo estão em outros três vértices, o vértice junto à origem é o preto e o mais afastado da origem corresponde à cor branca (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008, p.471).

O modelo RGB foi utilizado para a composição de cores em conjunto com a imagem LANSAT8, pela composição 5(R) 4(G) 3(B). A composição de cores, juntamente com a composição de bandas de uma imagem de satélite, é importante para a análise e interpretação da informação. O modelo RGB utilizou-se, na edição vetorial, de mapeamentos e do processo de classificação da imagem de satélite.

As imagens de satélites possuem quatro resoluções: espacial, espectral, radiométrica e temporal. A resolução espacial é a “[...] capacidade óptica do sensor em função do seu campo de visada [...]. Essa resolução pode ser traduzida como a área real abrangida no terreno por cada pixel correspondente na imagem” (FIRTZ, 2008, p.116). Esta resolução espacial é resultante da seguinte equação:

$D = HB$ , onde  $H$  = altura do sensor em metros e  $B$  = ângulo IFOV em miliradianos.

A resolução espectral consiste no “[...] posicionamento das bandas do sensor, nas quais os sensores detectam a energia refletida pelos alvos no espectro eletromagnético” (SCHWANKE, 2013, p.137). Além disso:

“[...] envolve pelo menos três parâmetros de medida: i) o número de bandas que o sensor possui; ii) a largura em comprimento de onda das bandas; iii) as posições que as bandas estão situadas no espectro eletromagnético” (MENEZES; ALMEIDA, 2012, p. 27).

A resolução radiométrica é a “[...] medida pelos detectores da intensidade de radiância da área de cada pixel unitário é denominada de resolução radiométrica” (MENEZES; ALMEIDA 2012, p.30). Esta resolução é responsável pelos níveis de

intensidade de radiação. Já a resolução temporal é o intervalo de tempo que o satélite margeia uma determinada área. Consiste em “(...) frequência que o sensor revisita uma área e obtém imagens periódicas ao longo de sua vida útil” (MENEZES; ALMEIDA, 2012, p. 31).

Com base no que foi mencionado anteriormente, esclarecemos que a imagem utilizada na pesquisa é a Landsat-8, que possui as seguintes características: sensor OLI (*Operational Land Imager*); composição de cores do infravermelho por meio de bandas 5 (*Near Infrared*), 4 (*Red*) e 3 (*Green*), com resolução espectral de 0.85 - 0.88  $\mu\text{m}$  (*micrometers*), 0.64 - 0.67  $\mu\text{m}$  (*micrometers*) e 0.53 - 0.59  $\mu\text{m}$  (*micrometers*); resolução espacial de 30m; e resolução radiométrica de 16 bits (USGS, 2015).

Na pesquisa, a classificação foi realizada no *software* Spring 5.3, para fins de delimitação das classes de uso da terra e cobertura vegetal. A classificação da imagem consiste em uma “[...] associação de pontos de uma imagem a uma classe ou grupo de classes. [...] processo de reconhecimento de classes ou grupos cujos membros exibem características comuns” (FIGUEIREDO, 2005, p.20). Conforme Florenzano (2011, p. 75),

“A classificação da imagem visa ao reconhecimento automático de objetos, em função de determinado critério de decisão, agrupado em classes os objetos que representam similaridade em suas respostas espectrais”.

O Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (Spring) é um *software* que “[...] acoplado com um SIG, possibilita, além da geração direta com um plano de informação e de uma carta temática, acessar, supor e integrar a imagem analisada uma grande variedade de dados armazenados no sistema” (FLORENZANO, 2011, p. 78).

Há dois tipos de classificação da imagem: a classificação não supervisionada e a classificação supervisionada. Dar-se ênfase à classificação supervisionada, que é pré-fixada pelo analista, tendo em vista que necessita de conhecimentos prévios sobre as classes de alvos para classificar a imagem nas classes de interesse (MENEZES; ALMEIDA, 2012).

O algoritmo utilizado para a classificação da imagem é Máxima Verossimilhança (MAXVER), um método que se utiliza dos parâmetros de caráter estatístico e classifica os dados das imagens multiespectrais. Este classificador trata-se de um método de classificação “*pixel a pixel*”, o qual “[...] considera a

ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos”. Matematicamente, o algoritmo utiliza-se a seguinte equação:

$$P_c = \left[ -0,5 \log_s(\text{Det}(V_c)) \right] - \left[ 0,5(X - M_c)^T (V_c)^{-1} (X - M_c) \right],$$

Em que:

$P_c$ =Probabilidade de o vetor X ser assinalado;

$V_c$ =Matriz de covariância de classe c contemplando todas as bandas (K,...,L);

$\text{Det}(V_c)$ =Determinante da matriz de covariância

X= Vetor de medidas dos pixels desconhecidos;

$M_c$ =Vetor das médias para cada classe c;

T= Matriz transposta.

Este algoritmo é considerado mais eficiente, pois “[...] as classes de treinamento são utilizadas para estimar a forma da distribuição dos pixels contidos em cada classe no espaço de  $n$  bandas, como também a localização do centro de cada classe” (MENEZES; ALMEIDA, 2012, p.202).

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

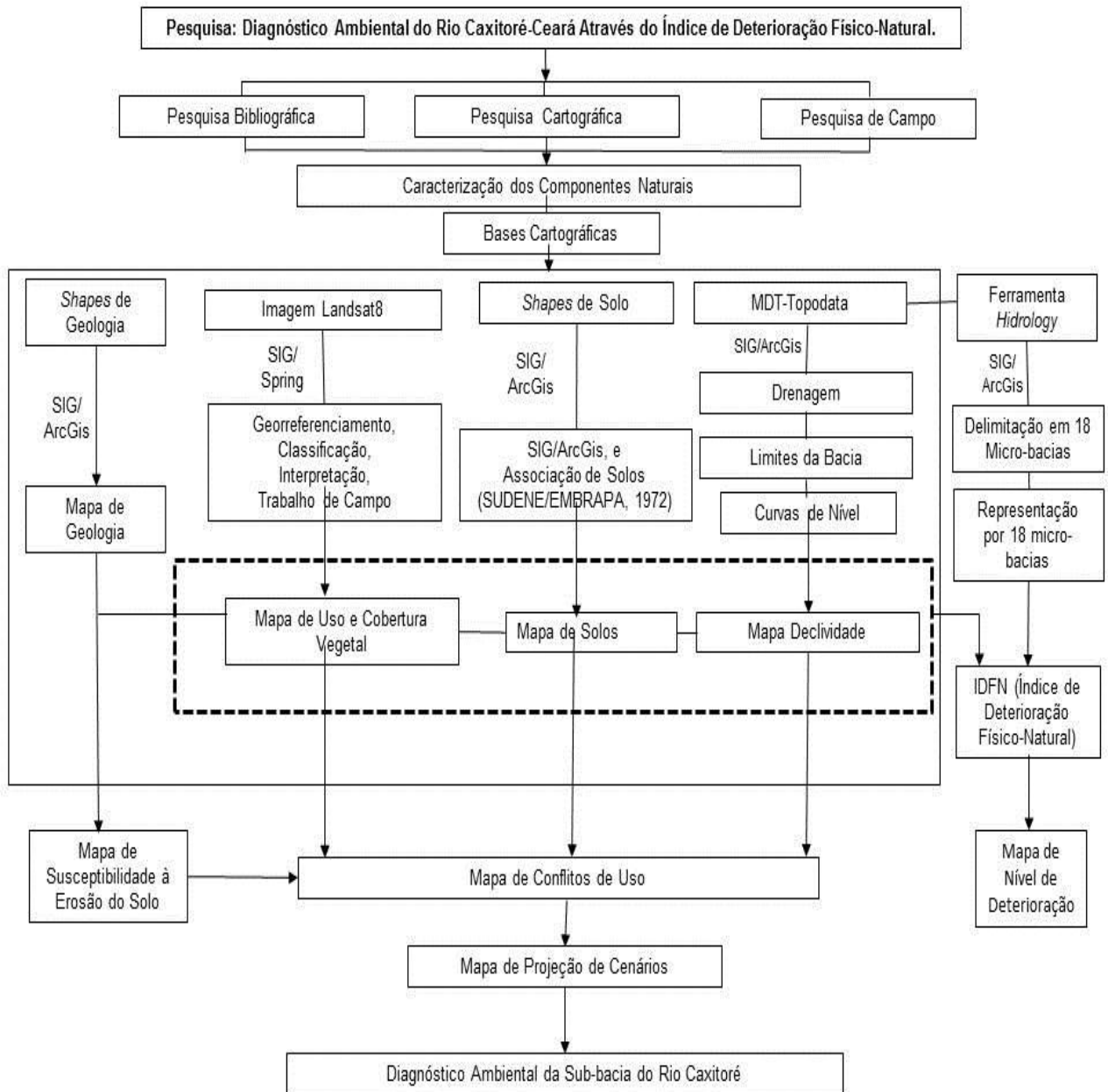
O material e método são uma base importante e necessária para atingir o objetivo da investigação, isto é, realizar o diagnóstico ambiental. Para isso, foram utilizados materiais bibliográficos, documentais e cartográficos.

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram os dados primários e os secundários pertinentes, bem como idas a campo, levantamento bibliográfico, cartográfico e documental, por meio de visitas a órgãos públicos para coleta de informações por meio de artigos, livros, dissertações, teses, documentos, análise de imagens de satélite e uso de mapas temáticos.

Com os métodos de Rocha (1997), Candido (2008) e Ranieri (1996) foram realizadas adaptações que, por sua vez, deram ênfase à realização e utilização da análise sobre o estado de deterioração da área de estudo. Com a utilização do material levantado e do processo metodológico elegido, chegou-se, com base em um índice de deterioração físico-natural, a um diagnóstico ambiental da sub-bacia.

Nessa etapa foram descritos os procedimentos metodológicos e os materiais utilizados para o desenvolvimento do trabalho, conforme fluxograma metodológico que sintetiza os procedimentos adotados no estudo sob o ponto de vista do diagnóstico ambiental (Figura 02).

**Figura 2 – Fluxograma metodológico**



Fonte: Elaborado pela autora.

### 2.4.1 Pesquisa bibliográfica

O levantamento bibliográfico e documental foi realizado nas bibliotecas da Universidade Estadual do Ceará e Universidade Federal do Ceará; no Departamento Nacional de Obras Contra à Seca (DNOCS); na Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH); e no laboratório de Geomorfologia Costeira e Continental (LAGECO/UFC), onde foram consultados livros, periódicos, dissertações e teses.

### 2.4.2 Pesquisa cartográfica

As técnicas cartográficas foram apoiadas no geoprocessamento. O geoprocessamento foi executado com os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) Spring e ArcGis 9.3 (com Licença Educacional), para fins de processamento das imagens e mapeamentos. O sistema operacional Excel foi utilizado para a tabulação de dados e elaboração de gráficos e tabelas.

Para o levantamento cartográfico os dados foram obtidos nos endereços eletrônicos pertencentes ao INPE; para o modelo de terreno o arquivo ZN (imagem e superfície) com atualização de 2011 do TOPODATA/SRTM (INPE, 2008); e para aquisição da imagem Landsat-8 do catálogo de imagens. E sobre as bases *shapefiles* (arquivos vetoriais), foram adquiridos da FUNCEME a base vetorial de solos, do IBGE foram obtidas os arquivos bases de vegetação, malhas municipais, estradas pavimentadas e não pavimentadas e pontos das sedes municipais; da COGERH foram utilizadas a toponímia da drenagem e açudes da sub-bacia do rio Caxitoré; os dados sobre os assentamentos são pertencentes ao INCRA; e a base de geologia é da CPRM. Os mapas tiveram como escala de trabalho 1: 250.000, e a escala de representação foi de 1:200.000.

A imagem utilizada do satélite Landsat-8 é multiespectral ortorretificada, com resolução 15 x 30 m. As bandas utilizadas foram 5, 4 e 3, respectivamente, com composição colorida RGB. O uso dessa composição se justifica por resultar no infravermelho, que é o ideal para classificação da cobertura vegetal.

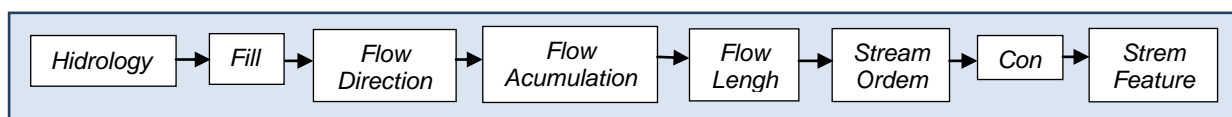
O arquivo ZN do TOPODATA/SRTM (INPE, 2008) consiste em um modelo digital de elevação (MDE) em que as suas falhas foram devidamente corrigidas, dos

dados originais SRTM, por Valeriano (2004)<sup>1</sup>. Esta imagem foi utilizada para a geração das curvas de níveis do terreno, para a delimitação dos limites da sub-bacia, microbacias, mapas de declividade e para o mapa de hipsometria. Foi feito o mosaico das articulações 03S405 e 04S405. A articulação das imagens possui resolução 1:250.000.

Destacam-se como resultado a elaboração dos mapas de localização, bem como: planimétrico, temático, geológico, geomorfológico, pedológico, hipsométrico, além dos mapas de sistemas ambientais, mapas de susceptibilidade à erosão, mapas de microbacias, mapas de conflitos de uso e mapa de projeção de cenários. Estes foram elaborados da seguinte forma:

a) Mapa de Microbacias: para aplicabilidade do Índice de Deterioração, fizeram-se necessária a delimitação da sub-bacia do rio Caxitoré e, *a posteriori*, a setorização em dezoito microbacias, com a finalidade de espacializar os níveis de deterioração por setores. Para isso, realizou-se, através do *ArcGis* 9.3. (com Licença Educacional), a delimitação da sub-bacia por meio do mosaico de imagens do “Topodata” de articulação 03S405 e 04S405, através da utilização da ferramenta do *Hidrology*. O esquema a seguir demonstra os principais procedimentos realizados no *software ArcGis/Hidrology*:

**Figura 3 – Procedimentos do mapa de microbacias**



Fonte: Elaborado pela autora.

b) Mapa de Uso, Ocupação e Cobertura Vegetal: este mapa foi resultado da classificação da imagem Landsat8 no ambiente do SIG Spring 5.3. Para a elaboração foi criado um banco de dados e projeto, e através da ferramenta “imagem” e “classificação” foi escolhido o tipo de análise “*pixel*” para maior precisão na classificação. Em “Treinamento” criou-se as categorias de classes (Área Urbanizada, Caatinga Aberta, Caatinga

<sup>1</sup> Este trabalho foi realizado com os dados SRTM, resultando em um desenvolvimento do MDE para todo o Brasil (VALERIANO, 2004).

Fechada, Mata Seca, Mata Ciliar, Pastagem e Cultivo, Corpos Hídricos, Solo Exposto, Nuvem e Sombra de Nuvem). A imagem possui cobertura de nuvens, por isso houve necessidade de criação das classes Nuvem e Sombra de Nuvem. Em Classificação de Imagens foi escolhido o classificador MAXVER, com limiar de aceitação de 100%, e utilizado “pós-classificação” para melhorar a qualidade da imagem.

c) Mapa de Declividade: para elaboração da declividade foi utilizada a imagem Topodata como referência do Modelo Digital do Terreno (MDT). Para este mapa foi criado um banco de dados e projeto no SIG Spring 5.3. Importada a imagem Topodata, foi criada, em Modelo de Dados, a “Grade de Declividade”. Na janela “Declividade” foi selecionada a unidade “Porcentagem”. Através da opção do SIG, selecionou-se: Análise >Geoestatística> Análise Exploratória. Por meio dos valores máximos, mínimos e mediana foram verificados os intervalos de fatiamento. Para as classes de fatiamento foram utilizadas a classificação da Embrapa, cujos respectivos níveis correspondem ao relevo plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte-ondulado (20-45%), montanhoso (45-75%) e escarpado (>75%).

d) Mapa Geológico: o mapa geológico da sub-bacia do rio Caxitoré foi baseado no levantamento geológico do Estado do Ceará da CPRM do ano de 2003.

e) Mapa Geomorfológico: a partir das curvas de nível, elaboradas através dos dados do Topodata, considerou-se a delimitação das unidades geomorfológicas. Para a delimitação dos maciços de menor elevação foram consideradas as curvas de níveis com cotas a partir de 200m, e a delimitação dos maciços mais elevados foi estimada a partir das cotas 300m.

f) Mapas de Solos: o mapa de solos da sub-bacia do rio Caxitoré foi baseado nas diferentes classes de solos existentes, por meio de dados de revisão bibliográfica e do serviço de Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará – 2008, executado pela Geosolos para a Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura (FCPC); e do *shapefile* de solos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) de 2010. A associação de solos teve como base o mapa exploratório -

reconhecimento de solos do estado do Ceará de escala 1: 600.000, da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do ano de 1972.

g) Mapa de Sistemas Ambientais: foi produzido com base no mapa e procedimentos geomorfológicos. Os serrotes e cristas foram delimitados pelas curvas de níveis com cotas a partir de 200m, e para a delimitação da serra de Uruburetama foram consideradas as cotas de 300m. Para a planície ribeirinha foi delimitada a partir do *shape* da drenagem da sub-bacia, através do *buffer* com 30m. Esta metragem foi baseada na área de APP de rio, de acordo com a Lei 12.651/12. Finalmente, para os sistemas dos sertões de Itapajé e Apuiarés, sertões de Irauçuba e Tejuçuoca e sertões de Pentecoste e Umirim foram considerados os seus limites municipais.

h) Mapa Hipsométrico: através da imagem Topodata foram geradas as curvas de níveis, com a ferramenta “*create contours*”, com “clip”. Foram recortadas as curvas de nível, dentro da área da sub-bacia, e com a opção “*create TIN*” foi produzida a hipsometria.

i) Mapa de Conflitos de Uso: este mapa foi produzido a partir do método de álgebra de mapas (Linguagem Legal) (ver Anexo 05). Teve como base a sobreposição de mapas de pedologia, declividade e classificação de uso da terra e cobertura. Os solos atribuídos para o mapa pedológico tiveram os seguintes pesos: planossolos - peso 1; argilossolos: peso 2; luvisolos: peso 3; vertissolos: peso 4; e neossolos: peso 5. O mapa de declividade possui os seguintes valores: relevo plano: peso 1; relevo suave – ondulado: peso 2; relevo ondulado: peso 3; relevo forte ondulado: peso 4; relevo montanhoso: peso 5; relevo escarpado: peso 6. Para o mapa de uso da terra e cobertura vegetal os pesos utilizados foram os seguintes: Caatinga fechada: peso 1; mata ciliar: peso 2; Caatinga aberta: peso 3; pastagem e cultivo: peso 4; solo exposto: peso 5; e área urbanizada: peso 6. Para os fatores como solos, declividade e uso da terra e cobertura vegetal foi utilizada a distribuição de pesos na equação:

$$\text{Mapa de Conflitos} = (\text{mapa de solos} \times 0,25) + (\text{mapa de declividade} \times 0,35) + (\text{mapa de uso da terra e cobertura vegetal} \times 0,40)$$

Se somados, os valores utilizados na equação resultariam no peso

Quanto maior for o peso, maior será a susceptibilidade para o conflito de uso na área. Neste sentido, os pesos utilizados na equação seguem o seguinte nível:  $0,25 < 0,35 < 0,40$ .

j) Mapa de Susceptibilidade à Erosão: para este mapa foi utilizada a sobreposição de mapas, como geologia, solos, uso da terra e cobertura vegetal (Linguagem Legal) (ver Anexo 05). Foi utilizado o peso 1 para litologia do embasamento cristalino e peso 2 para a litologia sedimentar. Os solos e uso da terra e cobertura vegetal possuem os mesmos dados do mapa de conflitos. Foi utilizada a seguinte equação:

Mapa de Susceptibilidade = (mapa de geologia  $\times$  0,15) + (mapa de solos  $\times$  0,25) + (mapa de uso da terra e cobertura vegetal  $\times$  0,30) + (mapa de declividade  $\times$  0,30)

Se somados, os valores utilizados na equação resultariam no peso 1. Quanto maior for o peso, maior será a susceptibilidade para o conflito de uso na área. Nesse, sentido os pesos utilizados na equação seguem o seguinte nível:  $0,25 < 0,35 < 0,40$ .

k) Mapa de Projeção de Cenários de Uso Atual: para este mapa foram utilizados os mesmos procedimentos e parâmetros do mapa de conflitos de uso.

l) Mapa de Projeção de Cenários de Uso Planejado: este mapa foi produzido com base nos mesmos procedimentos do mapa dos conflitos de uso. Foi elaborado por meio dos mapas de solos, declividade e classificação de uso da terra e cobertura. O mapa pedológico e o mapa de declividade tiveram os mesmos pesos considerados no mapa de conflitos de uso. Houve somente alteração no mapa de uso da terra e cobertura vegetal, pois os seus pesos foram alterados na seguinte forma: para pastagem e cultivo e solo exposto foi atribuído o peso 2.

### **2.4.3 Pesquisa de campo**

Os trabalhos de campo foram realizados com o objetivo de reunir as informações sobre as condições físicas e geográficas da área, reconhecer as diversas formas de uso e ocupação, reconhecer os sistemas ambientais e os fatores

de degradação da área. Os levantamentos de campo ocorreram com o apoio do material cartográfico, do sistema GPS e dos registros fotográficos.

#### **2.4.4 Métodos**

##### **2.4.4.1 Adaptação da metodologia base da pesquisa do Diagnóstico Físico Conservacionista (D.F.C.)**

A pesquisa foi desenvolvida com base em Rocha (1997), o qual utiliza o índice de Deterioração em um Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC). Foi realizada uma adaptação desse método e, assim, passou a ser classificado como um Diagnóstico Físico-Natural.

O DFC de Rocha (1997) trabalha com quatro variáveis, a saber: classes de uso da terra, coeficiente de rugosidade, uso da terra e conflitos. Já o DFN trabalha com as adaptações abaixo listadas.

- a) Classes de uso da terra: através da classificação da imagem Landsat8 no SIG Spring 5.3. e com checagem de campo.
- b) Potencial Erosivo do Solo: considera a declividade do terreno tendo como referência a classificação da Embrapa (1999), os tipos de solos, a geologia e o tipo de uso da terra e cobertura vegetal.
- c) Uso da Terra e Cobertura Vegetal Atual: a relação entre o uso da terra e cobertura vegetal é feita através do SIG Spring 5.3., por meio da classificação da imagem Landsat-8, usando o algoritmo MAXVER e com base em trabalho de campo.
- d) Mapa de Projeção de Cenários de Uso Atual: é feito com sobreposição, usando álgebra de mapas. Além disso, é elaborado por meio dos mapas de pedologia, declividade e classificação de uso da terra e cobertura vegetal. Os mapas de solos, declividade e uso e cobertura vegetal tiveram os mesmos pesos do mapa de conflitos de usos.

#### 2.4.4.2 Adaptação dos Níveis de Deterioração

Os níveis de deterioração por microbacias foram determinados a partir de uma adaptação da metodologia de Candido (2008). A sub-bacia do rio Caxitoré foi dividida em 18 microbacias. Conforme as variáveis ambientais iam sendo avaliadas, os pesos foram atribuídos por meio de critérios como vegetação e solo exposto, declividade, solo (potencialidade do solo para o plantio), susceptibilidade à erosão e área de conflito. Os pesos atribuídos para as variáveis ambientais podem ser vistos no Quadro 01.

Com isso, houve a soma dos pesos dos indicadores encontrados por cada microbacia. Estes pesos totais foram somados e organizados em níveis de deterioração, como baixo, moderado, acentuado e severo.

**Quadro 1 – Pesos Atribuídos em cada Variável Ambiental**

(continua)

<b>Solos</b>	Terra boa para plantar	Terra regular para plantar	Terra inadequada para plantar.			
	Peso 1	Peso 2	Peso 3			
<b>Declividade</b>	Plano	Suave Ondulado	Ondulado	Forte Ondulado	Montanhoso	Escarpado
	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Peso 5	Peso 6
<b>Cobertura e Ausência de Vegetação</b>	Fechada	Semi-densa	Aberta	Rala	Solo Exposto	
	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Peso 5	
<b>Susceptibilidade à Erosão</b>	Baixa Susceptibilidade	Média Susceptibilidade	Alta Susceptibilidade			
	Peso 1	Peso 2	Peso 3			

(conclusão)					
Níveis de Conflitos	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Peso 5

Fonte: Elaborado pela autora.

#### 2.4.4.3 Adaptação do índice de deterioração

O método de Rocha (1997) possibilitou o suporte principal para atingir o índice de deterioração físico-natural por microbacias, utilizando-se do modelo estatístico da regressão linear ( $y=a.x+b$ ). O conceito geral da deterioração ambiental varia de 0% (sem deterioração) a 100% (máxima deterioração), valores de  $y$  que figuram na equação da reta. Para determinar a equação da reta ( $y = ax + b$ ), os coeficientes  $a$  e  $b$  serão calculados da seguinte forma:

1º: por meio de um sistema de equação ( $y = ax' + b$ ), onde:

$y = 0\%$ de deterioração	$x'$ = valor mínimo (valor mínimo = 1 de cada ação proposta x número de ação, o que corresponde a 1 para a magnitude e a 1 para a importância do impacto).
---------------------------	--

2º: pelo sistema de equação ( $y = ax'' + b$ ), onde:

$y = 100\%$ de deterioração	$x''$ = valor máximo (valor máximo = 10 de cada ação proposta x número de ações, o que corresponde a 10 para a magnitude e a 10 para a importância do impacto).
-----------------------------	---

Com os valores dos coeficientes  $a$  e  $b$  determinados foi calculada a equação da reta. Com esta equação, calculou-se o valor de  $y$  em função do peso total ( $x$ ). De acordo com Rocha (1997), o valor da deterioração ( $y$ ) de 10% é considerado como aceitável. Outros trabalhos de pesquisa no nordeste também utilizaram a porcentagem de 10% como aceitável<sup>2</sup>.

A deterioração físico-natural resultou nos valores máximo, mínimo considerado e a moda. A moda ( $M_o$ ) é um elemento representativo de relevância e

<sup>2</sup> Silva e Mattos (2013), Melo *et al.* (2010) e Barros; Chaves e Farias (2014).

diz respeito ao que ocorre com mais frequência. A numeração “1” representa a resposta “não”, e “2” representa a resposta “sim”. O total, fator ambiental “x”, é atribuído pelo somatório da moda. O gráfico nos eixos abscissas (x) e ordenadas (y) demonstra o desenvolvimento de dois fenômenos: “deterioração” e o valor significativo da moda, que possui uma associação de independência. O valor y em % condiz com o valor da deterioração dado em porcentagem. Utilizou-se a equação ( $y=20x(-100)$ ) para o cálculo do índice de deterioração para as microbacias, e a equação ( $y=1,11x+(-99,8)$ ) foi utilizada para o cálculo da sub-bacia.

Foram utilizados os seguintes fatores no cálculo do índice: i) declividade do relevo, ii) susceptibilidade à erosão dos solos, iii) solos expostos, iv) pastagem e cultivo e v) área urbanizada. A aplicação do índice de deterioração identifica as porcentagens de danos nas microbacias.

#### 2.4.4.4 Projeção de cenários

Na projeção de cenários foram levadas em consideração alternativas de uso da terra, com base na adaptação de Ranieri (1996). Além disso, utilizou-se o geoprocessamento (técnicas como SIG e GPS) para demonstrar os níveis de conflitos de uso, bem como as devidas alternativas de planejamento. Para tanto, foi considerado um cenário com proposta de planejamento em relação aos principais fatores deteriorantes da sub-bacia. Assim, os pesos para os fatores de vegetação, solos expostos, pastagem e cultivo foram retribuídos (Quadro 02). Estes fatores têm relação direta com o desmatamento, as queimadas, o plantio em vertentes sem técnica adequada e a extração de madeira.

**Quadro 2 – Distribuição de pesos para os fatores ambientais, por tipo de cenário**

<b>Indicadores</b>	<b>Peso no Cenário Atual</b>	<b>Peso no Cenário Planejado</b>
Pastagem e Cultivo	Peso 4	Peso 2
Solo Exposto	Peso 5	Peso 2

Fonte: Elaborado pela autora.

Foi utilizada a seguinte expressão para gerar o mapa do cenário planejado:  $(\text{solos} \times 0,25) + (\text{declividade} \times 0,35) + (\text{uso da terra e cobertura da vegetação} \times 0,40)$ . Quanto maior é o valor maior será a susceptibilidade dos fatores de conflitos (solos, declividade, uso da terra e cobertura da vegetação).

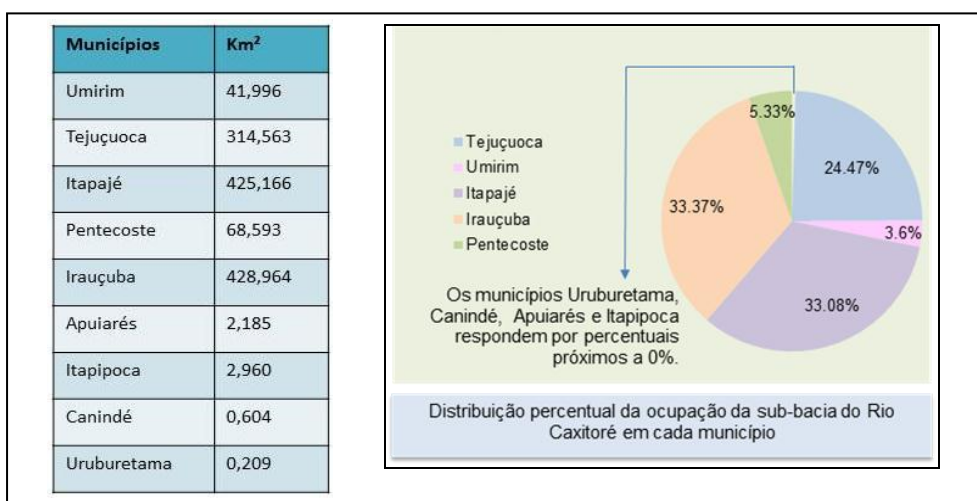
### 3 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES NATURAIS DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ

A caracterização da área de estudo tem como objetivo explicitar os condicionantes naturais que compõem a sub-bacia do rio Caxitoré. Inicialmente será feita uma apresentação e delimitação da sub-bacia do Rio Caxitoré, bem como os diversos sistemas ambientais que a compõem. São levados em consideração, também, os aspectos físicos, tendo como produto final uma síntese dos aspectos geológicos, geomorfológicos, hidroclimáticos, pedológicos e vegetacionais.

#### 3.1 A SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ (CE)

A sub-bacia do rio Caxitoré está localizada no Nordeste brasileiro, mais precisamente na porção noroeste do estado do Ceará. Abrange os municípios Tejuçuoca, Umirim, Itapajé, Irauçuba, Pentecoste, Uruburetama, Canindé, Apuiarés e Itapipoca, correspondendo, respectivamente, a 24.48%, 3.27%, 33.08%, 33.38%, 5.34%, 0.02%, 0.05%, 0.17% e 0.23% das áreas dos municípios distribuídos na sub-bacia (Figura 4). Entre os municípios de Umirim e Pentecoste está presente o açude da sub-bacia, o Caxitoré, ocupando 30% e 80% do território de Umirim e Pentecoste.

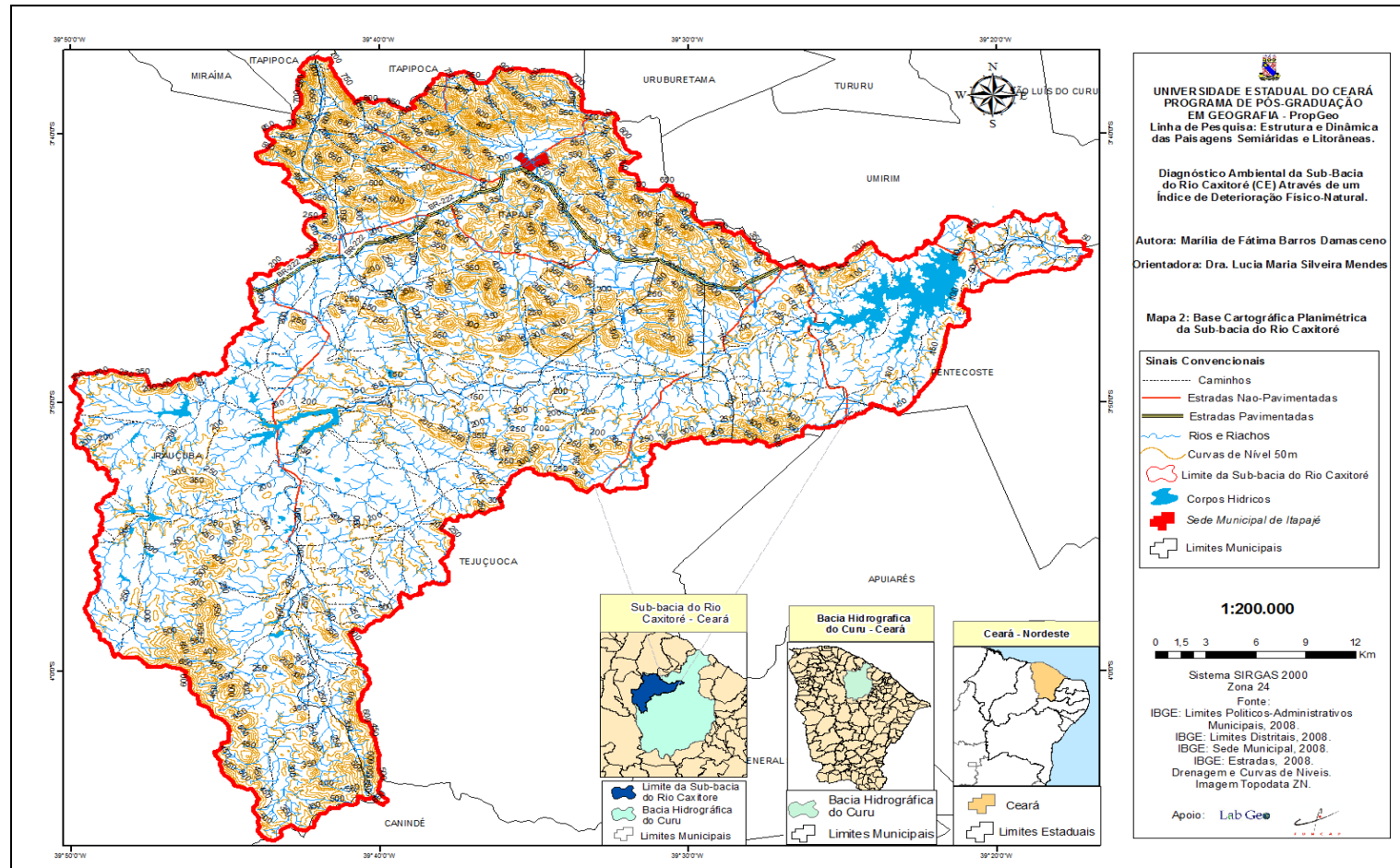
**Figura 4 - Áreas em Km<sup>2</sup> e percentual dos municípios abrangentes à sub-bacia do Rio Caxitoré/CE**



Fonte: Elaborado pela autora.

O acesso à sub-bacia do rio Caxitoré (Mapa 2) se dá, principalmente, pela rodovia BR 222, que passa pelo município de Umirim, perpassa o município de Itapajé e chega em direção ao município de Irauçuba. No município de Itapajé existem as cotas mais elevadas, atingindo até 950 m, com proximidades do município de Itapipoca e do Riacho Escorado. Além disso, há duas estradas não pavimentadas entre os municípios de Umirim e Pentecoste, três em Itapajé, dois em Tejuçuoca (sendo que uma destas estradas faz fronteira com município de Irauçuba). A sub-bacia é repleta de caminhos que completam e interligam as estradas não pavimentadas. Sua foz localiza-se entre os municípios de Umirim e Pentecoste, nas proximidades do açude Caxitoré.

**Mapa 2- Base cartográfica planimétrica da sub-bacia do Rio Caxitoré**



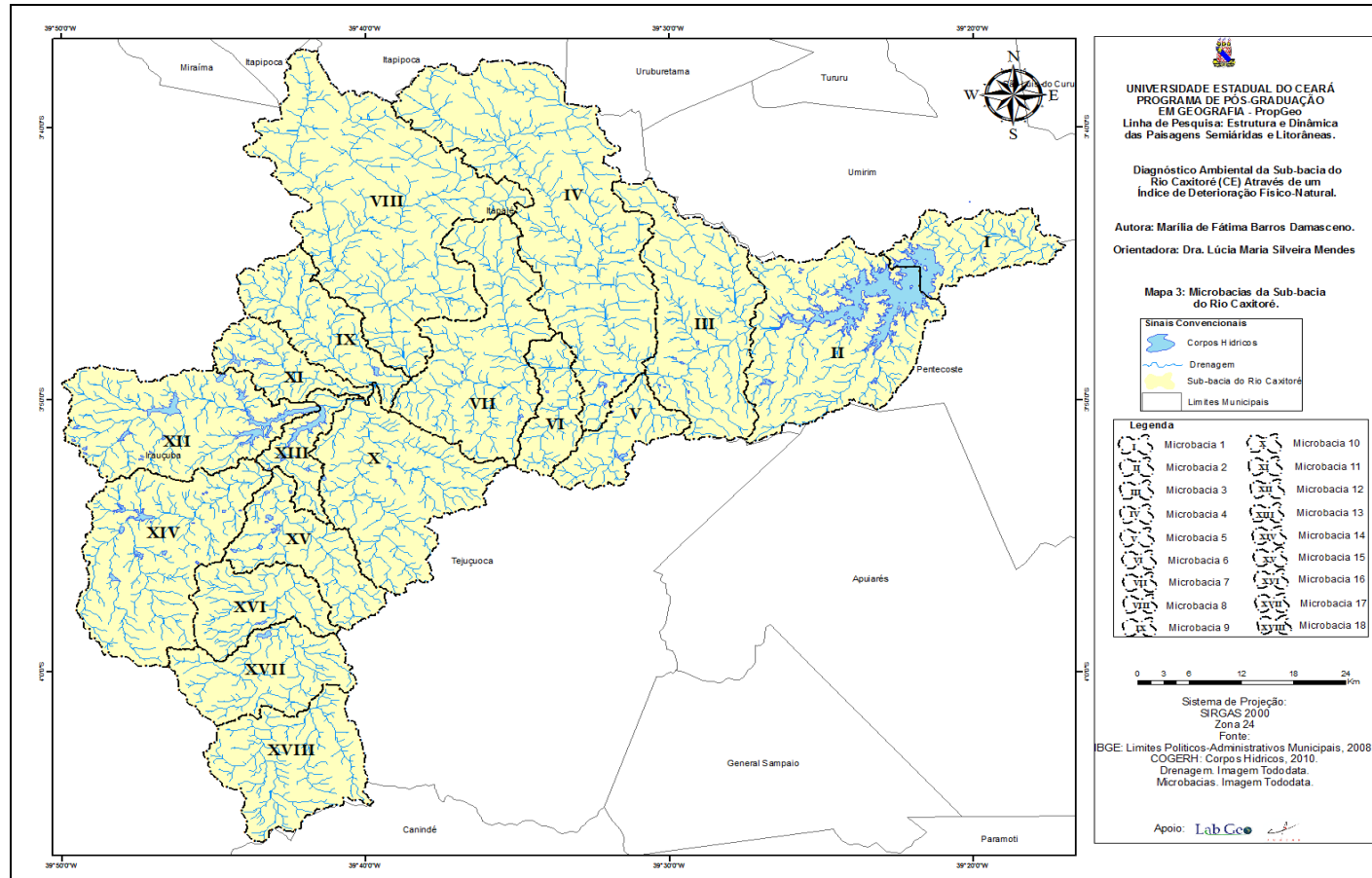
Fonte: Elaborado pela autora.

### **3.1.1 Divisão da sub-bacia do rio Caxitoré em microbacias**

A delimitação da sub-bacia do rio Caxitoré por microbacias foi realizada através do SIG *ArcGis* 9.3. Com esta ferramenta, a sub-bacia foi delimitada em dezoito microbacias. Essa delimitação em microbacias resultou em áreas hidrologicamente homogêneas (Mapa 3). Foi realizado, ainda, um estudo quantitativo com porcentagens e níveis de deterioração.

Através do “Mapa de Susceptibilidade à Erosão” e do “Mapa de Nível de Deterioração por Microbacias” (Anexo 2) foi possível explicar o nível de setorização em microbacias. No item “O Diagnostico Ambiental com Base em Índice de Deterioração Físico-Naturais da Sub-Bacia”, foram utilizadas as microbacias para análise estatística com base do índice de deterioração e para o estudo e representação em níveis de deterioração.

### Mapa 3 – Microbacias da Sub-bacia do Rio Caxitoré



Fonte: Elaborado pela autora.

## 3.2 SISTEMAS AMBIENTAIS

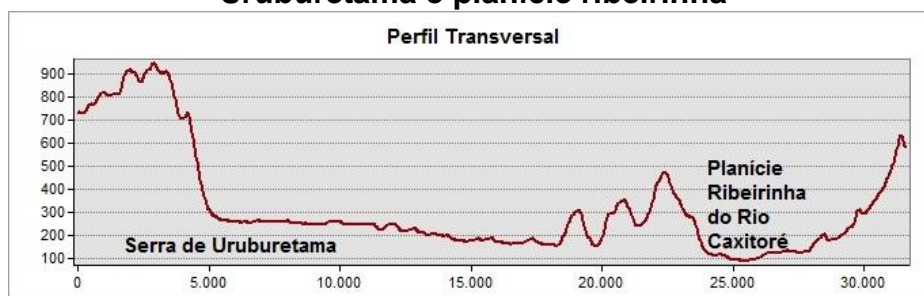
Os sistemas ambientais foram delimitados segundo o critério geomorfológico. Souza (2007) considera que, com a geomorfologia, a delimitação é mais precisa, sendo feita por meio dos seus limites de relevo e feições do modelado. Os sistemas ambientais são integrados por variados elementos que mantêm relações mútuas, representando, assim, cada sistema como uma unidade de organização do ambiente (SOUZA, 2006).

Desta forma, a sub-bacia do rio Caxitoré foi dividida em seis sistemas ambientais: 1) Serrade Uruburetama; 2) Sertões de Itapajé e Apuiarés; 3) Sertões de Irauçuba e Tejuçuoca; 4) Sertões de Pentecoste e Umirim; 5) Planície Ribeirinha e 6) o subsistema de sertões como Serrotes e Cristas (Mapa 4).

### 3.2.1 Serra de Uruburetama

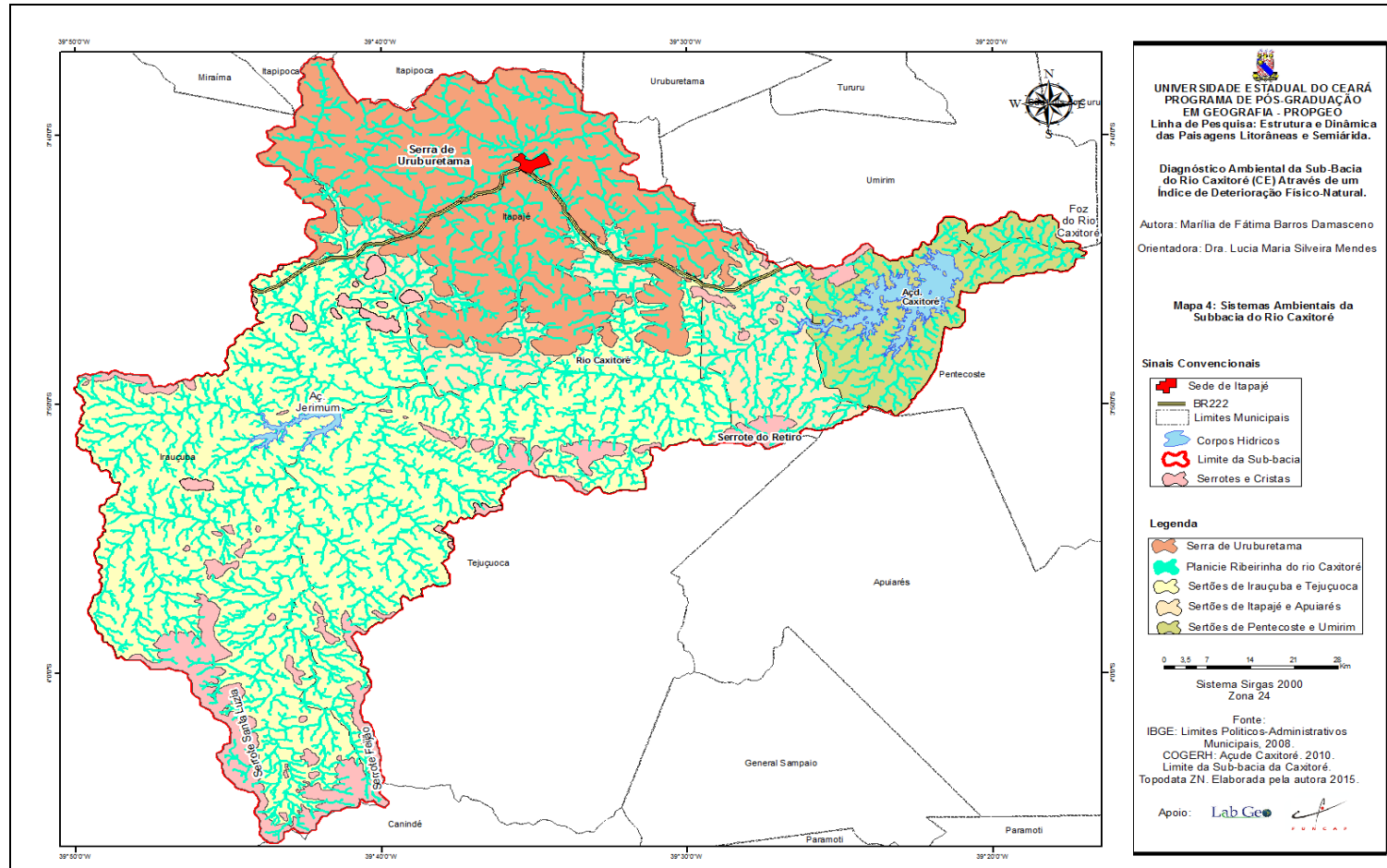
O sistema serra de Uruburetama representa 18% da área da sub-bacia, com uma extensão de 314,62171km<sup>2</sup>, considerando o recorte territorial da área de estudo. É uma espaço em que o relevo predominante é o ondulado, seguido do revelo montanhoso, com picos de altimetria de mais de 900m (Gráfico 1).

**Gráfico 1 - Perfil longitudinal dos sistemas ambientais serra de Uruburetama e planície ribeirinha**



Fonte: Elaborado pela autora.

**Mapa 4 - Sistemas ambientais da sub-bacia do Rio Caxitoré/CE**



Fonte: Elaborado pela autora.

Há presença de associações de solos, como o argiloso vermelho amarelo e neossolo litólico. A cobertura da vegetação é representada, principalmente, por manchas de mata seca e caatinga nos sopés da serra (Figura 5).

**Figura 5 - Sistema ambiental serra de Uruburetama no município de Itapajé**



Fonte: Elaborado pela autora. Afloramento rochoso no município de Itapajé (Pedra do Frade), localizada especificamente na localidade de Vila do Rosário.

O sistema ambiental serra de Uruburetama é a área mais urbanizada dentro dos limites da sub-bacia, possuindo a sede municipal no município de Itapajé. Nessa área há estrutura de comércios, restaurantes, pousadas, instituições municipais, estação rodoviária, postos de saúdes, além de outros estabelecimentos. Na área rural do município a principal prática de agricultura de subsistência é o plantio da banana, sendo cultivada nas margens dos rios e em áreas de vertentes.

### **3.2.2 Sertões**

Os sertões é o sistema ambiental mais representativo na sub-bacia, com cerca de 78% da área. É um sistema onde há superfícies dissecadas e

superfícies pediplanadas, apresenta um relevo suavemente ondulado, tendo, respectivamente, altimetria de 150m e 200m, com presença de crista residual na sua porção meridional da sub-bacia (Gráfico 2).

**Gráfico 2 - Perfil Longitudinal dos sistemas ambientais serrotes e sertão**



Fonte: Elaborado pela autora.

Os sertões de Itapajé e Apuiarés possuem uma área de, aproximadamente, 427,3508km<sup>2</sup>, e corresponde a 25% da sub-bacia. Apresenta o embasamento cristalino do Complexo Ceará e, principalmente, da Unidade Canindé, seguido da Unidade Independência e Complexo Tamboril-Santa Quitéria. Neste sistema ambiental, existem associações de solos como argilossolo vermelho-amarelo, luvisolo crômico e neossolo litólico, assim como o planossolo, em menor proporção. Possui uma maior predominância de cobertura vegetal de caatinga fechada.

Os sertões de Irauçuba e Tejuçuoca têm uma área de, aproximadamente, 743,5288km<sup>2</sup>, com o percentual de 44% do território da sub-bacia. Predomina o Complexo Ceará de Unidade Canindé e Independência, com a presença da Unidade de Granitoides. É uma unidade em que há uma maior parcela das feições com superfícies dissecadas da sub-bacia. As associações de solos são de neossolos litólico, luvisolos crômico, planossolos solódicos e argilossolos vermelho-amarelo, e uma área menor com vertissolos. Neste sistema ambiental a cobertura de vegetação predominante é caatinga aberta e fechada.

Os sertões de Pentecoste e Umirim ocupam uma área de, aproximadamente, 110,5890 km<sup>2</sup>, correspondendo a 7% da área da sub-bacia. É um sistema que predomina o Complexo Ceará de Unidade Canindé e Independência. É a unidade de nível mais rebaixado da sub-bacia, com

altimetria de áreas variando de 1m a 150m, e áreas de menores proporções com faixa de 300m a 450m.

Existem associações de maior proporção, com presença de luvisolos crômico, seguido de neossolos litólicos e argilossolos vermelho-amarelo. Neste sistema ambiental estão presentes, em maior proporção, as caatingas densa e arbustiva, com presença de solos expostos, sobretudo no município de Irauçuba.

De forma geral, o sistema Sertão possui solos rasos, pedregosos, com afloramento de rochas e embasamento cristalino (Figura 6). Nesse sistema, há predominância da agricultura de subsistência e da pecuária, com cultivo do feijão e do milho.

**Figura 6 - Afloramento de rocha no município de Umirim**



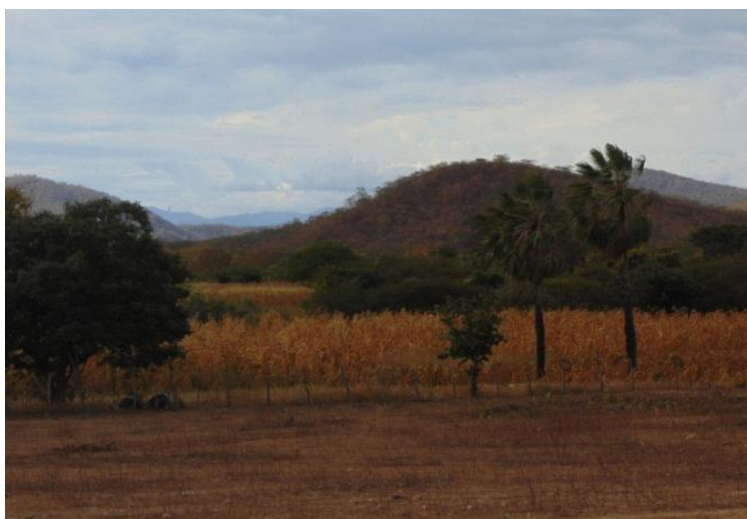
Fonte: Elaborado pela autora. Afloramento rochoso às margens do rio Caxitoré localizado no município de Umirim.

### **3.2.3 Serrotes e cristas**

O sistema ambiental de “serrotes” corresponde a unidades com relevo predominante ondulado, ocupando uma área aproximada de 93,0677km<sup>2</sup> e correspondendo a 5% da sub-bacia. Esses sistemas estão distribuídos ao longo do sertão do município de Itapajé, Irauçuba e Tejuçuoca.

Inserida nos sertões de Irauçuba e Tejuçuoca as restritas elevações completam a paisagem de diversidade no semiárido. Neste sistema existem associações de solos, como neossolos litólicos, argissolos vermelho-amarelo e luvisolos crômico, coberto pela vegetação da caatinga. É um sistema ambiental que, de forma geral, não é utilizado para ocupação (Figura 7)

**Figura 7 - Subsistema ambiental serrotes e cristas no município de Tejuçuoca**

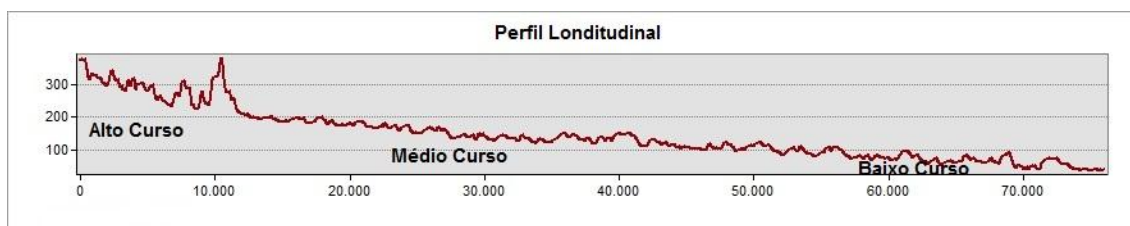


Fonte: Elaborado pela Autora. Plantação de milho às margens do rio Caxitoré no município de Tejuçuoca.

#### **3.2.4 Planície Ribeirinha**

A principal planície ribeirinha é representada pelo rio Caxitoré, que, por sua vez, é o principal da sub-bacia. Este sistema possui uma área aproximada de 11,5781km<sup>2</sup>, e representa 1% do total da área da sub-bacia. O perfil longitudinal da sub-bacia possui uma restrita variação em sua altimetria, o maior nível é de 300m, localizado na orientação sudeste da sub-bacia, especificamente no serrote Feijão, tendo a mínima de 100m de altimetria (Gráfico 3).

### Gráfico 3 - Perfil Longitudinal dos sistemas ambiental planície ribeirinha

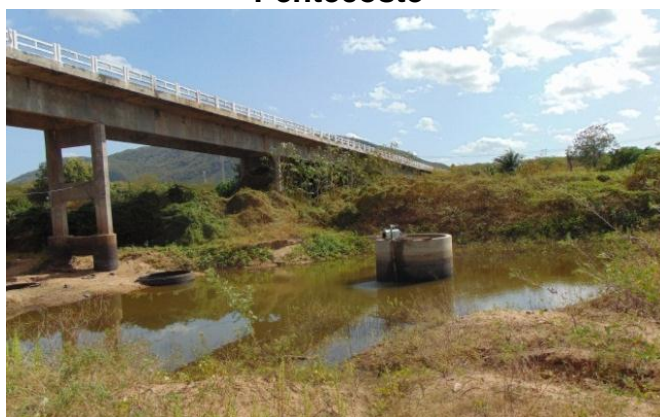


Fonte: Elaborado pela autora.

Este sistema está sobre a unidade litológica do Complexo Canindé, com predominância da Unidade Canindé, e possui maior proporção de acumulação dos sedimentos aluviais na foz do rio Caxitoré, que deságua no rio Curu.

Em algumas áreas da planície não apresenta cobertura de mata ciliar, pois esta vegetação é extraída ou queimada, sobretudo para a prática do plantio. Os solos da sub-bacia, nesses solos flúvicos, com seu potencial natural, são utilizados, principalmente, para o plantio de culturas de subsistência. Nesta planície ribeirinha, quando há uma vazão suficientemente favorável, a população cultiva acultura de várzea, como a banana e, principalmente, o feijão e o milho. A planície é usada para captação de água, através da perfuração de poços no leito do rio. A Figura 8, registrada no primeiro semestre de 2014, mostra o rio Caxitoré no município de Tejuçuoca, demonstrando as características de intermitência do rio.

**Figura 8 - Sistema ambiental de planície ribeirinha no município de Pentecoste**



Fonte: Elaborado pela autora. Rio Caxitoré próximo a CE-168 no município de Pentecoste.

### 3.2.5 Potencialidades e limitações dos sistemas ambientais

Souza (2007) trata cada ambiente, com seus correspondentes nas potencialidades e limitações do meio, na seguinte perspectiva:

a) Os sertões são ambientes que possuem uma pluviometria concentrada e irregular, com solos susceptíveis à erosão, vulnerabilidade à salinização de solos e de corpos hídricos, solos rasos e afloramentos rochosos. É, também, favorável a atividades como pecuária extensiva e recuperação ambiental.

b) Os serrotes e cristas têm como potencialidade a fertilidade natural dos solos de média à alta, e as limitações são a declividade das vertentes; alta susceptibilidade à erosão dos solos; e áreas protegidas pela legislação ambiental em encostas com declives fortes.

c) A serra de Uruburetama tem suas potencialidades voltadas às condições hidroclimáticas favoráveis, à fertilidade natural dos solos de médias à alta. Já a limitação de uso está relacionada à declividade forte nas vertentes; impedimentos à mecanização; alta susceptibilidade à erosão; áreas protegidas pela legislação ambiental em encostas com declividades fortes.

d) O sistema da Planície Ribeirinha tem suas potencialidades ligadas à agricultura, aos recursos hídricos, à pesca artesanal e aos atrativos turísticos e de lazer. Suas limitações correspondem a restrições legais associadas a matas ciliares, salinização e inundação periódica, mineração descontrolada e expansão urbana nos baixos níveis de terraços fluviais.

**Quadro 3 - Síntese dos sistemas ambientais da sub-bacia do Rio Caxitoré/CE**

SISTEMAS AMBIENTAIS	UNIDADES GEOLOGICAS	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS/ FEIÇÕES	HIDROGRAFIA	ASSOCIAÇÕES DE SOLOS	VEGETAÇÃO	USO ATUAL PREDOMINANTE
<b>PLANÍCIE RIBEIRINHA</b>	Depósitos Aluviais	Formas de Acumulação "Planície Aluvial" / Depósitos Aluviais	Rio Caxitoré	Neossolo Flúvico	Mata Ciliar	Captação de Água Extração de Areia Cultivo
<b>SERROTES E CRISTAS</b>	Complexo Tamboril-Santa Quitéria, Complexo Ceará (Unidade Independência)	Maçiços Residuais/ Cristas Residuais	Rch. Fresco	Neossolo Litólico Argilossolo Vermelho-Amarelo, Afloramento de Rochas	Caatinga (estrato arbustivo à arbóreo superior, esparso e inferior gramíneo lenhoso).	Sem presença de Ocupação e Uso
<b>SERRA DE URUBURETAMA</b>	Complexo Tamboril-Santa Quitéria	Maçiços Residuais/ Maçiços Residuais Elevados	Rch. São Tomé, Rch. da Forquilha, Rch da Balança, Rch. Maritatará, Rch. Frade, Rch. do Escorado, Rch. dos Santos, Rch. Fresco, Rio Itapajé, Rch. Barro Vermelho, Rch. do Capim Açú,	Argilossolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico, Afloramento de Rocha	Mata Úmida, Mata Seca, Caatinga.	Urbanização Cultivo Criação de Animais.
<b>SERTÕES DE ITAPAJÉ E APUIARÉS</b>	Granitóides diversos	Depressão Sertaneja/ Superfícies Dissecadas e Granitoides	Rch. Arapuá, Rch. do Oratório, Rch. do Papagaio, Rch. do Silvo, Rch. da ação, Rio São Joaquim.	Luvissolo crômico, Argilosso Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico, Afloramento de Rocha	Caatinga (com estrato herbáceo à arbustivo).	Cultivo Criação de Animais Propriedades Rurais
<b>SERTÕES DE IRAUÇUBA E TEJUÇUOCA</b>	Complexo Ceará (Unidade Canindé)	Depressão Sertaneja/ Superfícies Dissecadas e Pediplanada	Rch. do Sangue, Rch. Passos, Rch. do Muquém, Rch. da Lavra, Rch. Trapiá, Rch. Flores, Rch. Pau Branco, Rch. Salgadinho, Rch. Patrona, Rch. Barro Vermelho, Rch. Arara, Rch. do Serrote, Rch. do Mocó, Rch. da Barra, Rch. Cachoeira, Rio da Consulta, Rio Livramento, Rio do Bicho, Rio Mandacaru.	Vertissolos, Planossolos, Neossolo Litólico, Luvissolo Crômico.	Caatinga (com espécies distribuídas de forma espaçadas e estrato arbustivo à gramíneo).	Cultivo Criação de Animais Propriedades Rurais
	Complexo Ceará (Unidade Independência)					
	Complexo Tamboril-Santa Quitéria	Maciço Residual/ Níveis Residuais Elevados e Superfícies Dissecadas				
<b>SERTÕES DE PENTECOSTE E UMIRIM</b>	Complexo Ceará (Unidade Canindé e Unidade Independência) Complexo Tamboril-Santa Quitéria	Cristas Residuais e Superfícies Pediplanadas.	Rch. do Marim e Rio Caxitoré	Neossolo Litólico, Luvissolo Crômico	Caatinga (estrato arbustivo à gramíneo).	Cultivo Criação de Animais Propriedades Rurais

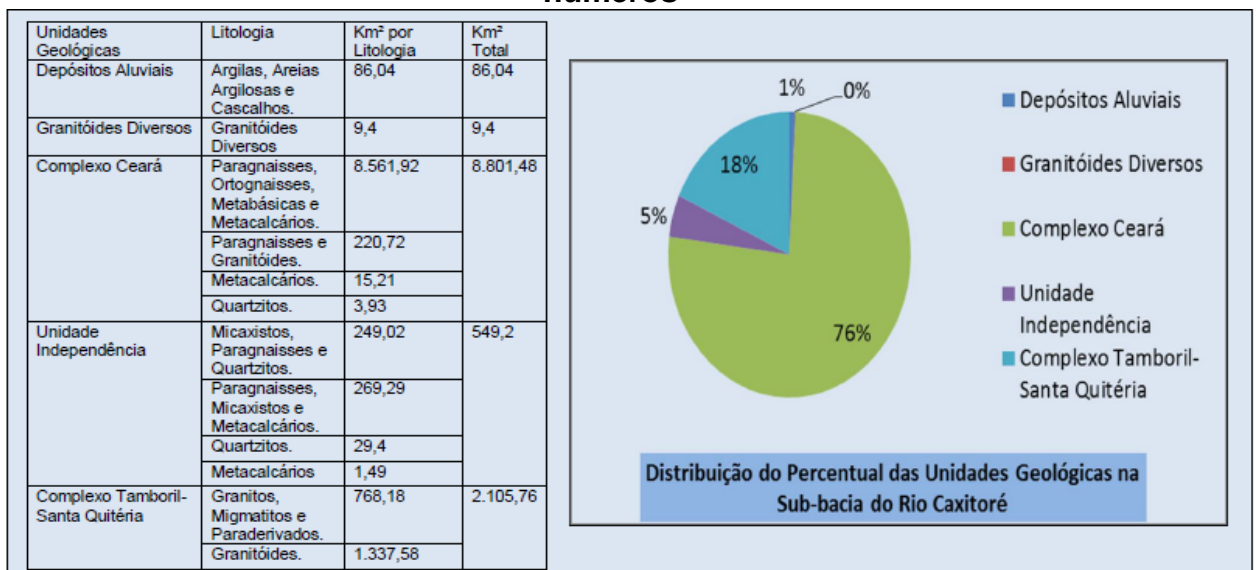
Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.3 SÍNTESE DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

A área de estudo está localizada no Complexo Nordestino, sendo um conjunto litológico que corresponde a uma geologia pré-cambriana da porção mais setentrional do estado do Ceará (RADAMBRASIL, 1981). Ao considerar a sub-bacia do rio Caxitoré este complexo divide-se em unidades litológicas, que correspondem ao Complexo Tamboril-Santa Quitéria, ao Complexo Ceará, à Independência, aos granitoides diversos e aos depósitos aluviais.

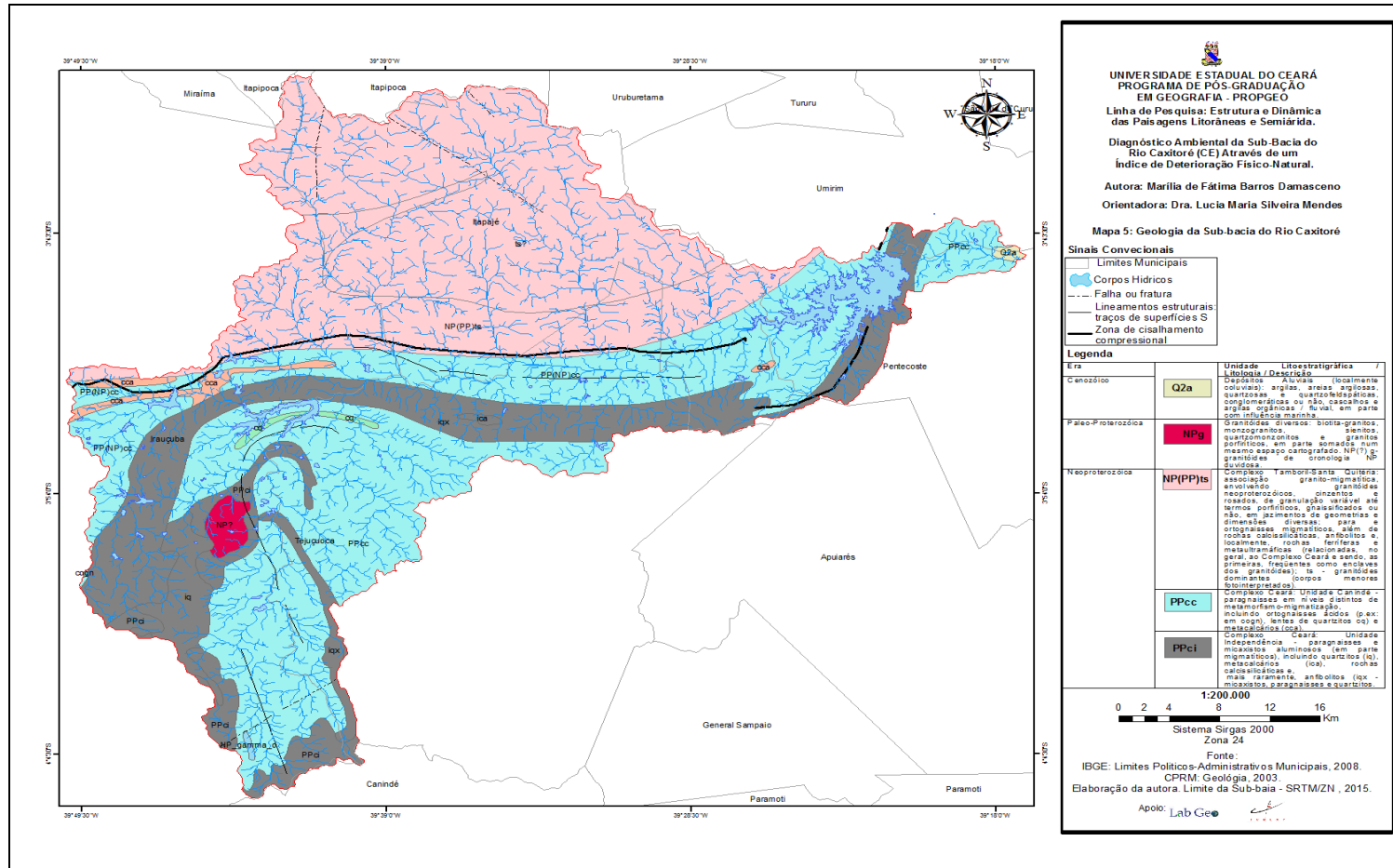
No Complexo Ceará predomina, também, área de sub-bacia, com 8.801,48 km<sup>2</sup>, ou seja, 76% do território abrangendo parcela considerável do município de Itapajé (Figura 9), seguido do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, com 2.105,76 Km<sup>2</sup>, ou seja, 18% da área abrangendo os municípios de Tejuçuoca e Irauçuba, ressaltando que, em Irauçuba, há áreas com Granitoides. Existem, também depósitos aluviais entre os municípios de Umirim e Pentecoste, possuindo porção representativa no local da foz do rio Caxitoré, o qual deságua diretamente no rio Curu (Mapa 5).

**Figura 9 – As unidades geológicas presentes na sub-bacia do Rio Caxitoré, em números**



Fonte: Elaborado pela autora (adaptado de CPRM, 2003).

Mapa 5- Geologia da sub-bacia do rio Caxitoré



Fonte: Elaborado pela autora.

A sub-bacia do rio Caxitoré apresenta uma zona de cisalhamento compressional que perpassa os municípios de Itapajé, Tejuçuoca e Irauçuba, e há, também, uma zona de menor extensão que vai de Pentecoste à Itapajé. Os lineamentos estruturais que acompanham a zona de cisalhamento de maior extensão em direção à porção mais ao sul da sub-bacia dão base ao sentido (NE-SW) do rio Caxitoré, que é o principal rio da sub-bacia, demonstrando um controle estrutural.

Ressaltamos que no complexo nordestino as diferentes unidades litológicas apresentam-se deformadas e fraturadas pela ação de antigos episódios tectônicos plásticos e processos de rupturas posteriores, que geraram um denso quadro de falhas orientadas na direção NE-SO e ONE-SSO (OLIVEIRA, 2002).

Quanto aos aspectos geomorfológicos, a sub-bacia do rio Caxitoré possui dois domínios morfoestruturais (escudos e maciços antigos e coberturas sedimentares cenozoicas), os quais se subdividem em três unidades geomorfológicas, quais sejam: formas de acumulação, maciço residual e depressão sertaneja. Quanto ao limite topográfico, abrange cinco feições morfológicas, como as planícies fluviais, as cristas residuais, os níveis residuais elevados, a superfície pediplanada e a superfície dissecada (Mapa 6).

As superfícies pediplanada e dissecada estão em meio a unidade de superfície sertaneja, a qual passou por processos de pediplanação, apresentando uma superfície plana e conservada e uma área dissecada constituída de zonas residuais gradativamente mais elevadas que a anterior, com amplitude de 100m (OLIVEIRA, 2002).

A depressão sertaneja é uma unidade com proeminência de superfície plana formulada por processos de pediplanação e estabelecida com base, sobretudo, pelo embasamento cristalino, além da superfície ser truncado por variados tipos de litologias (GORAYBEB, 2004).

A depressão sertaneja está inserida em maior parte da sub-bacia, com uma área aproximada de 1285,2427 km<sup>2</sup>. Com superfície dissecada que margeiam sopés de maciços elevados e de menor elevação, a pediplanada segue em direção à área central da sub-bacia, especificamente à planície fluvial, tendo, assim, uma diferença de cerca de 100m entre as superfícies anteriormente mencionadas.

Dispersas na área da depressão sertaneja estão outras unidades geomorfológicas, dentre as quais tem destaque o maciço residual, resultante do

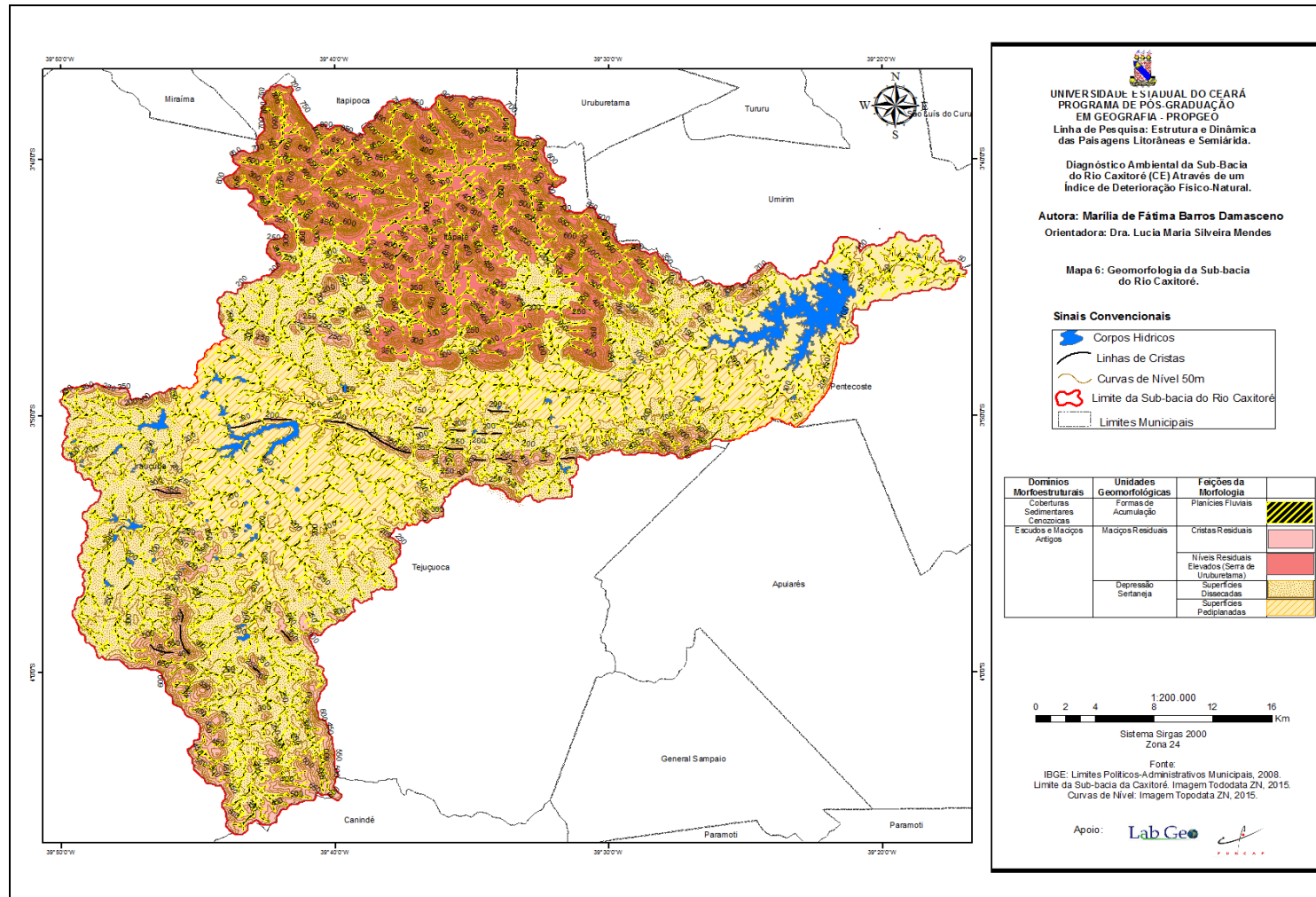
processo de pediplanação. O maciço que se destaca na sub-bacia é o de Uruburetama. A sub-bacia abrange parte deste maciço, com cotas que variam de 250 a 950 metros.

O maciço de Uruburetama, formado por rochas pré-cambrianas reativadas, possui ações do intemperismo físico e químico (GORAYEB, 2004). O maciço residual é uma área serrana presente na “[...] depressão sertaneja localizada próxima ao litoral, relevos fortemente dissecados em colinas, cristas e lombas alongadas em rochas do embasamento cristalino” (SOUZA, 2007, p. 9).

Sobre planície fluvial, Soares (2001, p. 46) afirma: “[...] depósitos sedimentares que formam planície aluvionais e coluviais, depositadas no Quaternário, período Holoceno. Essas formas de acumulação estão sujeitas a inundações periódicas, transbordando o canal do rio”. A planície do rio Caxitoré possui um perímetro de 177, 3475 km, integrado por dois açudes: na porção leste, o açude Caxitoré; a oeste, o açude Jerimum. A acumulação de depósitos aluvias se concentra, principalmente, na foz do rio Caxitoré, onde há o deságue para o rio Curu.

Os maciços de menor elevação estão, principalmente, na porção sul e sudoeste da sub-bacia, como a serra Santa Luzia e serra de Feijão, com cotas de 250 a 650 metros. Em menor proporção os maciços estão próximos ao maciço de Uruburetama.

**Mapa 6 – Geomorfologia da sub-bacia do rio Caxitoré**



Fonte: Elaborado pela autora.

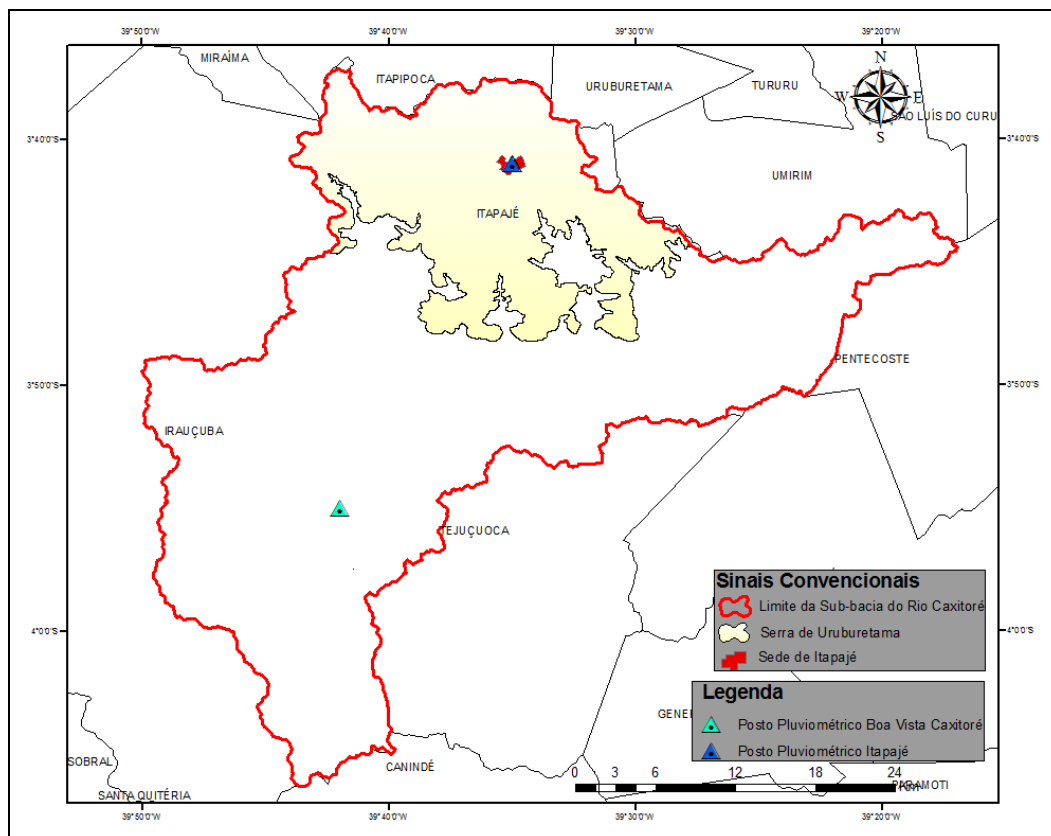
### 3.4 CONDIÇÕES HIDROCLIMÁTICAS

O Nordeste brasileiro está sob a influência do clima semiárido, Souza (1996) afirma que o semiárido nordestino está em posição marginal no que concerne aos ambientes de clima árido, semiárido tropical e subtropical do globo terrestre. Por sua vez, Ab'Saber (2003) salienta que o clima semiárido regional, muito quente e sazonalmente seco, é responsável pelas características ambientais do Nordeste. Há, também, as isoietas, que variam de 750 mm a 800 mm, e envolvem áreas de sertões do Nordeste, estes dominados pela semiaridez, dentre eles o estado do Ceará tem destaque por ter maior parte do território influência do clima semiárido.

Influenciada pelo clima semiárido, a sub-bacia do rio Caxitoré abrange municípios que possuem temperatura média de 26 a 28 °C e concentração de período chuvoso entre os meses de fevereiro e abril. Através da análise de dados verificamos que os municípios inseridos na sub-bacia têm as seguintes pluviosidades: os municípios na depressão sertaneja possuem uma taxa de 763,1mm (Apuiarés); 659,5mm (Tejuçuoca); 539,5mm (Irauçuba); 800,3mm (Itapagé); 817,7mm (Pentecoste) e 1274,5 mm (Umirim) (CEARÁ, 2014).

A sub-bacia tem duas unidades geomorfológicas representativas: o maciço residual de Uruburetama e a depressão sertaneja. Esta abordagem é importante por conta do fator orográfico, que contribui para um comportamento diferencial da pluviometria dentro da sub-bacia. Para tanto, foram utilizados dois postos pluviométricos que representam esses ambientes dentro do limite da área de estudo. Analisamos e quantificamos um posto no maciço, que está instalado na sede do município de Itapagé (Posto Itapagé) e um posto na depressão sertaneja, no município de Irauçuba (Posto Boa Vista do Caxitoré) (Mapa 07).

**Mapa 7- Localização dos postos pluviométricos**



Fonte: Elaborado pela autora.

Foi utilizada a série de 13 anos (2001-2014), pois, apesar de o posto de Itapajé ter maior número de dados pluviométricos, o de Boa Vista do Caxitoré possui uma série de dados mais restritos. A série menor de 30 anos é denominada de série provisória.

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia – WMO (1989) devem-se utilizar dados mínimos de uma série de 30 anos para estudos em Climatologia. Essa aquisição de dados inferiores ao da indicação considera-se válida, pois, segundo a WMO, quando não encontrado valores que condicionam um padrão normal é possível calcular a partir da normal climatológica provisória, no qual obedece a indicação de pelo menos 10 anos de dados válidos (DANTAS, 2014, p. 98).

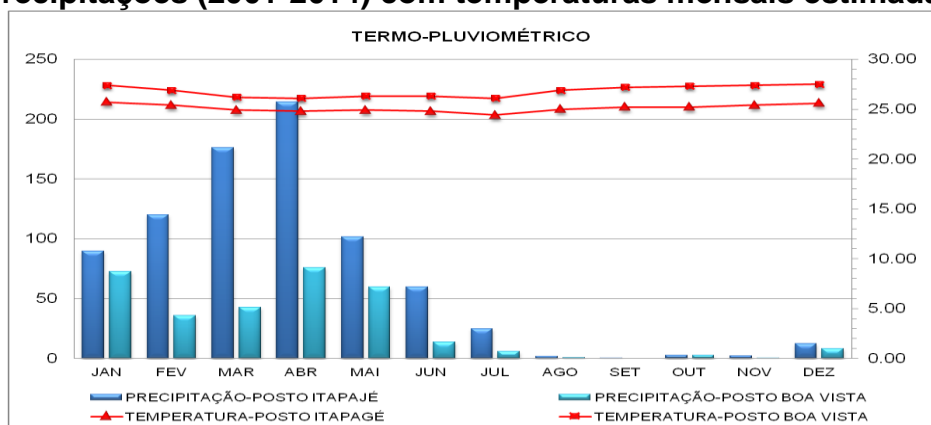
Para correção de falhas do posto de Boa Vista do Caxitoré foi aplicado o método da Ponderação Regional<sup>3</sup>. Utilizamos postos próximos ao Posto de Irauçuba (município de Irauçuba) e o posto de Boa Ação (município de Tejuçuoca), os quais

<sup>3</sup>O método de Ponderação Regional é um método simplificado que estima a precipitação de postos com falhas, em função da precipitação total e a média dos postos próximos. Objetivando assim, a homogeneização do período das informações e a análise estatística (BERTONI; TUCCI, 2001).

estão no mesmo tipo de ambiente. Isso garante um melhor resultado nas correções dos dados.

Analisando o Gráfico 4, é possível observar que o período chuvoso se concentra no primeiro semestre do ano, com picos de precipitação no mês de abril com 214,4 mm no posto de Itapajé, e com 76,08mm no posto de Boa Vista do Caxitoré. A precipitação em ambos os postos tem início em janeiro, com 89,56mm no posto de Itapajé (serra de Uruburetama) e com 72,8 mm no posto de Boa Vista do Caxitoré (sertões de Irauçuba e Tejuçuoca). Porém, no decorrer dos meses o comportamento é diferente nos dois postos. No posto de Itapajé há o aumento gradativo da pluviosidade, com picos de 214,4 mm no mês de abril e diminuição de 101,7 mm a partir do mês de maio. Já no posto de Boa Vista do Caxitoré, há oscilações de precipitações entre os meses de janeiro e abril. Esses dados de precipitações, acompanhados de dados estimados de temperatura, demonstram que, de janeiro a abril, ocorreu uma leve diminuição da temperatura, acompanhada de maior elevação da precipitação. Em janeiro, a temperatura foi de 27,4°C; em abril, de 26,1°C, no posto de Boa Vista do Caxitoré. Já no posto de Itapajé, em janeiro a temperatura foi de 25,7°C e em abril foi de 24,8°C. Entre os meses de maio e dezembro houve diminuição considerável da precipitação, acompanhada de um aumento da temperatura (Gráfico 04).

**Gráfico 4 - Termo pluviométrico da sub-bacia do rio Caxitoré (média mensal de precipitações (2001-2014) com temperaturas mensais estimadas)**



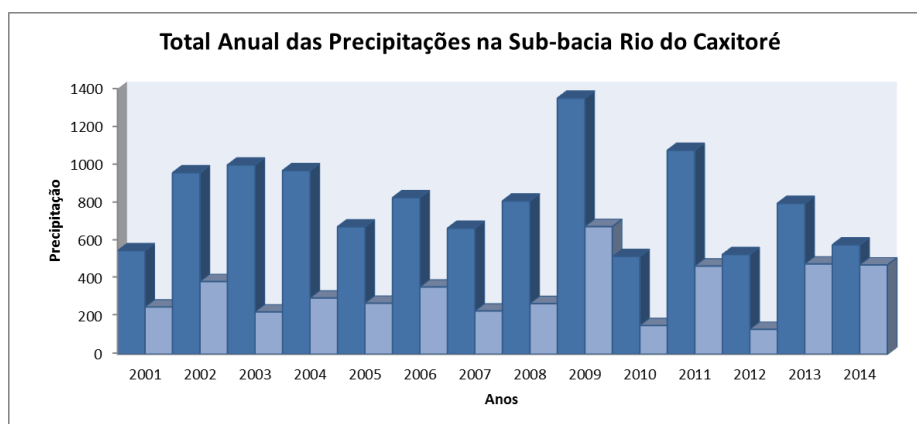
Fonte: Elaborado pela autora (Adaptado de Funceme dos anos (2001-2014) e Temperaturas Mensais Estimadas pelo *software* Celina).

A pluviosidade tem uma alta variabilidade no decorrer do ano, ou seja, com período chuvoso e irregular, bem como um período seco prolongado. A Zona de

Convergência Intertropical influencia as precipitações no estado, com chuvas concentradas, principalmente, nos meses de fevereiro a abril. O Anticiclone do Atlântico-Sul é o agente da estabilidade do tempo que ocasiona o período prolongado de estiagem (ZANELLA, 2007).

No Gráfico 5, é possível verificar a comparação entre os dois postos pluviométricos, assim há uma diferença, isto é, um pequeno aumento do número total nos anos no posto de Itapajé. Em ambos os postos ocorreu maior precipitação no ano de 2009, no posto do maciço de Uruburetama houve precipitação de 1350,6 mm e, no posto da depressão sertaneja, 673,11 mm. A partir da análise do Gráfico 02, observa-se que a condição pluviométrica condiz com o contexto do ambiente semiárido, ou seja, pluviometria baixa e irregular, salvo em anos de eventos extremos, como no caso de 2009, quando ocorreu a atuação do sistema Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Este evento atingiu, principalmente, os municípios da porção Norte (N) do estado do Ceará, ocasionando uma maior precipitação. No maciço residual, o ano com menos precipitação foi o de 2010, com 515,3 mm e, na depressão, foi o ano de 2012, com 131,41 mm. Apesar deste evento da ZCIT que elevaram as taxas das precipitações, os dados pluviométricos seguem a linha do que é esperado em ambientes semiáridos e de um ambiente de exceção em meio a depressão sertaneja, como demonstrou-se respectivamente com os postos de Boa vista do Caxitoré e de Itapajé.

**Gráfico 5 - Total Anual de Precipitações (2001-2014)**



Fonte: Elaborado pela autora. Dados adaptado de FUNCEME dos anos de 2001 à 2014.

A análise das precipitações anuais foi realizada baseada na técnica do *Blox Plot*, de Galvani e Luchiarri (2004). Elencamos anos padrões para a série utilizada de 2001-2014, resultando na seguinte classificação: superúmido, úmido, normal, seco e superseco. Estas classificações foram divididas em quartis (1º, 2º e 3º), valor mínimo e máximo (Quadros 4 e 5). A técnica do *Blox Plot* possibilitou determinar o ano-padrão mediano do posto de Itapajé - 801,9mm - e o ano-padrão mediano do posto de Boa Vista do Caxitoré - 282,5 mm - (Gráficos 6 e 7).

**Quadro 4- Anos-Padrão do Posto de Itapajé.**

Mediana	282,5
Valor mínimo	515,3
	525,6
1ºQuartil	546,5
	576,9
	664,2
	672
2ºQuartil	795,6
	808,2
	825,4
	956,9
3ºQuartil	968,6
	998,2
	1075,8
Valor máximo	1350,6

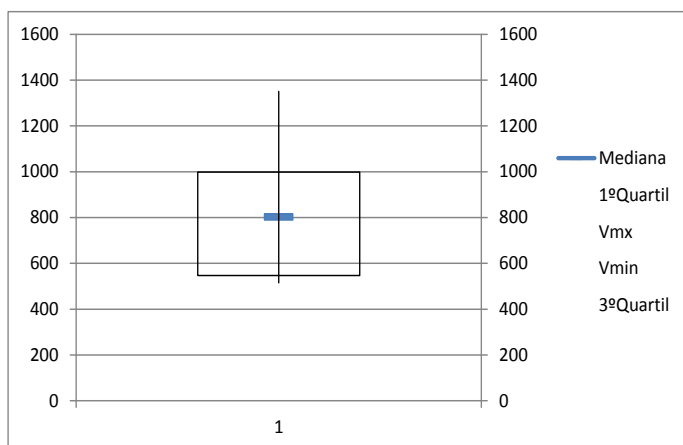
Fonte: Elaborado pela autora.

**Quadro 5 - Anos-Padrão do Posto de Boa Vista do Caxitoré.**

Mediana	801,9
Valor mínimo	131,41
	151,11
1ºQuartil	223
	227,66
	249
	267,15
2ºQuartil	269
	296
	354,2
	383
3ºQuartil	465
	471
	476
Valor máximo	673,11

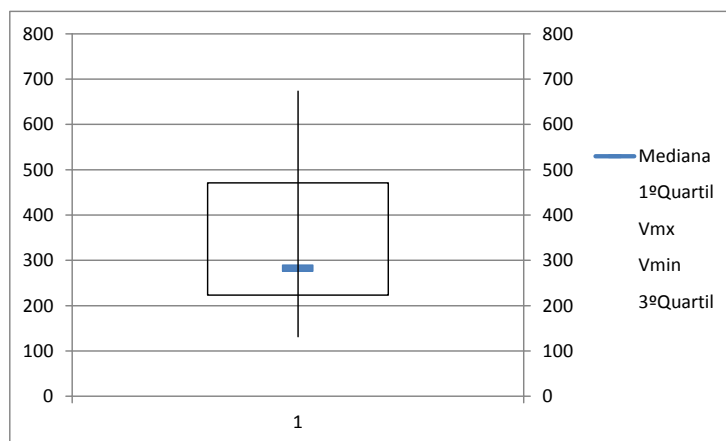
Fonte: Elaborado pela autora.

**Gráfico 6 - Blox Spot com os Anos-Padrão do Posto de Itapajé.**



Fonte: Elaborado pela autora.

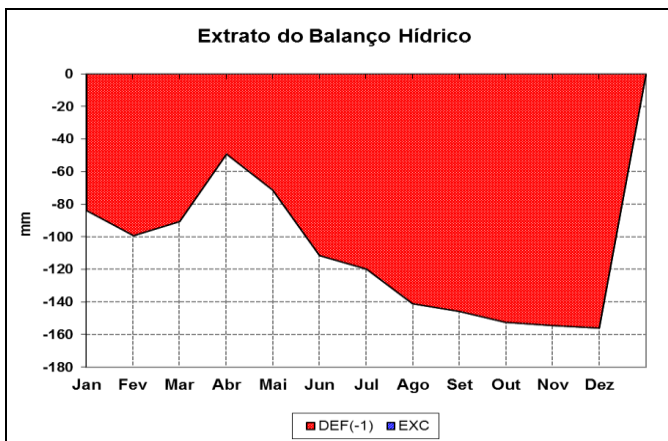
**Gráfico 7 - Blox Spot com os Anos-Padrão do Posto de Boa Vista do Caxitoré.**



Fonte: Elaborado pela autora.

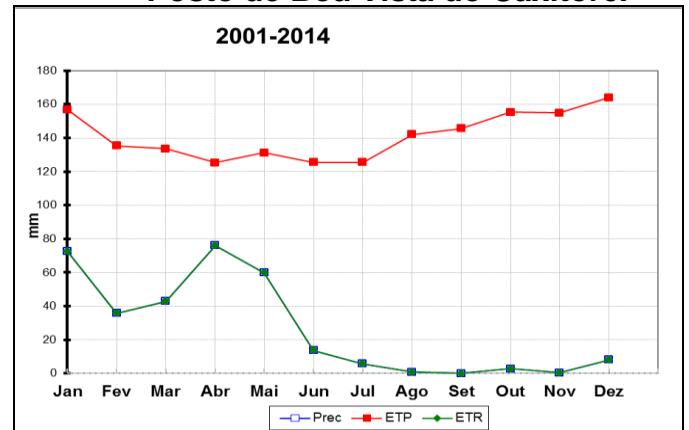
O cálculo do balanço hídrico normal foi realizado pelo método *Thornthwaite e Mather* (1955), atualizado por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), com dados da precipitação média mensal. A temperatura foi estimada por meio do *software* Celina. O balanço hídrico para o posto de Boa Vista do Caxitoré demonstra um *déficit* hídrico (com valores negativos), sobretudo nos meses do segundo semestre do ano (100 mm no mês de junho, chegando em dezembro a quase 160mm (Gráfico 8). Os níveis de Evapotranspiração Real (ETR) e Precipitação (PREC) são iguais com picos no mês de abril (quase 80mm) e evapotranspiração potencial com níveis mais elevados, variando de 160 a 120 (Gráfico 9). No balanço entre a deficiência, excedência, retirada e reposição o nível de deficiência predomina, sobretudo no segundo período do ano com picos no mês de dezembro (Gráfico 10).

**Gráfico 8 – Extrato do Balanço Hídrico do Posto de Boa Vista do Caxitoré.**



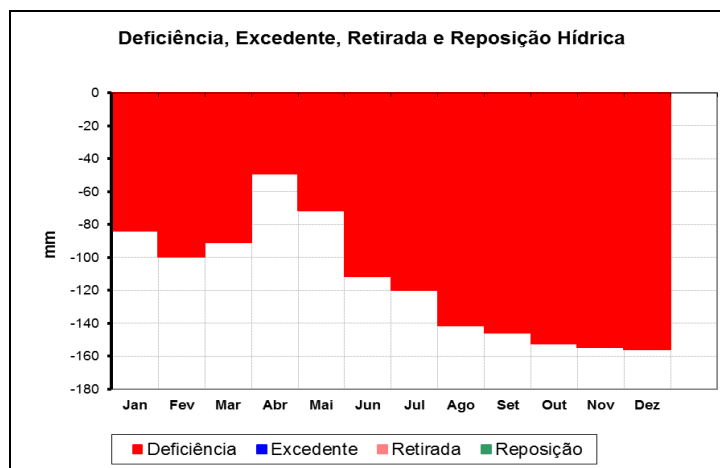
Fonte: Elaborado pela autora.

**Gráfico 9 – Balanço da Precipitação, Evapotranspiração Potencial e Real do Posto de Boa Vista do Caxitoré.**



Fonte: Elaborado pela autora.

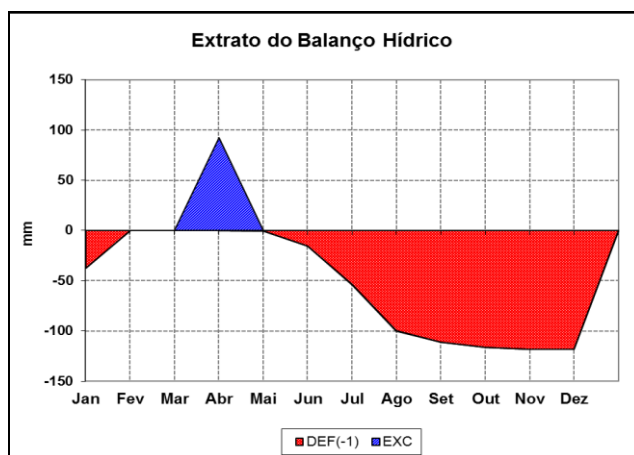
**Gráfico 10 - Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição do Posto de Boa Vista do Caxitoré.**



Fonte: Elaborado pela autora.

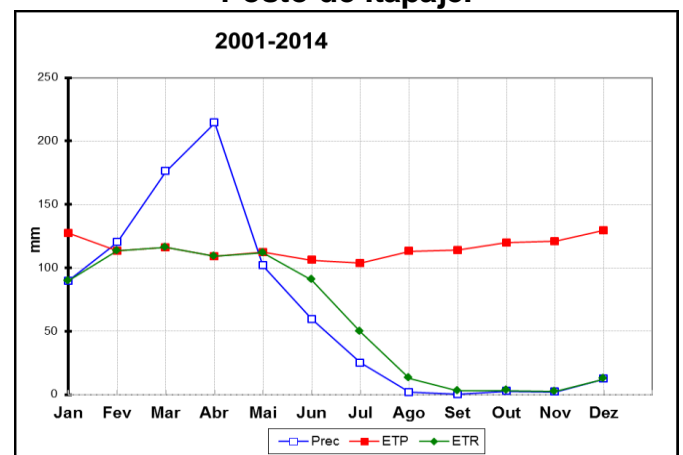
O balanço hídrico do posto de Itapajé demonstra um extrato de balanço hídrico com excedente hídrico positivo (valor de, aproximadamente, 100mm no mês de abril) e deficiência hídrica maior entre os meses de agosto a dezembro (valores de 100mm aproximadamente 120mm) (Gráfico 11). No balanço entre precipitação (PREC), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), a precipitação se sobressai nos meses de março a abril (maior que 200mm). A evapotranspiração potencial é elevada no segundo semestre do ano e está elevada em relação à evapotranspiração real. A precipitação está maior que 100mm no mês de junho (Gráfico 12). E quanto ao balanço de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica, há um elevado nível de reposição (meses de março com aproximadamente 10 mm) e excedente (com 100mm no mês de abril) (Gráfico 13).

**Gráfico 11 – Extrato do Balanço Hídrico do Posto de Itapajé.**



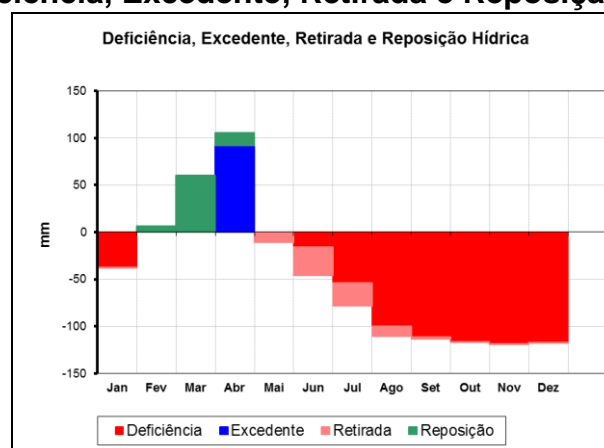
Fonte: Elaborado pela autora.

**Gráfico 12 - Balanço da Precipitação, Evapotranspiração Potencial e Real do Posto de Itapajé.**



Fonte: Elaborado pela autora.

**Gráfico 13 – Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição do Posto de Itapajé.**



Fonte: Elaborado pela autora.

O recurso hídrico da sub-bacia do rio Caxitoré possui a política da açudagem, que é um dos principais meios de convivência com o período de seca. A Figura 10 mostra o açude Caxitoré, principal reservatório da sub-bacia. O reservatório propicia uma vazão regularizada de 2,16 m<sup>3</sup>/s para uma permanência de 70%, e de 1,66 m<sup>3</sup>/s para uma permanência de 90% (BRASIL, 2011). O lago formado tem uma superfície com cerca de 4.574 ha e um volume de acumulação de 202 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. O reservatório tem capacidade de 202.000.000 m<sup>3</sup>, e existe um potencial energético de 500 CV, sendo capaz de irrigar 2.200 ha quando está em seu volume ideal. O aproveitamento hidrelétrico encontra-se desativado. Na Figura 11, encontra-se um açude de pequeno porte, com diminuição da sua reserva hídrica no município de Irauçuba.

**Figura 10 - Açude Caxitoré no Município de Umirim**



Fonte: Elaborado pela autora. O açude Caxitoré o maior em extensão e capacidade hídrica da sub-bacia e está localizado entre os municípios de Umirim (ao sul do registro fotográfico) e Pentecoste (ao norte do registro fotográfico).

**Figura 11 - Açude no município de Irauçuba**



Fonte: Elaborado pela autora. Açude Jerimum no período da estiagem no município de Irauçuba.

Os cursos da drenagem da sub-bacia do rio Caxitoré têm caráter intermitente, exceto no trecho perenizado, que é beneficiado pelos recursos hídricos do reservatório Caxitoré. Na Figura 12, é possível observar a recarga hídrica advinda do açude Caxitoré. A Figura 13 mostra o trecho rio Caxitoré perenizado. Ambos os registros fotográficos foram realizados no município de Umirim. O rio Caxitoré, mesmo com nível baixo de vazão, é uma fonte necessária de captação hídrica, utilizado tanto para o abastecimento humano como para dessedentação animal.

**Figura 12 - Válvula do reservatório Caxitoré no município de Umirim**



Fonte: Elaborado pela autora. Válvula de descarga da água do açude Caxitoré no município de Umirim.

**Figura 13 - Rio Caxitoré perenizado pelo reservatório Caxitoré no município de Umirim.**



Fonte: Elaborado pela autora. Trecho do rio Caxitoré, local de lazer da comunidade. Onde ocorre a venda e consumo de tilápias que advêm de criatórios existentes no açude.

### 3.5 SOLOS E COBERTURA VEGETAL

O solo é uma unidade natural que garante sustento de plantas. É dotado de propriedades e características singulares e suas formação e evolução são resultado da ação conjunta do clima, organismos vivos, material de origem, relevo e tempo, que são chamados fatores de formação (PEREIRA; SILVA, 2007).

De forma geral, no ambiente semiárido, a atividade bioclimática é pouco intensa, com baixa umidade atmosférica e prevalência do intemperismo físico, o que acarreta a formação de solos jovens ou poucos evoluídos, em geral de boa fertilidade natural, com solos rasos e pouco profundos, não raramente com presença de pedregosidade e afloramento de rochas, salvo em ambientes de exceções, úmidos ou subúmidos, que apresentam solos maduros, profundos e muito profundos (PEREIRA; SILVA, 2007).

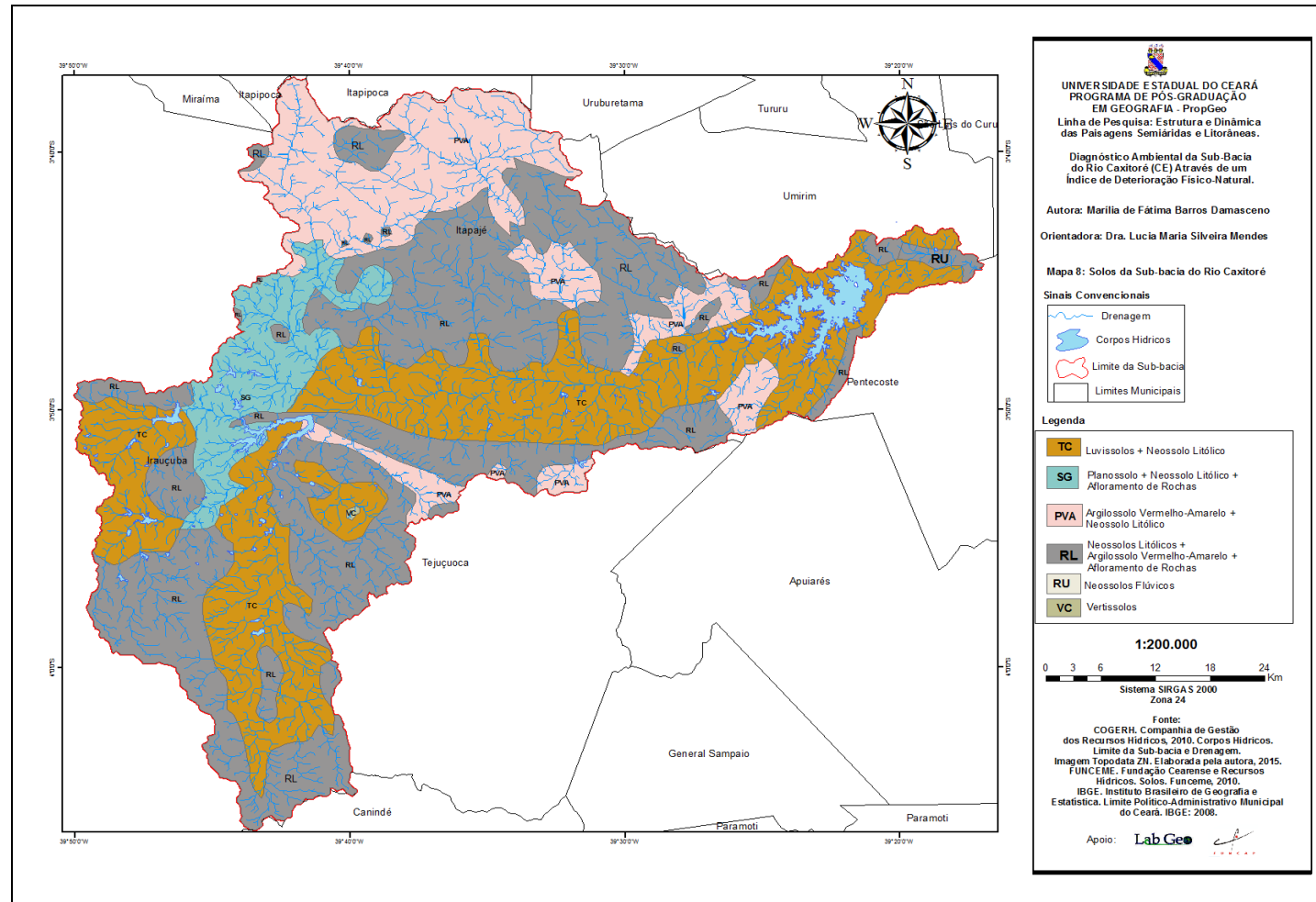
Nesse contexto, encontram-se na sub-bacia cinco tipos predominantes de solos, com as suas devidas associações. Estes foram associados com base no mapa exploratório do Ceará de Jacomine (SUDENE, 1972). As associações são as seguintes: luvisolos crômico (neossolo litólico); planossolos solódico (neossolo litólico e afloramento de rochas); argissolos vermelho-amarelo (neossolo litólico); neossolos litólico (argilossolo vermelho-amarelo + afloramento de rochas); neossolo flúvico e vertissolo (Mapa 8). Na Figura 14, encontra-se a área da sub-bacia do rio Caxitoré em km<sup>2</sup> e o percentual dos tipos solos predominantes, distribuídos da seguinte forma: luvisolos crômico (31,724%), planossolo solódico (7,881%), argilossolo vermelho-amarelo (18,306%), neossolos litólico (42,028%) e vertissolos (0,051%).

**Figura 14 - Área abrangida dos solos (km<sup>2</sup>) da sub-bacia do rio Caxitoré**



Fonte: Elaborado pela autora.

### Mapa 8 - Solos da sub-bacia do rio Caxitoré



Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 6 apresenta as características dos solos predominantes da sub-bacia, e é fundamental contextualizar as distribuições, através dos sistemas ambientais, e a relação com a cobertura vegetal.

**Quadro 6 – Os solos e a vegetação na sub-bacia do Rio Caxitoré/CE**

<b>Solos</b>	<b>Característica e Contextualização</b>	<b>Vegetação</b>
Luvissolos	Os Luvissolos ocupam as áreas principalmente no sertão, este solo é desenvolvido, principalmente, a partir de rochas dos tipos gnaisses e magmáticos (Pré-cambrianos).	Estes tipos de solos estão relacionados com a cobertura de Caatingas arbustiva e arbórea.
Planossolos	Os Planossolos são solos que ocupam o semiárido, em regiões mais baixas do sertão e em áreas de várzeas, onde há condições favoráveis a acumulação de sódio.	Vegetação predominante de Caatinga Arbustiva e vegetação de várzea.
Argissolos Vermelho-Amarelo	Os Argissolos Vermelho-Amarelo estão em serras cristalinas, derivados desde sedimentos areno-argilosos da formação barreira à origem de alteração vários tipos de rochas cristalinas (Pré-cambriano).	São solos relacionados a vegetação de mata seca e Caatinga arbórea.
Neossolos Litólicos	Os Neossolos Litólico são solos presentes em muitas partes do sertão, em relevos planos à montanhoso.	E relacionado a vegetação a Caatinga arbórea e arbustiva, e mata seca.
Neossolos Flúvicos	Neossolos Flúvicos são solos que ocorrem preferencialmente em áreas de várzeas, onde há acumulação de sedimentos não consolidados (argilosos, siltosos e arenosos) oriundo de depósitos quaternários.	Este solo tem relação com mata de galeria e penetração de espécie da Caatinga.
Vertissolos	Os Vertissolos são solos que ocupam área relativamente pequenas condicionando pelo relevo plano e ondulado. São materiais constituídos por maior parte de calcários e de sedimentos de várzea ou rochas gnaisses e anfíbolitos (Pré-cambriano).	Este tipo de solo está relacionado à Caatinga ou vegetação de várzea

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de Pereira e Silva, 2007).

A vegetação é mais susceptível à degradação. Isto se dá, principalmente, devido ao processo de uso e ocupação da terra, acarretando, assim, uma variação de cobertura vegetal ao longo da superfície terrestre. Por este motivo, é fundamental analisar, sobretudo na década de 1980, a distribuição da vegetação da área de estudo, com o estado atual da vegetação. Para tanto, utilizou-se o mapa Radam Brasil, de Veloso *et al.* (1983), que tem escala original de 1:250.000 e é vetorizado pelo IBGE, com imagens de satélites atuais e o trabalho de campo.

A serra de Uruburetama possui como cobertura de vegetação a Mata Úmida. Está localizada na vertente setentrional do maciço de Uruburetama, à sotavento dos fluxos úmidos costeiros e a áreas de maiores altitudes (acima de 800m). Ademais, está situada nos municípios de Itapajé e Itapipoca e possui associados com relevos escarpados e de difícil acesso. É utilizado para o cultivo da banana. (OLIVEIRA, 2002).

A proximidade da área antropofizada e a ocorrência de erosão do solo vêm diminuindo consideravelmente as condições naturais deste ecossistema, dificultando a regeneração de espécies primitivas, favorecendo, assim, a penetração de espécie da caatinga. A mata seca está distribuída pelas vertentes do interior do maciço, tanto na vertente setentrional como na porção meridional (OLIVEIRA, 2003).

No sistema ambiental sertão, a caatinga representa a maior proporção, com vegetação da sub-bacia, principalmente de caatinga densa, seguida da Caatinga aberta. A cobertura da vegetação na sub-bacia do rio Caxitoré é predominantemente recoberta por caatinga densa e aberta, variando entre portes herbáceos e arbustivos.





A Caatinga, com estrato arbustivo-arbóreo superior, esparso e inferior gramíneo lenhoso está localizada próxima a foz do rio Caxitoré, na porção do município de Umirim, área do sertão com maior proximidade do litoral. A caatinga, de estrato arbustivo à gramíneo, está distribuída em maior proporção na sub-bacia. A Caatinga, com estrato superior e inferior, por sua vez, está localizada em serrotes e cristas. Por fim, a Caatinga de estrato herbáceo com a distribuição de espécies de forma espaçada está localizada no sertão em meio ao município de Irauçuba, especificamente no sopé da serra de Uruburetama (VELOSO *et al.*, 1991).

A distribuição da vegetação na sub-bacia foi alterada ao longo do tempo por atividades desordenadas e consideradas rudimentares, o que acarreta a diminuição da cobertura vegetal. As atividades que interferem diretamente nas condições da vegetação e desfavorecem na manutenção de vida de espécies nativas são a prática de queimada e o desmatamento.

A vegetação da caatinga sofre com o processo de desmatamento por conta, principalmente, da extração da mata nativa, que é utilizada para fabricação de lenha e carvão, além de ser retirada para plantações e criação de

pecuária (CEARÁ, 2011). No Quadro 7 podem ser vistas as áreas com vegetação e o tipo de solo por sistema ambiental.

**Quadro 7 – Cobertura vegetal por sistemas ambientais**

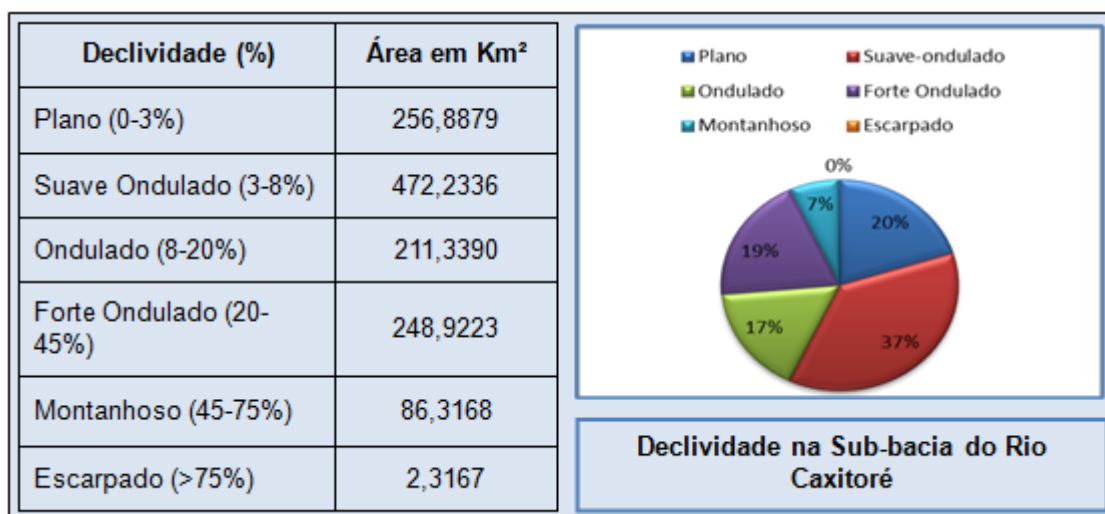
Sistema Ambiental	Foto	Solos e vegetação
<b>Sertão</b>		<b>Figura 15</b> - Área desmatada predominantemente em Luvissolos.
<b>Sertão</b>		<b>Figura 16</b> - Caatinga Arbustiva Densa com presença de <i>Cereus jamacaru</i> (mandacaru) em associações de solos Neossolos Litólicos e Luvissolos.
<b>Serras secas e Vertentes Sub-úmidas</b>		<b>Figura 17</b> - Vegetação Subcaducifólia (Mata seca) em associações de solos Argilossos Vermelho-Amarelo e Neossolo Litólico.
<b>Planície Ribeirinha</b>		<b>Figura 18</b> - Caatinga Arbustiva Densa distribuída em Neossolos Litólicos e Luvissolos. E cultivos de Bananeiras nas Margens do Rio Caxitoré em Neossolos Flúvicos.

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.6 DECLIVIDADE E HIPSOMETRIA

A sub-bacia do rio Caxitoré tem predominância de relevo suave ondulado, com uma área aproximada de 472,2337 km<sup>2</sup>, representando assim 37% da área da sub-bacia, seguida do relevo plano com uma área de 256,8879 km<sup>2</sup> e correspondendo cerca de 20% da área de estudo (Figura 15 e Mapa 9). Isto demonstra que a sub-bacia tem uma área representativa do sistema ambiental sertão.

**Figura 15 - Áreas em km<sup>2</sup> dos tipos de declividades e percentual correspondente**



Fonte: Elaborado pela autora.

As classes de declividades plano e suave ondulado estão relacionadas às planícies ribeirinha e sertões. Os sopés e as vertentes dos serrotes possuem relevo ondulado e forte ondulado. A serra de Uruburetama tem relevo montanhoso. Já o relevo escarpado (com declividade maior que 75%) está localizado na serra de Uruburetama, na porção meridional, próximo à sede do município de Itapajé. A escarpa da serra de Uruburetama e dos serrotes têm a declividade forte ondulado, o topo da serra com a presença de relevo montanhoso e o relevo escarpado, localizado somente na serra de Uruburetama, porção meridional, nas proximidades da sede de Itapajé.



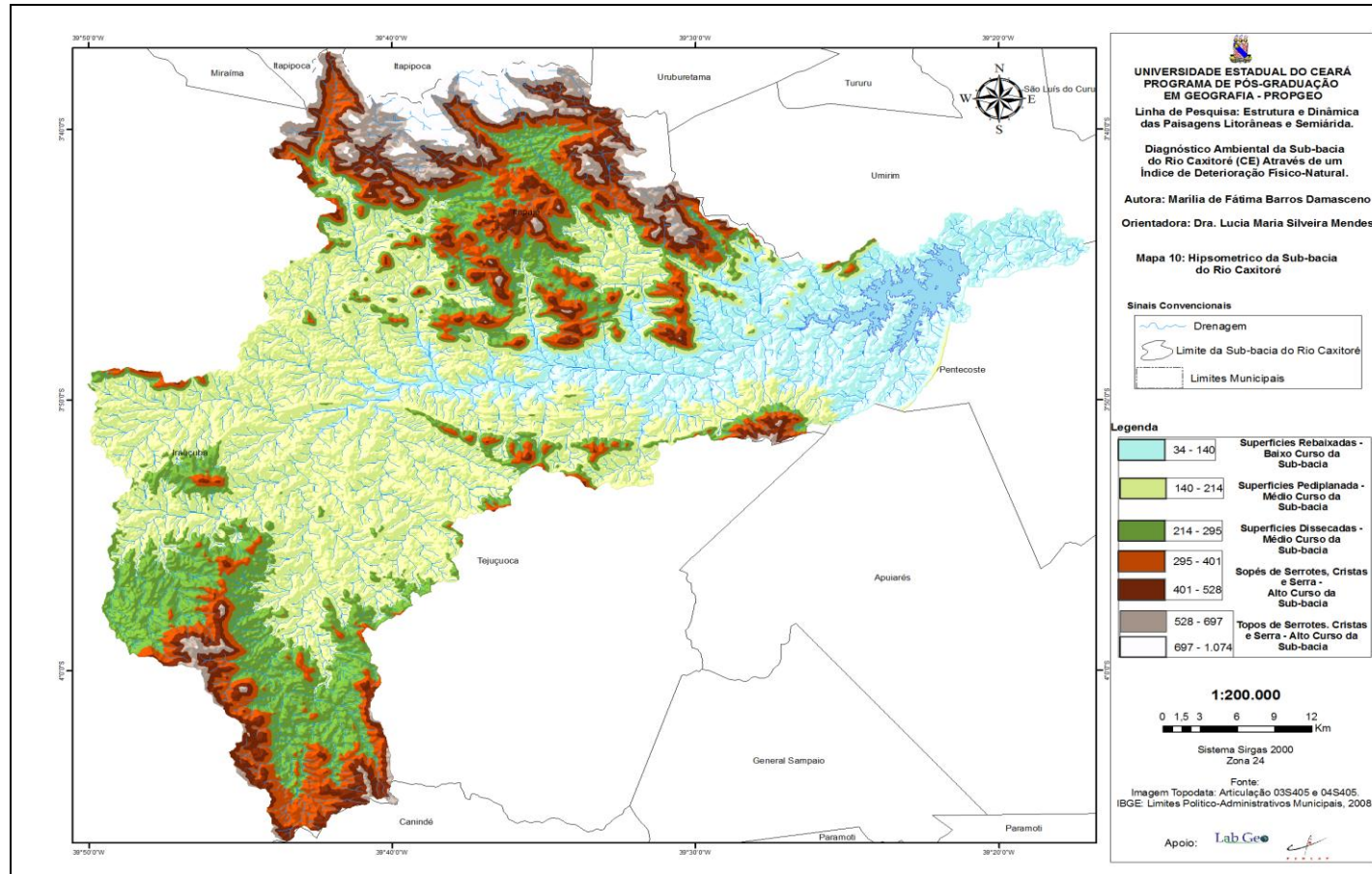
Com base na hipsometria da sub-bacia (Mapa 10), observa-se que há predominância de baixas altitudes, que variam de 140 e 214 metros, o que corresponde, aproximadamente, a 506,18 km<sup>2</sup>. Isso representa 39% da área da sub-bacia, que tem altitudes que variam de 34 a 140 metros, e são áreas mais rebaixadas da sub-bacia, com, aproximadamente, 231,80 km<sup>2</sup>, representando 18% da área da sub-bacia. A classe de 214-295 metros tem, aproximadamente, 240,9 km<sup>2</sup> e porcentagem de 18% da sub-bacia. A classe 295-401 metros tem cerca de 149,79 km<sup>2</sup> e 12%. A classe 401-528 metros possui em torno de 89,8 km<sup>2</sup> e representação de 7%. A classe 528-697 metros tem por volta de 57,92 km<sup>2</sup> e porcentagem de 4%. E a classe 697-1074 metros tem, aproximadamente, 28,8 km<sup>2</sup>, com porcentagem de 2% da área da sub-bacia.

As áreas de altitudes de 34 a 140 metros estão em espaços mais rebaixados da sub-bacia, com maior proporção entre os municípios de Umirim e Pentecoste. As altitudes de 140 a 214 metros referem-se às áreas pediplanadas. As altitudes de 214 a 295 metros representam, em geral, as áreas dissecadas.

As altimetrias de 295 a 401 metros e 401 a 528 metros correspondem a áreas de relevo ondulado a forte-ondulado, nas quais se encontram os sopés da serra e dos serrotes.

Os topos da serra de Uruburetama, no serrote de Santa Luzia e no serrote Feijão possuem elevadas altitudes, com alturas que variam entre 528 e 697 metros. Importante ressaltar que, na serra de Uruburetama, situam-se as altitudes mais elevadas da sub-bacia (697 a 1.074 metros). Esta serra é o sistema ambiental com maiores áreas de relevos montanhoso e escarpado. Nestas últimas classes (relevo montanhoso e relevo escarpado) são encontradas, frequentemente, rochas afloradas.

**Mapa 10 – Hipsometria da sub-bacia do rio Caxitoré**



Fonte: Elaborado pela autora.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E DISPOSIÇÃO DO USO E COBERTURA VEGETAL DA SUB-BACIA**

A análise do uso e ocupação da terra e da disposição do uso e cobertura vegetal foi elaborada a partir de técnicas diferenciadas. Foi feita uma caracterização do uso e ocupação da terra usando referências bibliográficas existentes sobre a área da sub-bacia. Além disso, trabalhamos com os dados primários sobre as culturas permanente e temporária e pecuária dos municípios representativos da área de estudo. Para a disposição do uso e da cobertura vegetal foi elaborado um mapa, construído com base na imagem do satélite Landsat-8, esta classificada em lotes de propriedades, com checagem de campo e apoio do sistema GPS para fins de localização georreferenciada das propriedades.

#### **4.1.1 Caracterização do Uso e Ocupação das Terras da Sub-bacia**

A sub-bacia do rio Caxitoré, na sua porção oeste, está sob a influência do núcleo de desertificação de Irauçuba/Centro-Norte, formado pelos municípios de Irauçuba, Itapajé, Miraíma, Sobral, Santa Quitéria e Canindé, abrangendo, assim, dois dos municípios deste núcleo de desertificação, Irauçuba e Itapajé. Isto incide que uma parcela da área da sub-bacia está sob a influência do núcleo de desertificação.

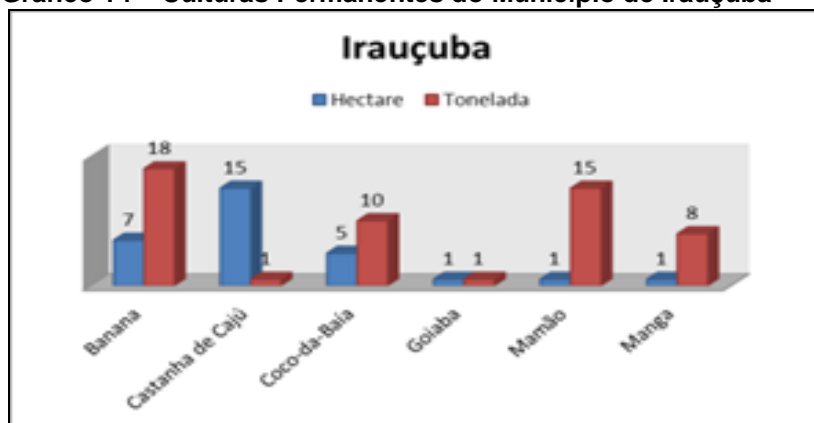
Quanto ao uso do solo, a agricultura e a pecuária são as principais atividades, exercendo mudanças estruturais no núcleo de desertificação. Nos estabelecimentos agropecuários, localizados no município de Irauçuba, estão presentes pastagens naturais, e isso demonstra que estas foram desmatadas (CARVALHO *et al.* 2014).

O sistema ambiental de sertões da sub-bacia apresenta a atividade econômica baseada, predominantemente, na prática da agricultura de subsistência e da pecuária extensiva, com criação de animais de pequeno a

médio porte, criação de aves e, em menor proporção, de animais de grande porte, como o caso da criação de bovinos.

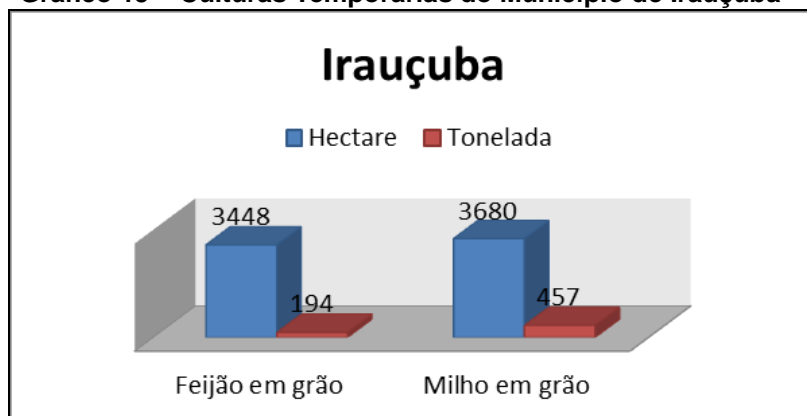
Em 506,61km<sup>2</sup> (4,67%) da área do município de Irauçuba é realizada a atividade agropecuária (CARVALHO *et al.*, 2014). O município tem uma produção agrícola de cultura permanente voltada, principalmente, para o cultivo da banana e castanha de caju, representando uma porção do território 7 ha e 15 ha, respectivamente (Gráfico 14). A cultura temporária é voltada para a cultura do milho e do feijão, e áreas de 3.448 ha e 3.680 há são reservadas para os referenciados cultivos (Gráfico 15). O município de Tejuçuoca tem como cultura permanente principal a banana, com 130 ha, e o cultivo de castanha de caju, com 67 ha (Gráfico 16). A cultura temporária que se destaca é a do feijão, com 1.822 ha (Gráfico 17) (IPECE, 2014).

**Gráfico 14 – Culturas Permanentes do Município de Irauçuba**



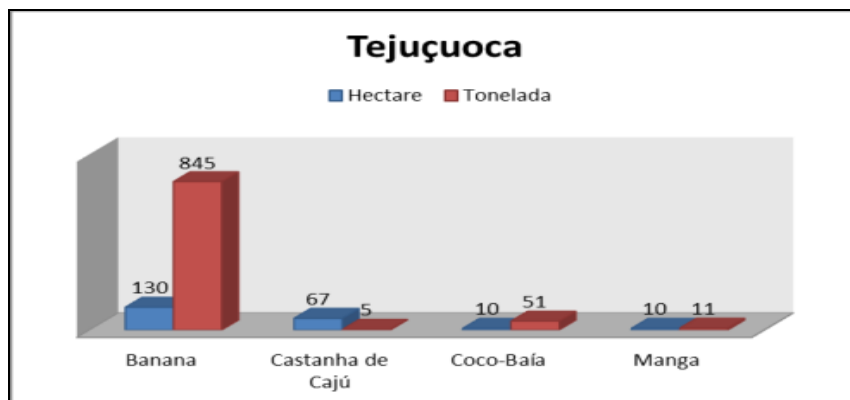
Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

**Gráfico 15 – Culturas Temporárias do Município de Irauçuba**



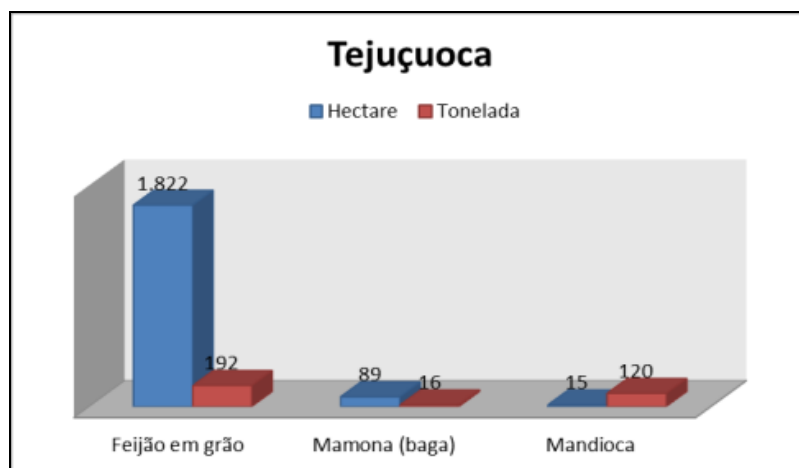
Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

Gráfico 16 – Culturas Permanentes do Município de Tejuçuoca



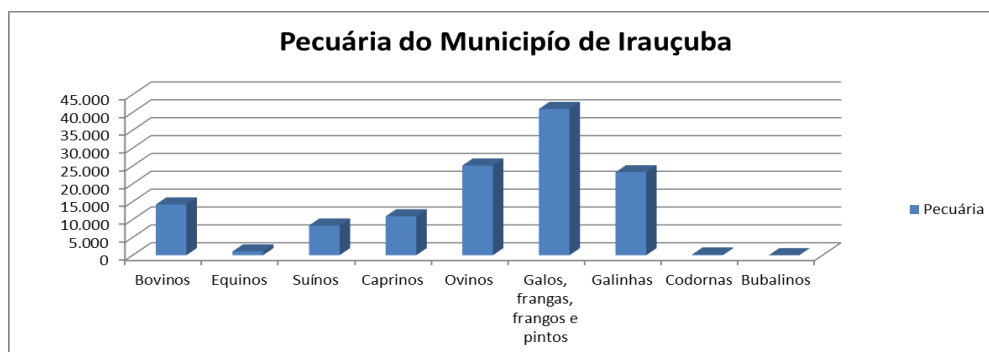
Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

Gráfico 17 – Culturas Temporárias do Município de Tejuçuoca

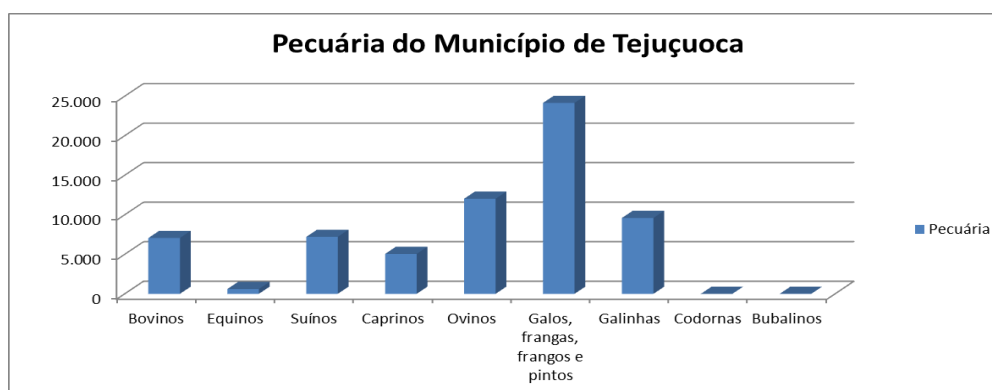


Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

No que toca à pecuária, tanto Irauçuba quanto Tejuçuoca têm suas produções voltadas para a criação de aves. Entre galos, frangos e galinhas Irauçuba possui uma produção de 40.949 animais, seguido de ovinos, com 25.105 animais (Gráfico 18). A pecuária do município de Tejuçuoca é voltada às aves de pequeno porte, com uma produção de 24.145 animais. Em segundo lugar está a produção de ovinos, com 12.024 animais (Gráfico 19) (IPECE, 2014).

**Gráfico 18 - Pecuária no município de Irauçuba**

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

**Gráfico 19 – Pecuária no município de Tejuçuoca**

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

Os distritos de Boa vista do Caxitoré, Juá e Irauçuba, localizados nos sertões de Irauçuba e Tejuçuoca, porção oeste da sub-bacia, têm produção agrícola de subsistência baseada na mão de obra familiar, cultivando, principalmente, as culturas de milho e feijão (Figuras 16 e 17). Nos sertões, a principal atividade é a pecuária extensiva (Figura 18), principalmente no que diz respeito à criação de pequenos e médios animais, como aves, suínos e caprinos, porém, no município de Tejuçuoca, localizado no distrito de Boa Vista do Caxitoré, observou-se a criação de bovinos.

**Figura 16 - Cultivo de milho no sertão de Irauçuba e Tejuçoca, especificamente no distrito de Boa Vista do Caxitoré.**



Fonte: Elaborado pela autora. Plantação de milho no rio Caxitoré no município de Tejuçoca.

**Figura 17 – Cultivo de Feijão no sertão de Irauçuba e Tejuçoca, área específica no distrito de Boa Vista do Caxitoré.**



Fonte: Elaborado pela autora.

**Figura 18 – Criação Extensiva de gado no sertão de Irauçuba e Tejuçuoca, especificamente no distrito de Boa Vista do Caxitoré**

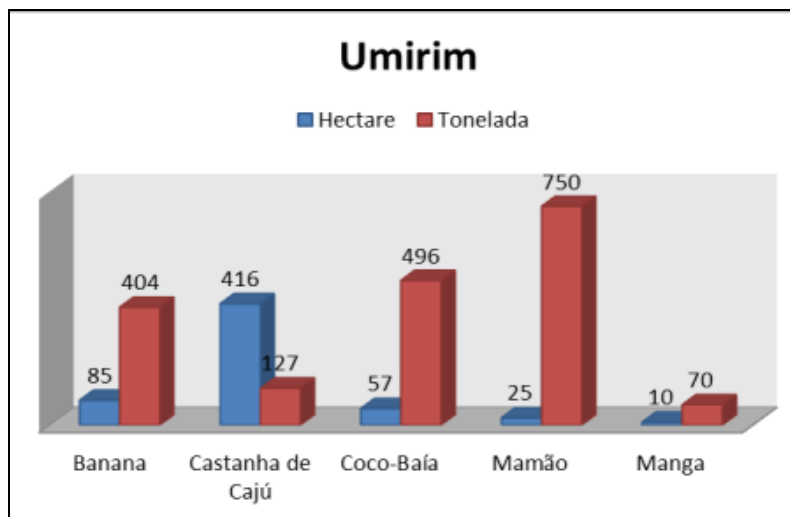


Fonte: Elaborado pela autora.

O município de Umirim tem maior área de cultivo destinada à castanha de caju, com 416 ha, seguido do cultivo da banana, com 85 ha. O referido município trabalha com a cultura permanente do mamão, cerca de 750 toneladas por ano (Gráfico 20). No município de Pentecoste, o principal cultivo é o de coco-baía, com 13.380 toneladas por ano e área destinada a este cultivo de 1.302 ha (IPECE, 2014) (Gráficos 22).

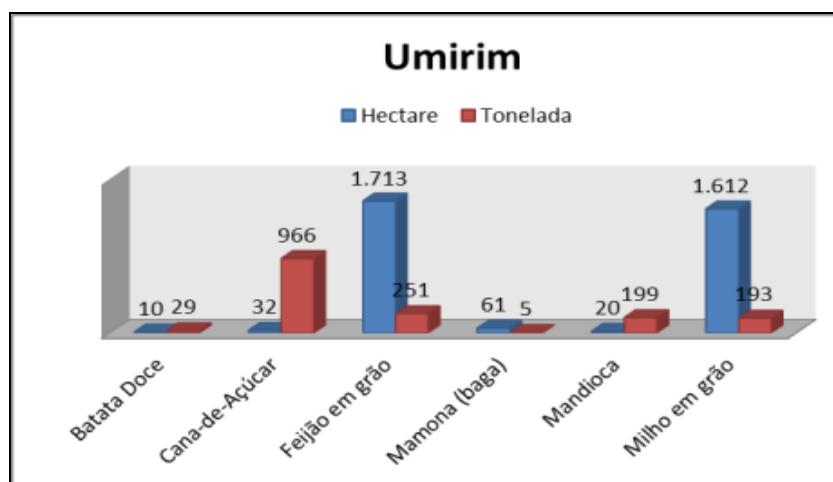
As áreas destinadas às culturas temporárias dos dois municípios foram maiores para o cultivo do feijão e milho (com áreas de 1.713 hectares para plantio de feijão em grão e 1.612 hectares para o plantio de milho em grão no município de Umirim (Gráfico 21), e áreas com 922 hectares para o plantio de feijão e 875 hectares para o milho no município de Pentecoste (Gráfico 23)). Em relação às culturas temporárias de ambos os municípios destaca-se a produção da cana de açúcar (Umirim teve uma produção de 966 toneladas, e Pentecoste de 630 toneladas) (IPECE, 2014).

**Gráfico 20 – Culturas Permanentes do Município de Umirim**

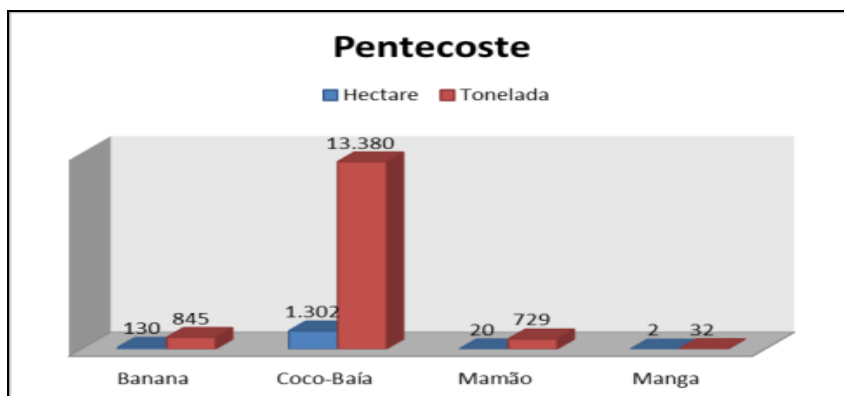


Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

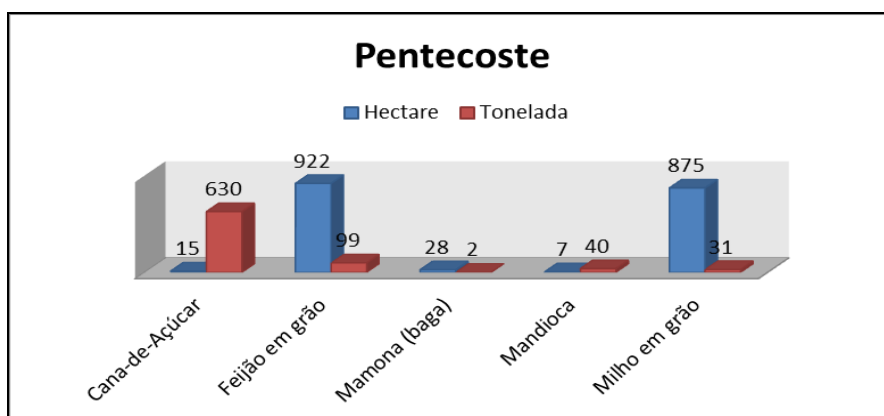
**Gráfico 21 – Culturas Temporárias do Município de Umirim**



Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

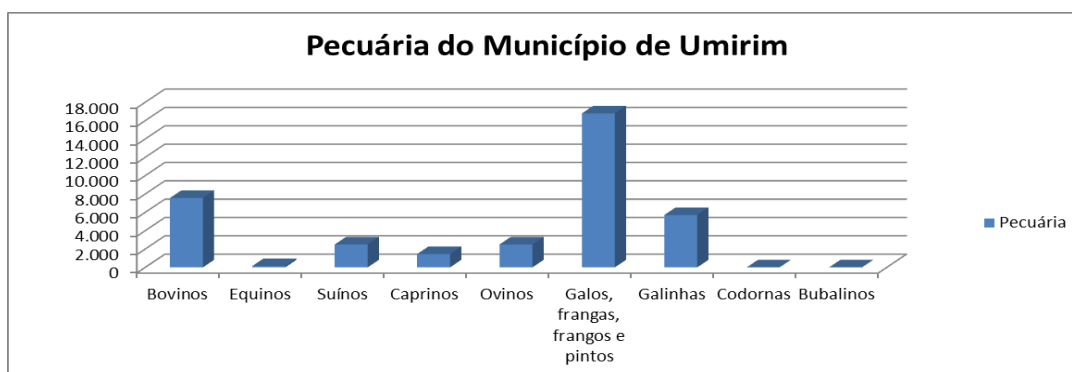
**Gráfico 22 – Culturas Permanentes do Município de Pentecoste**

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

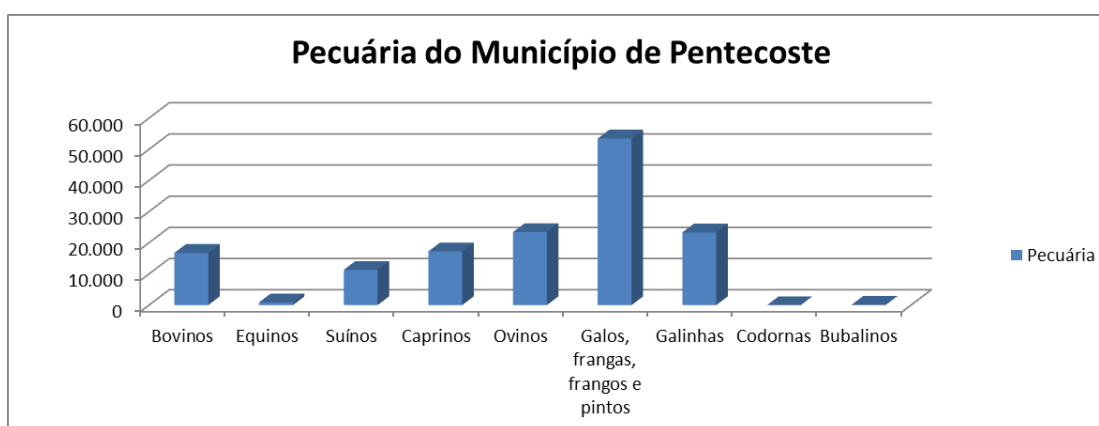
**Gráfico 23 – Culturas Temporárias do Município de Pentecoste**

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

Em Umirim, a criação é, sobretudo, de aves. O município tem produtividade de 16.784 galos, frangos, pintos e 5.712 galinhas (Gráfico 24). A pecuária dos municípios de Umirim e Pentecoste é baseada na avicultura. A pecuária de Pentecoste é baseada, principalmente, na criação de aves, com produção de 53.458 animais, seguida da criação de ovinos, com 23.437 animais (IPECE, 2014) (Gráfico 25).

**Gráfico 24 - Produção de pecuária do município de Umirim**

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

**Gráfico 25 - Produção de pecuária do município de Pentecoste**

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

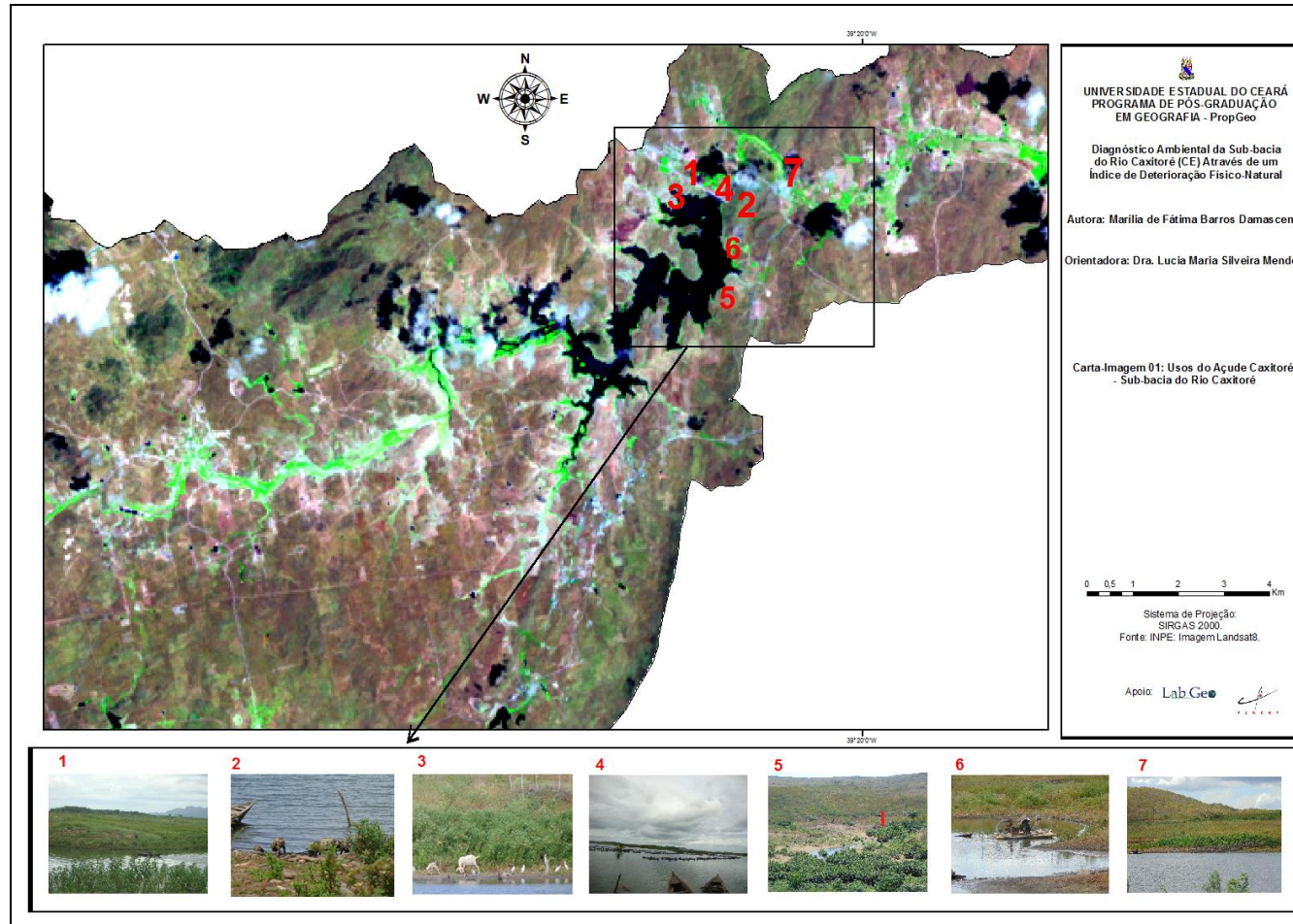
O sistema de sertão de Umirim e Pentecoste abrange os distritos de Caxitoré, Umirim, São Joaquim e Pentecoste. Estas localidades estão mais próximas à foz do rio Caxitoré, onde há um maior cultivo de banana. O açude Caxitoré também é utilizado para a pesca artesanal e piscicultura.

Ressalta-se que o açude Caxitoré é um dos reservatórios da bacia hidrográfica do Curu e possuem as melhores terras para o cultivo de lavouras, que são cultivadas nas várzeas e em alguns interflúvios. Tal fato ocorre principalmente no período da quadra chuvosa (SOARES, 2002).

A Carta-imagem (Figura 19) mostra os usos no açude Caxitoré, localizado entre os municípios de Umirim e Pentecoste. Tem-se uma representação dos tipos de uso, como para a pesca artesanal (Ponto 1); para a

dessedentação de animais, com o recurso hídrico do açude (Pontos 2 e 3); para a piscicultura de espécies como a *Tilapia rensalli*, criada em tanques-rede (Ponto 4). Este trecho do rio Caxitoré é localizado no município Umirim e perenizado pelo açude Caxitoré. No local é possível observar o cultivo de bananeiras, indicado pela seta (Ponto 5). O recurso hídrico do açude é utilizado para o abastecimento e a irrigação de cultivos, para tanto é utilizado um motor de bombeamento da água do açude (Ponto 6). No ponto 7 pode-se observar cultivo de várzea na margem do açude Caxitoré, com localização no município de Pentecoste.

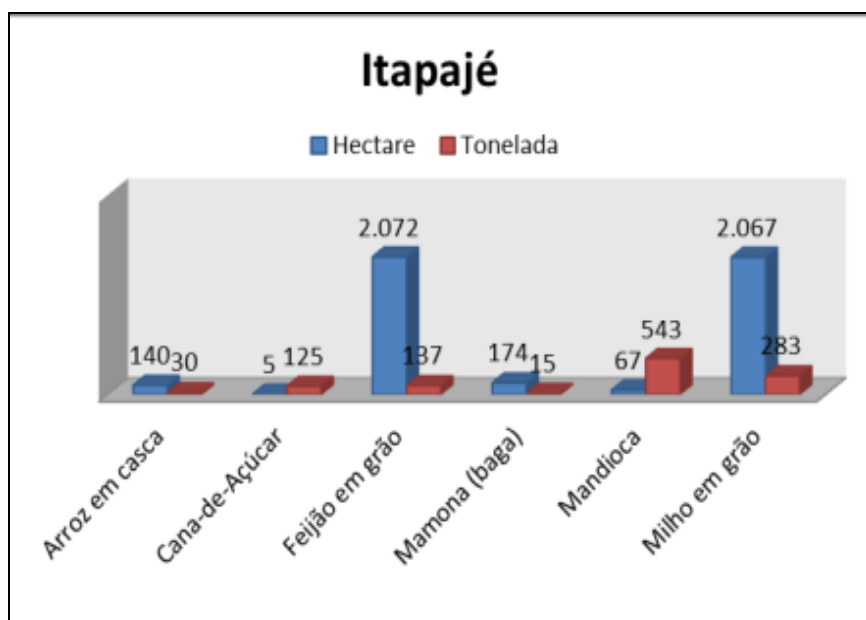
Figura 19 - Carta Imagem do Uso do açude da sub-bacia do rio Caxitoré



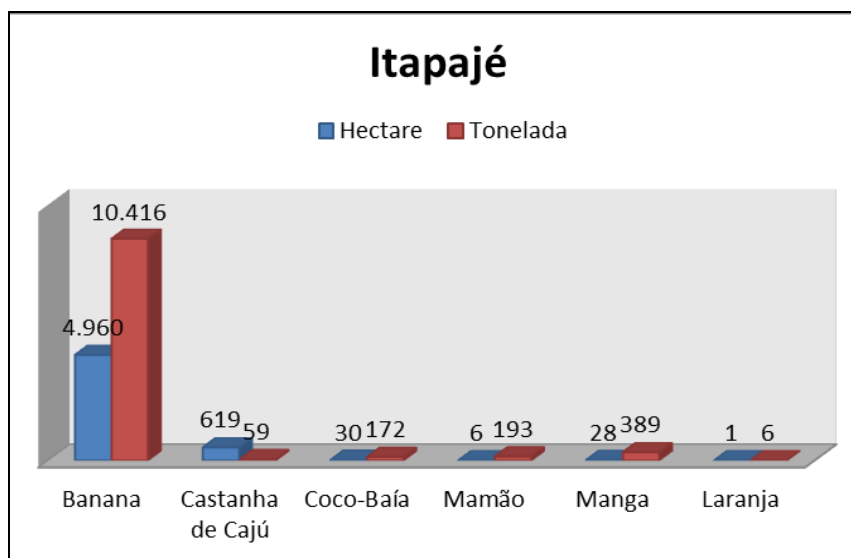
Fonte: Elaborado pela autora.

O município de Itapajé possui 43,49%, ou 191,14km<sup>2</sup> de seu território, ocupado com a atividade agropecuária (CARVALHO *et al.*, 2014). Este município se destaca pela cultura permanente da banana, com área de 4.960 ha destinada à atividade e tem produção de 10.416 toneladas da fruta (Gráfico 26). Quanto à cultura temporária, destacam-se o feijão e o milho, com áreas respectivas de 2.072 ha e 2.067 ha destinadas aos cultivos. A produção destaca-se com o plantio da mandioca, a saber, 543 toneladas (Gráfico 27). A pecuária é destinada basicamente à criação de animais de pequeno porte, como galinhas, frangos, frangas entre outros tipos. A produção de aves, 65.056 animais, é a maior dentre os outros municípios representativos da sub-bacia (IPECE, 2014) (Gráfico 28).

**Gráfico 26 – Culturas Permanentes do município de Itapajé**



Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

**Gráfico 27 – Culturas temporárias do município de Itapajé**

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

**Gráfico 28 - Produção agropecuária do município de Itapajé**

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de IPECE, 2014).

Na serra de Uruburetama, há a prática da bananicultura nos setores sul e oeste, especificamente em áreas como as cristas, que possuem os solos mais espessos. No setor norte da serra de Uruburetama, especificamente na sua vertente subúmida seca, há a cultura de cajuais. Já na vertente seca há pouca prática de silvicultura e de culturas temporárias, tendo como produção a agricultura de subsistência (SILVA, 2007).

A porção da serra de Uruburetama da área de estudo está situada em maior proporção no município de Itapajé. É notório que a cultura da banana está entre as principais culturas da área, principalmente por conta de maior umidade e quantidade de rios. Esta cultura é praticada em propriedades privadas, vertentes íngremes da serra e margens de rios (Figuras 20 e 21). Além disso, existe ainda atividade de extração de madeira para a fabricação de carvão mineral (Figura 22).

**Figura 20 - Cultivo da bananicultura em propriedade particular**



Fonte: Elaborado pela autora. Bananicultura na serra de Uruburetama, município de Itapajé.

**Figura 21 – Cultivo de bananeiras em margens do rio**



Fonte: Elaborado pela autora. Bananicultura na serra de Uruburetama no município de Itapajé.

**Figura 22 - Armazenamento da Extração de madeira em uma propriedade particular**



Fonte: Elaborado pela autora. Extração de madeira para fabricação de carvão para consumo familiar e venda local.

Na sub-bacia são encontrados diferentes tipos de ocupação, dentre os quais destacam-se as propriedades particulares e os assentamentos. Para a

diferenciação dos tipos de propriedades foram utilizadas imagem de satélite e vetorização das áreas encontradas. A quantificação do tamanho da área e a classificação da imagem foram realizadas a partir dos dados dos módulos fiscais municipais e com base na análise visual dos lotes dos imóveis.

A classificação dos imóveis é feita segundo a Lei 8.629 de 25 de fevereiro de 1993, considerando o módulo fiscal, que pode variar para cada município. Essa lei regulamenta os dispositivos da reforma agrária quanto à classificação dos imóveis. Em seu artigo 4º, define-se o minifúndio como uma área inferior a um módulo fiscal; a pequena propriedade como uma área compreendida entre um e quatro módulos fiscais; a média propriedade como uma área superior quatro e até quinze módulos fiscais; e a grande propriedade como uma área superior a quinze módulos fiscais (BRASIL, 1993).

Esta classificação de módulo fiscal é considerada por Nascimento (2013) uma:

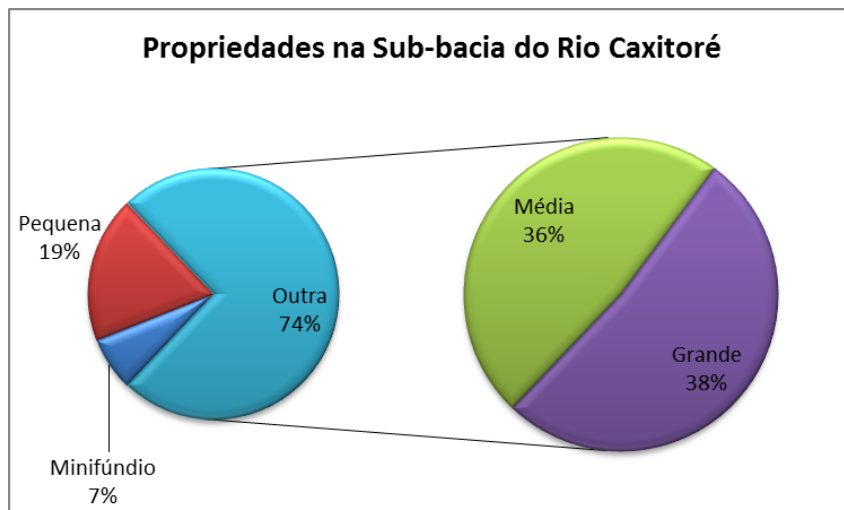
[...] unidade de medida expressa em hectares, fixada para cada município, considerando o tipo de exploração predominante no município, a renda obtida com a exploração predominante e outras explorações existentes no município, que, embora não sejam fatores predominantes, são significativos em função da renda ou da área utilizada e do conceito de propriedade familiar (p. 68).

Os módulos fiscais dos municípios abrangidos na sub-bacia são: 35 ha para o município de Umirim, 45 ha para os municípios de Itapajé e Tejuçuoca, 50 ha para Pentecoste, e 55 ha para Irauçuba (BRASIL, 2013). Observa-se que há uma diferenciação nos hectares dos módulos fiscais, e isto se dá pelo fato de cada município necessitar de tamanhos de áreas diferentes para o desenvolvimento da produtividade. Tal diferenciação leva em conta a sua situação econômica, ou seja, os municípios com menor renda precisam de maior área (ha) para a produção, a fim de alcançarem um crescimento econômico, ao contrário de outros municípios com maior renda.

A sub-bacia do rio Caxitoré (CE) apresenta uma variedade de classificação de propriedades (grandes propriedades, médias propriedades, pequenas propriedades e minifúndios) (Mapa 11). Tomando como referência o limite da sub-bacia, as propriedades com suas respectivas áreas são as seguintes: 355,22 km<sup>2</sup> de grandes propriedades, representando 38% da área da sub-bacia; 328,26km<sup>2</sup> de médias propriedades, correspondendo 36% da área; 173,59 km<sup>2</sup> de pequenas propriedades, relativos a 19%; e uma área de

63,47km<sup>2</sup> de minifúndios, correspondendo 7% (Gráfico 29). Assim, maiores porções da área estão sendo ocupadas por médias e grandes propriedades, porém com minifúndios em maiores números.

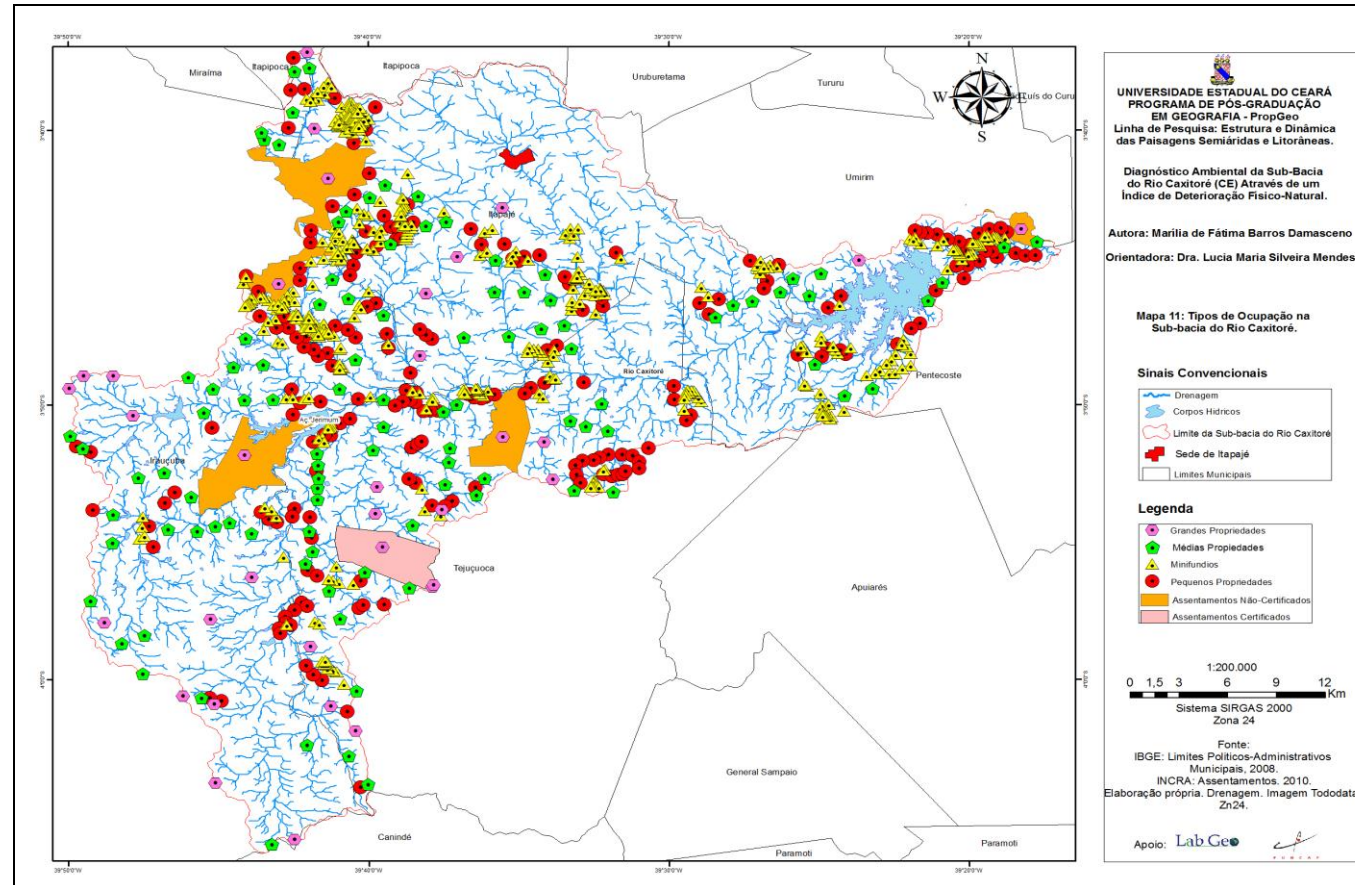
**Gráfico 29 - Percentual do tipo de propriedades na sub-bacia do rio Caxitoré**



Fonte: Elaborado pela autora.

A sub-bacia tem maior proporção de área rural e menor área urbanizada. Esta área urbanizada da sub-bacia está localizada no setor meridional da serra de Uruburetama, mais especificamente na sede do município de Itapajé. Quanto à ocupação da terra na área rural da serra, pode-se afirmar que existe uma pequena extensão de imóveis (SILVA, 2007).

**Mapa 11 – Tipos de ocupação na sub-bacia do rio Caxitoré**



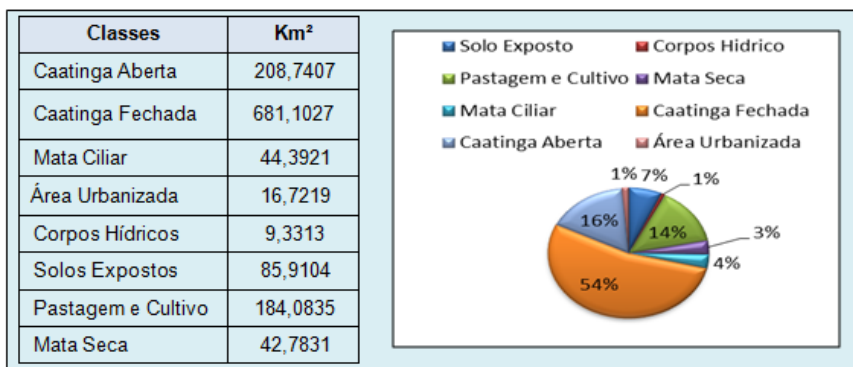
Fonte: Elaborado pela autora.

Na sub-bacia, há outros tipos de ocupação da terra em forma de assentamentos. Segundo os dados do Incra (2013), existem, na região, cinco assentamentos, sendo que quatro não são certificados. A ocupação rural é certificada pelo seu perímetro global, através do georreferenciamento, para que possa ser realizada a descrição para o registro do imóvel e, posteriormente, atribuído um código no Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR) (INCRA, 2013).

O assentamento certificado é o Chaparra, com uma área aproximada de 16,61 km<sup>2</sup>, localizado no município de Tejuçuoca. Os quatros assentamentos não certificados são Nova Canudos, com área de 3,04 km<sup>2</sup>, localizado em Umirim; Olho D'água da Esperança, com 19,40 km<sup>2</sup> e Saco Verde com 25,84 km<sup>2</sup>, em Irauçuba; e o Laura Muquém, com 12,49 km<sup>2</sup> de área, em Tejuçuoca. Esses assentamentos possuem 180 famílias que receberam uma gleba para explorar e morar, com suporte técnico para desempenharem atividades agropecuárias.

#### **4.1.2 Disposição do uso e cobertura vegetal**

Os tipos de uso e cobertura vegetal da sub-bacia estão classificados em oito classes (1) Caatinga Aberta, (2) Caatinga Fechada, (3) Mata Ciliar, (4) Área Urbanizada, (5) Corpos Hídricos, (6) Solos Expostos, (7) Pastagem e Cultivo e (8) Mata Seca (Mapa 12). As quantificações das áreas das classes anteriormente mencionadas estão descritas em quilômetros quadrados e porcentagens na Figura 23.

**Figura 23- Quantificação das classes de uso e cobertura vegetal**

Fonte: Elaborado pela autora.

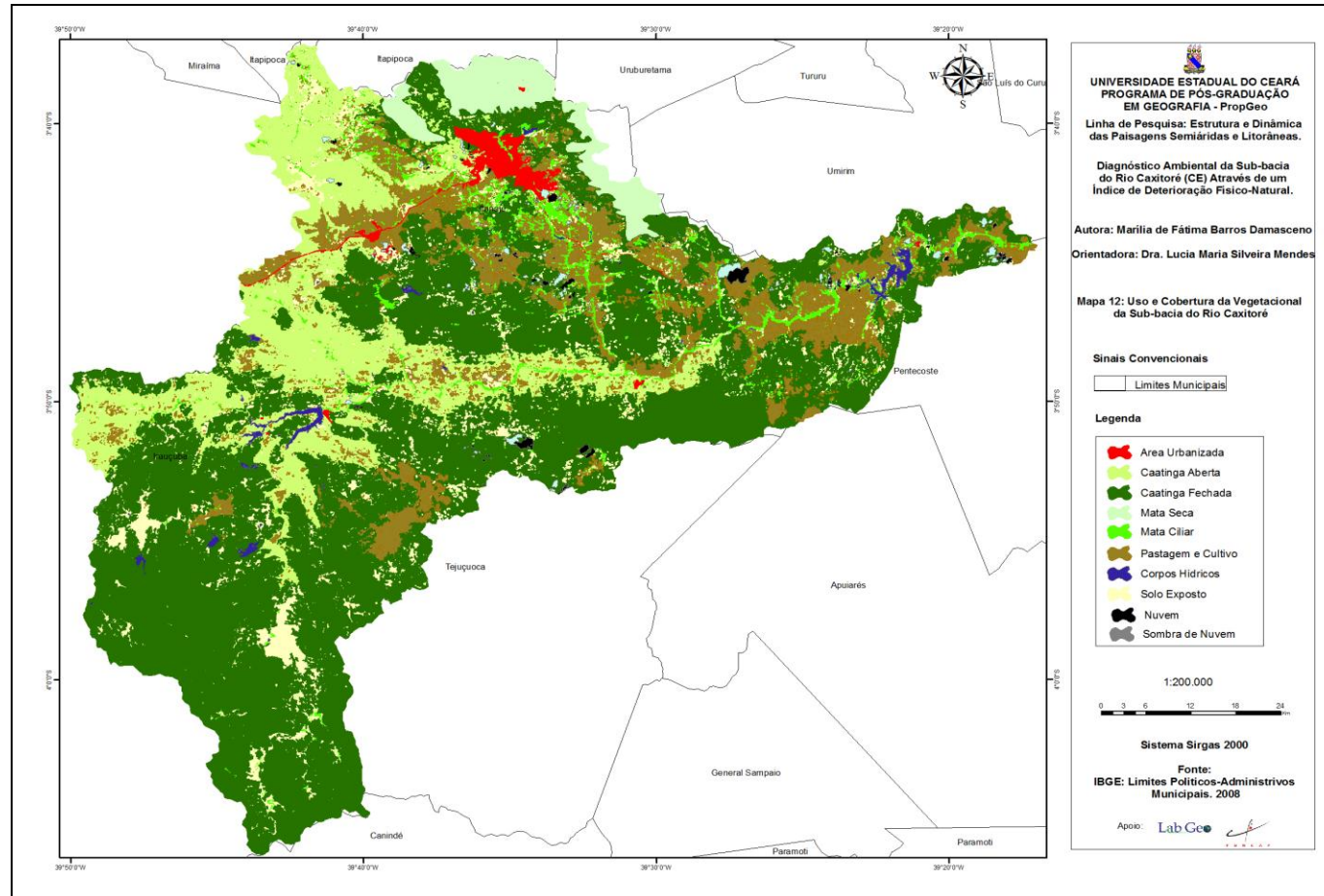
Nota-se que a classe de caatinga fechada prepondera na área da sub-bacia, com 681,1028 km<sup>2</sup> (maior extensão nos sertões), seguida da Caatinga aberta, que tem uma área de 208,7407 km<sup>2</sup> (16%).

Em segundo lugar de dimensão de área está a caatinga aberta, concentrada nos sertões de Irauçuba e Tejuçuoca. A mata ciliar possui um território que corresponde a 4% da área. No trecho do rio Caxitoré está localizada, em maior concentração, a mata ciliar, próxima ao rio Curu, onde há um maior fluxo do recurso hídrico, e na serra de Uruburetama, onde há maior concentração de drenagem. Esta classe está preponderando no topo da serra, com proporção de 3%.

A classe de solo exposto está em 7%, com uma área de 85,9104 km<sup>2</sup>, destacando-se em tamanho em dois locais: nos sertões, localizando-se entre os municípios de Irauçuba e Tejuçuoca, e nos sopés da serra de Uruburetama, em sua porção localizada no município de Irauçuba.

A classe de área urbanizada é referente a ocupações de moradias e a setor de serviços. As ocupações são aglomeradas, incluindo na sede do município, ocupação em área rural e rodovias pavimentadas. Esta classe é mais representativa e encontra-se no município de Itapajé, mais precisamente no distrito Itapajé, serra de Uruburetama. Nesta área há aglomeração de serviços identificados *in loco*, como pousadas, restaurantes, escolas, indústria, igrejas, terminal rodoviário e agências bancárias, dentre outros estabelecimentos. Nas demais áreas da sub-bacia há ocupação urbana em áreas próximas ao rio Caxitoré, nos açudes Caxitoré e Jerimum e nos topos da serra de Uruburetama.

## Mapa 12 – Usos e cobertura vegetal da sub-bacia do rio Caxitoré



Fonte: Elaborado pela autora.

A classe de cultivo e pastagem apresenta áreas destinadas tanto para o plantio como para as pastagens dos animais, pois não existe uma área reservada só para a pastagem, ou seja, os animais são criados de forma extensiva na caatinga aberta e fechada. Os cultivos nos sertões são praticados em áreas de associações de solos como os planossolos e luvisolos, localizados nas margens da zona ribeirinha em neossolos flúvico. Já na serra de Uruburetama, os cultivos são encontrados em solos, como argilossolo vermelho-amarelo. As pastagens estão concentradas nos sertões de Umirim e Pentecoste, em áreas como margens do açude Caxitoré e em trechos do rio Caxitoré que estão próximos ao rio Curu, na porção sudoeste da sub-bacia do Caxitoré, serra de Uruburetama e sertões de Irauçuba e Tejuçuoca.

#### 4.2 USO DO GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE DE CONFLITOS DE USO NA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ

As técnicas de geoprocessamento usadas permitiram identificar e analisar os conflitos de uso da sub-bacia, através da sobreposição dos mapas de declividades, mapas de uso e cobertura vegetal e mapas de solos, usando álgebra de mapas. Os conflitos de uso da terra referem-se à análise do resultado da relação dos condicionantes naturais e tipos do uso da terra, considerando a declividade do terreno, as classes de solos e a classificação do uso e cobertura vegetal da área de estudo, por meio da álgebra de mapas realizadas no SIG Spring. A álgebra de mapas trata-se de um conjunto de operações associadas ao geocampo (BARBOSA, 1997). A partir desta técnica realizamos a análise dos conflitos de uso da sub-bacia, relacionando, assim, as condições naturais (declividade, cobertura vegetal e solos) aos tipos de uso da área.

##### 4.2.1 Conflitos de uso na sub-bacia

Ao analisar os conflitos na sub-bacia do rio Caxitoré como resultado final da sobreposição dos mapas foram encontrados valores que variaram de

0,60 a 5,40 e receberam interpretação de níveis muito baixo, baixo, moderado, médio, elevado e muito elevado, que foram substituídos por pesos conforme Tabela 1. Estes pesos foram atribuídos para que pudéssemos fazer a quantificação dos níveis de conflitos e, com isso, compor o índice de deterioração apresentado no item 5.4.2.

**Tabela 1 - Síntese dos níveis de conflitos de uso da sub-bacia**

<b>Valores (Resultados da Álgebra de Mapas)</b>	<b>Níveis de Conflitos (Interpretação dos Valores)</b>	<b>Pesos (Interpretações dos Níveis de Conflitos)</b>
<b>0,60-1,64</b>	Muito Baixo	1
<b>1,64-2,20</b>	Baixo	2
<b>2,04-2,75</b>	Moderado	3
<b>2,75-3,29</b>	Médio	4
<b>3,29-3,95</b>	Elevado	5
<b>3,95-5,40</b>	Muito Elevado	6

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de Ranieri *et al*, 1998.)

Ressalta-se que os valores de 3,29 a 3,95 (nível Elevado) e de 3,95 a 5,40 (nível Muito Elevado) estão concentrados, principalmente, na serra de Uruburetama, e o valor 2,75 a 3,29 (nível Médio) está concentrado no subsistema serrotes e em algumas áreas do sertão (Mapa 13).

No sistema ambiental sertão predomina a classe de vegetação de caatinga Fechada e, por sequência, de caatinga aberta. A caatinga aberta está localizada nas proximidades do rio principal, Caxitoré, e arredores dos solos expostos. A caatinga fechada e caatinga aberta estão distribuídas em meio ao sistema de sertão, em revelo plano a suave ondulado, nos sopés dos maciços e das cristas. São áreas recobertas por solos luvisolos crômicos, neossolos litólicos e afloramento de rocha. Como são solos rasos e com pedregosidade, apresentam restrições à mecanização agrícola, assim como são suscetíveis à compactação e à erosão do solo.

No sistema ambiental Sertão as atividades antrópicas que favorecem a deterioração são o desmatamento e a queima da vegetação

herbácea para preparação para o plantio, o que influi diretamente no estado de conservação do solo, pois com a continuação das queimadas, o solo vai perdendo os nutrientes e com o desmatamento o solo fica exposto e mais vulnerável à erosão.

A Mata Seca está localizada no relevo mais elevado da serra de Uruburetama, apresentando estado de degradação. Isto ocorreu ao longo do tempo, com o avanço da urbanização e ocupação de área destinada ao plantio. Atualmente, encontram-se fragmentos de Mata Seca, e, em seus sopés, encontra-se a caatinga arbórea e arbustiva.

Os Corpos Hídricos da sub-bacia correspondem ao rio principal Caxitoré, rios secundários e açudes, sendo o açude Caxitoré mais representativo espacialmente, seguido do açude Jerimum, e outros corpos hídricos de menores expressões. Há concentração de ocupação no meio rural nas áreas dos sertões, principalmente próximo a corpos hídricos, como o rio Caxitoré e os açudes Caxitoré e Jerimum.

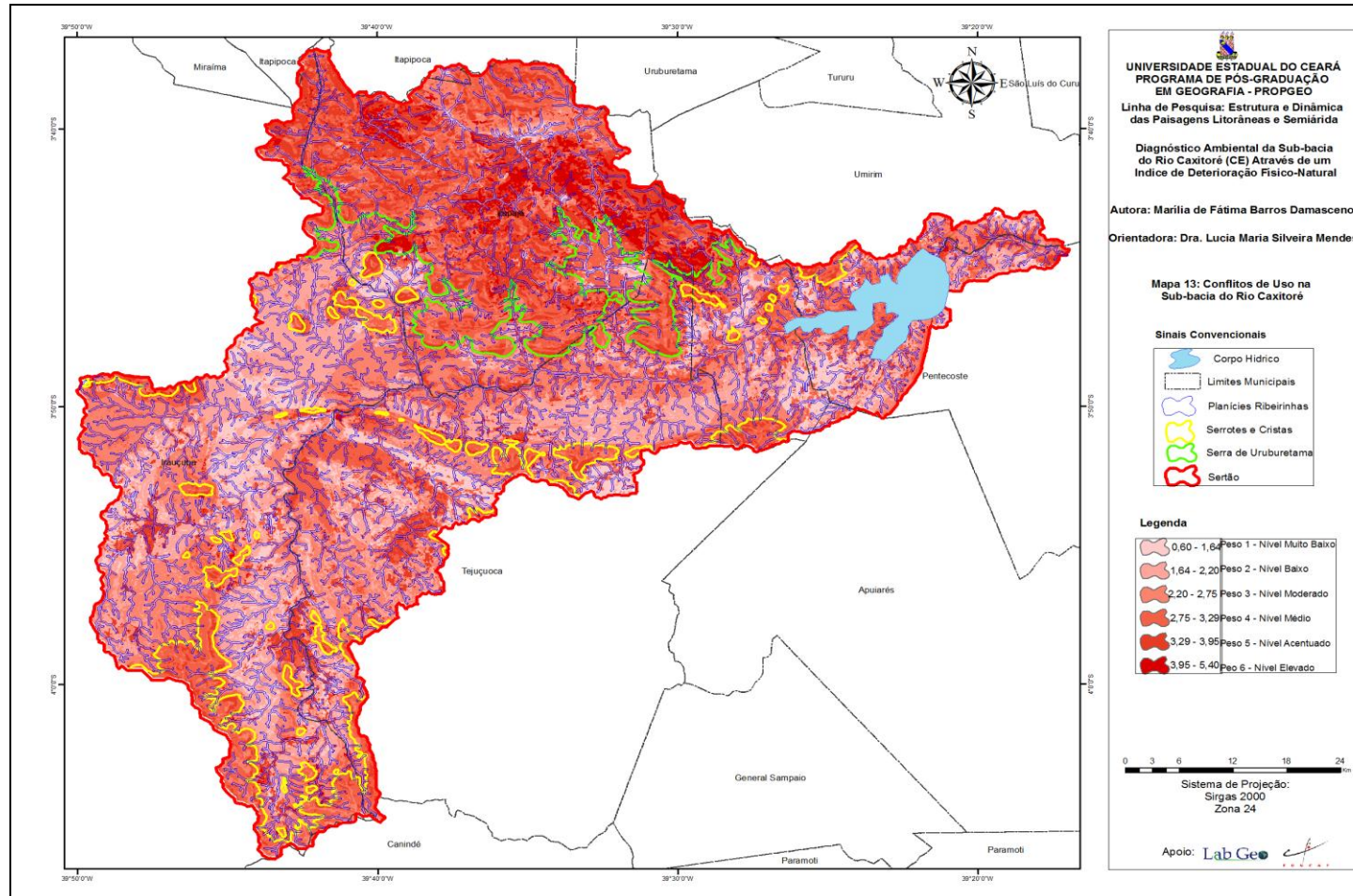
A área urbanizada localiza-se, principalmente, na serra do município de Itapajé, em relevo plano a suave ondulado, porém apresentando ocupações na área rural deste referido município. Está localizada, também, em áreas de relevo forte-ondulado da serra e são consideradas de proteção permanente (APP). O Código Florestal (Lei 12.651/12) disciplina acerca das Áreas de Proteção Permanente e, estabelece o terço superior com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25° (BRASIL, 2012). Além do fator da declividade, há a questão dos solos, pois a área possui solo argilossolo vermelho-amarelo com elevada susceptibilidade à erosão.

A Mata Ciliar presente na porção leste da sub-bacia, em áreas dos sertões de Umirim e Pentecoste, Itapajé e Apuiarés e na serra de Uruburetama, é a classe mais representativa. Contudo, na porção oeste (área dos sertões de Tejuçuoca e Irauçuba), apresenta-se em menor proporção, com um estado deteriorado da mata ciliar, isto se deu pela atividade da extração da areia. Obtivemos a informação *in loco* de que a população retira a vegetação em algumas áreas do rio Caxitoré antes da extração da areia. Em outros casos, mesmo em menor frequência, fazem a retirada para o plantio.

A pastagem e o cultivo estão, sobretudo, nas áreas mais úmidas, como a serra de Uruburetama e nas margens de rios e açudes. Estão em

relevo plano a suave ondulado nos sertões e ondulado nas áreas de vertentes da serra de Uruburetama. Além disso, encontram-se, principalmente, em solos neossolos flúvicos. A principal problemática está relacionada ao cultivo em vertentes, sem adequação ao tipo de relevo, fato que faz com que estes solos estejam propícios à erodibilidade.

Mapa 13 - Conflitos de uso na sub-bacia do rio Caxitoré



Fonte: Elaborado pela autora.

Os solos expostos, localizados, principalmente, no sertão no município de Irauçuba, na porção sotavento da serra de Uruburetama, possuem planossolo solódico e relevo plano e suave ondulado. São solos com limitações às penetrações das raízes das plantas, justamente por conta do adensamento pelo contraste da textura do solo, sendo este suscetível à erosão.

Os solos expostos são áreas que normalmente estão em trechos onde há semiaridez, e seu uso contínuo ocasiona esterilidade da terra (SOARES, 2002). Apesar do tipo de relevo não influir na exposição do solo, outros fatores estão relacionados, como o desmatamento para fins de produção do carvão vegetal e de realização da atividade agropecuária. Ao longo do tempo, esta prática impediu a manutenção do estado da vegetação da caatinga, dificultando a renovação e recuperação das espécies, pois não há ações que promovam outras formas alternativas de fonte de energia para a prática da agropecuária.

No Quadro 8 há um resumo do que foi identificado e analisado em relação aos conflitos de uso da sub-bacia, a saber: i) o solo exposto tem maior representatividade no sistema ambiental do sertão, com maior área de representação entre os municípios de Tejuçuoca e Irauçuba; ii) o desmatamento ocorre na planície ribeirinha, sertão e serra de Uruburetama; e iii) a extração da área é praticada em vários pontos da planície ribeirinha, em suas margens e fundos.

**Quadro 8-Síntese dos conflitos da sub-bacia setorizada por sistemas ambientais**

<b>Sistema Ambiental</b>	<b>Características Dominantes</b>	<b>Tipos de Associações de Solos</b>	<b>Classes de Declividade</b>	<b>Limites de Uso</b>	<b>Impactos</b>	<b>Níveis de Conflitos de Uso Predominantes</b>
<b>Sertão</b>	Cobertura Vegetal de Caatinga Aberta e Fechada Uso para agropecuária	Neossolos Litólicos; Afloramento de Rocha; Planossolos; Luvissolos	Suave Ondulado	Solos rasos e pedregosos; chuvas irregulares; deficiência pluviométrica; vulnerabilidade à salinização de solos e de corpos d'água (SOUZA, 2007).	Desmatamento e Solo exposto	Muito Baixo, Baixo, Moderado e Médio.
<b>Planície Ribeirinha</b>	Cobertura Mata Ciliar Uso para cultivo e pastagem	Neossolo flúvico	Plano	Restrições legais associados com matas ciliares; Edáficas: drenagem imperfeita dos solos, salinização e inundação periódicos; Mineração descontrolada; (SOUZA, 2007).	Desmatamento e extração de areia.	Moderado e Médio
<b>Serra de Uruburetama</b>	Cobertura Caatinga Fechada e Mata úmida Uso para cultivo	Argilossolo Vermelho-Amarelo; Neossolos Litólicos; Afloramentos de Rocha.	Ondulado à Escarpado	Declividade forte das vertentes; Impedimentos à mecanização; Alta susceptibilidade à erosão; Áreas protegidas pela legislação ambiental em encostas com declividades fortes (SOUZA, 2007).	Cultivo em vertentes e ocupação em relevo ondulado.	Moderado Médio Elevado Muito Elevado
<b>Serrote</b>	Cobertura Caatinga Fechada	Argilossolo Vermelho-Amarelo	Ondulado à Montanhoso	Declividade das vertentes; Alta susceptibilidade à erosão dos solos; Áreas protegidas pela legislação ambiental em encostas com declives fortes (SOUZA, 2007).	Solo exposto.	Médio.

Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de Souza, 2007).

### 4.3 O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL COM BASE NO ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO FÍSICO-NATURAL DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ

O diagnóstico ambiental da sub-bacia, adaptado de Rocha (1997), foi realizado em duas etapas: primeiramente foi feito um estudo estatístico com base em uma análise de regressão linear, obtendo-se a equação de deterioração físico-natural, que resultou em porcentagens de deterioração. A análise do índice teve como objetivo determinar o nível de deterioração da sub-bacia através da análise dos resultados obtidos pelos pesos atribuídos a cada parâmetro: 1) declividade do relevo; 2) susceptibilidade dos solos à erosão; 3) solo exposto; 4) pastagem e cultivo; e 5) área urbanizada (Tabela 03). Na segunda parte, constam os níveis de deterioração por microbacias, com adaptação da metodologia de Candito (2008). Para tal, foram utilizados os parâmetros i) Potencial Agrícola; ii) Vegetação; iii) Declividade; iv) Susceptibilidade dos Solos à Erosão; e 5 v) Conflitos de Uso (Tabela 2).

**Tabela 2 – Descrição sobre os parâmetros**

<b>Declividade do relevo</b>	Equivale a classificação de acordo com a Embrapa (ver Mapa 09).
<b>Susceptibilidade dos solos à erosão</b>	Corresponde à vulnerabilidade do solo em erodir devido aos condicionantes naturais e da atividade antrópica. Pode-se ver o mapa de susceptibilidade dos solos à erosão da sub-bacia do rio Caxitoré (Anexo 02).
<b>Solos exposto</b>	Estão representadas no mapa de uso e cobertura vegetal (mapa 13).
<b>Pastagem e cultivo,</b>	
<b>Área urbanizada,</b>	
<b>Vegetação.</b>	
<b>Potencial agrícola</b>	Foi baseado de acordo com cada classe de solo da sub-bacia, de acordo com Pereira e Silva (2007).
<b>Conflitos de Uso</b>	É resultado dos pesos atribuídos no mapa conflitos de uso na sub-bacia (Mapa 14).

Fonte: Elaborado pela autora.

Posteriormente, no terceiro momento, sumarizamos a quantificação dos valores das microbacias, a fim de obtermos o grau de deterioração para toda a sub-bacia. Para tanto, foi utilizada a equação da reta, com o somatório de todos os valores por microbacias (valor mínimo, valor máximo e moda).

#### **4.3.1 Aplicação do índice de deterioração do conflito de uso da terra por microbacias**

Para a deterioração dos conflitos de uso, foram utilizados valores máximo e mínimo considerados e peso total. Os valores máximo e mínimo são os níveis de valores considerados. O peso total é a somatória dos pesos obtidos para cada fator considerado. O total fator dos conflitos de uso (valor “x”) é atribuído pelo somatório dos pesos dos três fatores (Declividade do Relevo, Susceptibilidade Solos, Solo Exposto, Pastagem e Cultivo, e Área Urbanizada). O fenômeno da Deterioração está sendo representado por gráficos nos eixos abscissas (x) e ordenado (y) e tabelas que demonstram o valor do índice por microbacias. Foi atribuído o peso “1” para “não” (fator deteriorante não presente) e o peso “2” para “sim” (fator deteriorante presente).

Para o cálculo do índice de deterioração, no que tange aos conflitos de uso das microbacias, foi utilizada a equação “ $y=ax-b$ ”. O valor mínimo é 5 e o valor máximo é 10 para todas as microbacias. A partir dos cálculos feitos, observou-se que o valor “y” para todas as microbacias está com uma elevada taxa de deterioração, tendo em vista que as porcentagens das microbacias ultrapassam em muito a porcentagem aceitável que, de acordo com Rocha (1997), é de 10% para deterioração.

O menor percentual de deterioração é de 40%, e estão nas microbacias V, XIV, XV, XVI. A declividade do relevo (peso 1) não possui relevo acidentado, ou seja, tem maior expressão de relevo plano a suave ondulado, e baixa susceptibilidade à erosão dos solos (peso 1). Observou-se presença de solos expostos (peso 2) e prática de atividade de pastagem e cultivo (peso 2), e não há área urbanizada (peso 1) (Quadro 9). Nestas referidas microbacias, os fatores que contribuíram para o percentual de deterioração foram os solos expostos e áreas com pastagens e cultivo, estando concentradas em um mesmo espaço.

**Quadro 9- Deterioração das microbacias identificadas como V, XIV, XV e XVI**

FATORES		PESOS		
		Peso Total	Mínimo	Máximo
1.1.	Declividade do Relevo	1	1	2
1.2.	Susceptibilidade Solos	1	1	2
1.3.	Solo Exposto	2	1	2
1.4	Pastagem e Cultivo	2	1	2
1.5	Área Urbanizada	1	1	2
<b>Fator Conflitos de Uso</b>		<b>7</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Unidades Críticas de Deterioração (y)</b>		<b>Y=40%</b>		

Fonte: Elaborado pela autora.

As microbacias II, VI, VII, IX, X, XI têm percentual de 60%. As microbacias II e X possuem declividade de relevo (peso 1), com relevo plano e suave ondulado e susceptibilidade média (peso 2), presença de solos expostos, com pastagens e cultivos, e não há a presença de área urbanizada (Quadro 10). Quanto à microbacia IX, é preciso ressaltar o crescimento da área urbanizada e a baixa susceptibilidade à erosão dos solos (Quadro 11). Já a microbacia XI, tem relevo acidentado, solo exposto e cultivo (Quadro 12).

**Quadro 10- Deterioração das microbacias identificadas como II e X**

FATORES		PESOS		
		Peso Total	Mínimo	Máximo
1.1.	Declividade do Relevo	1	1	2
1.2.	Susceptibilidade Solos	2	1	2
1.3.	Solo Exposto	2	1	2
1.4	Pastagem e Cultivo	2	1	2
1.5	Área Urbanizada	1	1	2
<b>Fator Conflitos de Uso</b>		<b>8</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Unidades Críticas de Deterioração (y)</b>		<b>Y=60%</b>		

Fonte: Elaborado pela autora.

**Quadro 11 - Deterioração da microbacia identificada como IX**

FATORES		PESOS		
		Peso Total	Mínimo	Máximo
1.1.	Declividade do Relevo	1	1	2
1.2.	Susceptibilidade Solos	1	1	2
1.3.	Solo Exposto	2	1	2
1.4.	Pastagem e Cultivo	2	1	2
1.5.	Área Urbanizada	2	1	2
<b>Fator Conflitos de Uso</b>		<b>8</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Unidades Críticas de Deterioração (y)</b>		<b>Y=60%</b>		

Fonte: Elaborado pela autora.

**Quadro 12 - Deterioração da microbacia identificada como XI**

FATORES		PESOS		
		Peso Total	Mínimo	Máximo
1.1.	Declividade do Relevo	2	1	2
1.2.	Susceptibilidade Solos	1	1	2
1.3.	Solo Exposto	2	1	2
1.4.	Pastagem e Cultivo	2	1	2
1.5.	Área Urbanizada	1	1	2
<b>Fator Conflitos de Uso</b>		<b>8</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Unidades Críticas de Deterioração (y)</b>		<b>Y=60%</b>		

Fonte: Elaborado pela autora.

As microbacias I, III, XII, XIII, XVII e XVIII possuem um percentual bastante elevado, com 80% de deterioração. A microbacia I tem declividade de relevo, solo exposto, pastagem e cultivo e área urbanizada, ambas com pesos 2 (Quadro 13). As microbacias III, XII, XIII e XVII possuem os fatores susceptibilidade solos, solo exposto, pastagem e cultivo e área urbanizada, com peso 2 (Quadro 14). A microbacia XVIII possui declividade de relevo, susceptibilidade solos, solo exposto e pastagem e cultivo com o peso 2 (Quadro 15). E as microbacias IV e VIII têm percentual de deterioração de 100%, e todos os fatores têm peso 2: declividade acidentada, susceptibilidade dos solos à erosão, prática de cultivo e pastagem, solos exposto e área urbanizada (Quadro 16).

**Quadro 13 - Deterioração da microbacia identificada como I**

FATORES		PESOS		
		Peso Total	Mínimo	Máximo
1.1.	Declividade do Relevo	2	1	2
1.2.	Susceptibilidade Solos	1	1	2
1.3.	Solo Exposto	2	1	2
1.4	Pastagem e Cultivo	2	1	2
1.5	Área Urbanizada	2	1	2
<b>Fator Conflitos de Uso</b>		<b>9</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Unidades Críticas de Deterioração (y)</b>		<b>Y=80%</b>		

Fonte: Elaborado pela autora.

**Quadro 14 - Deterioração das microbacias identificadas como III, XII, XIII e XVII**

FATORES		PESOS		
		Peso Total	Mínimo	Máximo
1.1.	Declividade do Relevo	1	1	2
1.2.	Susceptibilidade Solos	2	1	2
1.3.	Solo Exposto	2	1	2
1.4	Pastagem e Cultivo	2	1	2
1.5	Área Urbanizada	1	1	2
<b>Fator Conflitos de Uso</b>		<b>8</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Unidades Críticas de Deterioração (y)</b>		<b>Y=80%</b>		

Fonte: Elaborado pela autora.

**Quadro 15 - Deterioração da microbacia identificada como XVIII**

FATORES		PESOS		
		Peso Total	Mínimo	Máximo
1.1.	Declividade do Relevo	2	1	2
1.2.	Susceptibilidade Solos	2	1	2
1.3.	Solo Exposto	2	1	2
1.4	Pastagem e Cultivo	2	1	2
1.5	Área Urbanizada	1	1	2
<b>Fator Conflitos de Uso</b>		<b>9</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Unidades Críticas de Deterioração (y)</b>		<b>Y=80%</b>		

Fonte: Elaborado pela autora.

**Quadro 16 - Deterioração das microbacias identificadas como IV e VIII**

FATORES		PESOS		
		Peso Total	Mínimo	Máximo
1.1.	Declividade do Relevo	2	1	2
1.2.	Susceptibilidade Solos	2	1	2
1.3.	Solo Exposto	2	1	2
1.4.	Pastagem e Cultivo	2	1	2
1.5.	Área Urbanizada	2	1	2
<b>Fator Conflitos de Uso</b>		<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Unidades Críticas de Deterioração (y)</b>		<b>Y=100%</b>		

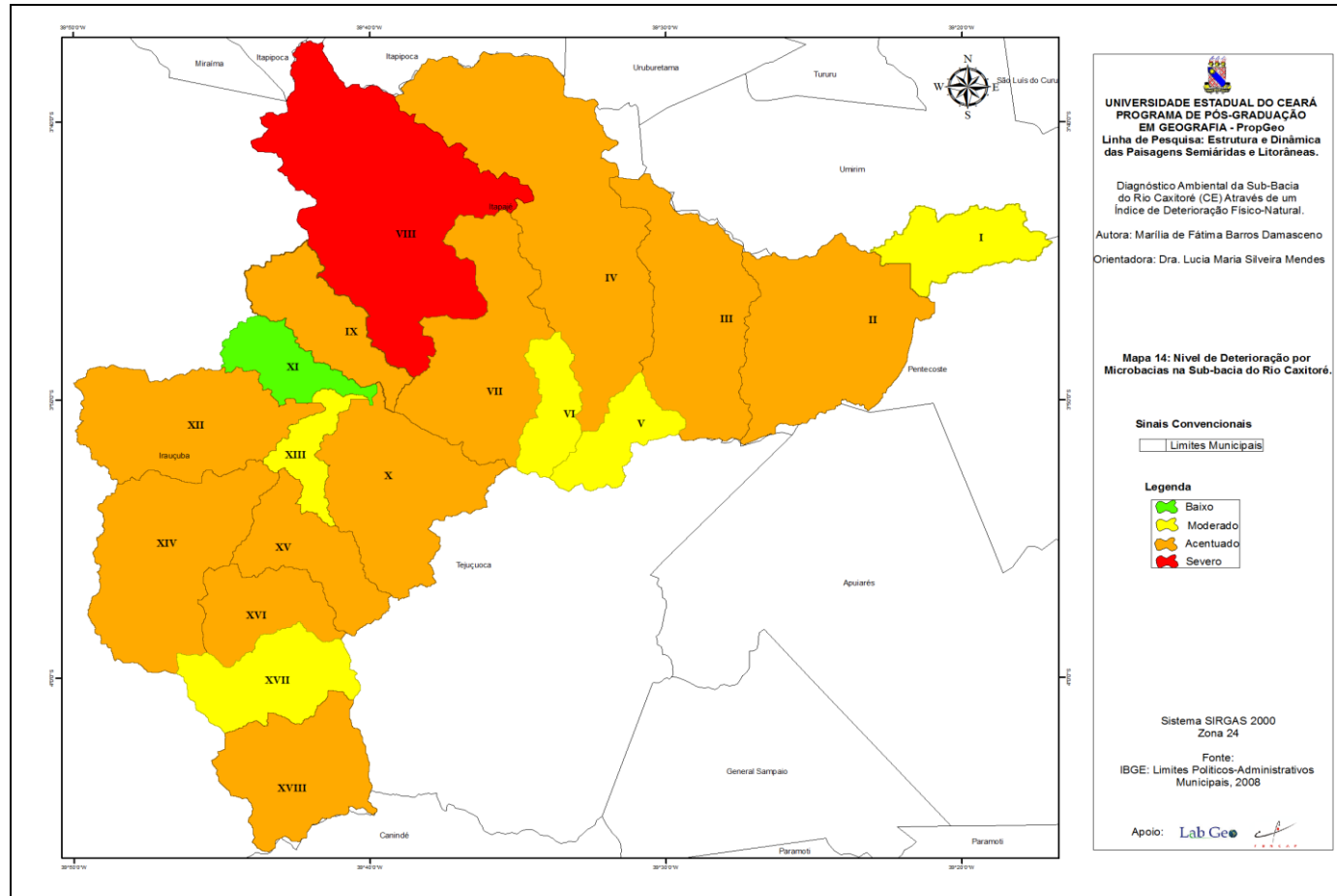
Fonte: Elaborado pela autora.

Em todas as microbacias há solos expostos, e estes têm relação direta com o cultivo e a pastagem. As práticas de agricultura e pecuária trazem consequência direta para a cobertura vegetal dos solos, pois esta é retirada e/ou queimada para a realização daquelas práticas.

#### 4.3.2 Avaliação dos níveis de deterioração por microbacias

A sub-bacia do rio Caxitoré tem variação de quatro níveis de deterioração. Quanto às nomenclaturas são classificadas como nível Baixo, Moderado, Acentuado e Severo. Estes níveis de deterioração foram delimitados considerando as microbacias (Mapa 14).

**Mapa 14 – Nível de deterioração por microbacias na sub-bacia do rio Caxitoré**



Fonte: Elaborado pela autora.

Os níveis de deterioração foram realizados com base nos seguintes parâmetros: (1) Potencial Agrícola; (2) Vegetação, (3) Declividade, (4) Susceptibilidade à Erosão e (5) Conflitos de Uso. Foram distribuídos os pesos para cada parâmetro considerado na avaliação do nível de deterioração. Os parâmetros utilizados foram baseados em Candido 2008 (Tabela 3).

**Tabela 3 - Parâmetros utilizados no nível de deterioração e pesos atribuídos**

<b>Parâmetros</b>	<b>PARÂMETROS</b>	<b>PESOS ATRIBUÍDOS</b>
<b>Potencial Agrícola</b>	Terra boa para plantar	1
	Terra regular para plantar	2
	Terra inadequada para plantar	3
<b>Declividade</b>	Plano	1
	Suave-ondulado	2
	Ondulado	3
	Forte-ondulado	4
	Montanhoso	5
	Escarpado	6
<b>Vegetação</b>	Mata Seca	1
	Caatinga Aberta	2
	Mata Ciliar	3
	Solo Exposto	4
<b>Conflitos de Uso</b>	Muito Baixo	1
	Baixo	2
	Moderado	3
	Médio	4
	Elevado	5
	Muito Elevado	6
<b>Susceptibilidade à Erosão</b>	Baixo	1
	Médio	2
	Alto	3

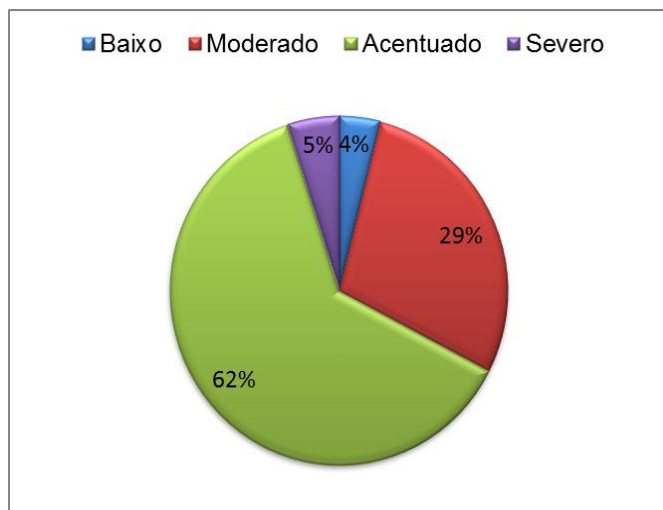
Fonte: Elaborado pela autora (adaptação de Candido, 2008)

Os pesos dos parâmetros por microbacias foram somados, resultando, assim, nos pesos totais (Quadro 17). As microbacias foram agrupadas de acordo com os pesos totais em níveis de deterioração (Baixo,

Moderado, Acentuado e Severo) (Quadro 18), originando, pois, os níveis e pesos de deterioração por microbacias (Quadro 19) e os níveis de deterioração para toda a sub-bacia (Quadro 20).

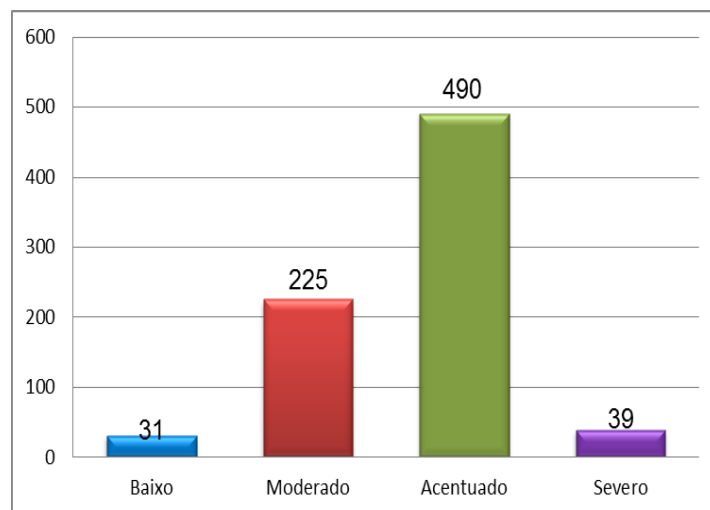
Pode-se inferir que a sub-bacia tem seu maior percentual com nível “Acentuado” de 62% e com o nível “Moderado” de 29% da área pesquisada (Gráfico 30). O percentual de 62% é referente aos números de microbacias da área de estudo, que corresponde a dez microbacias, e 29% é referente ao número de seis microbacias, totalizando dezoito microbacias. Considerando a delimitação de microbacias da área de estudo e os seus devidos pesos totais de deterioração, o maior número das microbacias possui o terceiro grau de deterioração (Nível Acentuado). Isso significa que a sub-bacia tem a maior área com o nível acentuado de deterioração (peso total de 490) (Gráfico 31). Este peso total é referente ao somatório dos parâmetros deteriorantes (Quadro17).

**Gráfico 30 - Percentual dos Níveis de Deterioração da Sub-bacia do Rio Caxitoré/CE**



Fonte: Elaborado pela autora.

**Gráfico 31 - Pesos dos Níveis de Deterioração da Sub-bacia do Rio Caxitoré/CE**



Fonte: Elaborado pela autora.

**Quadro 17- Parâmetros Utilizados e seus Pesos Correspondentes por Microbacias**

PARÂMETROS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Potencial Agrícola	5	7	7	4	7	7	5	8	7	7	8	8	6	7	5	5	5	5
Vegetação	5	5	5	7	5	5	5	10	8	8	8	8	13	13	13	9	6	10
Declividade	10	21	21	21	15	15	21	21	15	15	6	15	6	15	15	15	15	21
Susceptibilidade à Erosão	6	6	6	6	3	3	6	6	3	6	3	6	6	6	3	3	3	6
Conflitos de Uso	6	6	11	15	6	6	15	15	6	11	6	11	11	11	11	11	11	11
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>53</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	<b>60</b>	<b>39</b>	<b>47</b>	<b>31</b>	<b>48</b>	<b>42</b>	<b>52</b>	<b>47</b>	<b>43</b>	<b>40</b>	<b>53</b>

**Quadro 18 - Classificação dos Níveis de Deterioração e Distribuição das Microbacias por Pesos Totais**

Níveis de Deterioração	Baixo	Moderado	Acentuado	Severo
Microbacias	XI	I, XIII, XVII, V e VI.	IX, X, VII, XII, XVI, IV, II, III, XV, XIV e XVIII	VIII
Pesos Totais por Níveis	≤31	32-42	43-53	≥60

**Quadro 19- Níveis e Pesos de Deterioração das Microbacias**

Níveis	Pesos Encontrados
Baixo	31
	32
	36
	36
	39
Moderado	40
	42
	43
	45
	47
Acentuado	47
	47
	48
	50
	52
Severo	52
	53
	53

**Quadro 20 - Total de Pesos por Níveis de Deterioração para a Sub-bacia**

Níveis	Total de Pesos Encontrados
Baixo	31
Moderado	225
Acentuado	490
Severo	39

A análise dos seis parâmetros, com seus respectivos pesos totais, demonstra o nível da susceptibilidade à deterioração das microbacias (Quadro 17). Através da somatória dos parâmetros por microbacias, classificou-se em quatro níveis (Baixo, Moderado, Acentuado e Severo) (Quadro 18), e somados os pesos dos níveis (Quadro 19), resultando assim, no total de pesos por níveis de deterioração para a Sub-bacia (Quadro 20).

A microbacia XI tem o nível baixo de deterioração, com o peso total 31. Os fatores que mais contribuíram de forma positiva foram: Declividade, Susceptibilidade à Erosão e Conflitos de Uso. Isto se deu pelo fato de a microbacia estar em um terreno plano a ondulado, possuir níveis de susceptibilidade de nível baixo e médio, solos aptos para o plantio e para a prática de pastagens. Consequentemente, os conflitos do uso de solo têm baixo peso.

O nível moderado abrange as microbacias I, V, VI, XIII, XVI e XVII. Estas microbacias estão nos sertões de Umirim e Pentecoste e sertões de Irauçuba e Tejuçuoca. A microbacia XIII está localizada entre os municípios de Irauçuba e Tejuçuoca. É uma área com maior peso total no nível moderado. Os parâmetros que dão base são a cobertura da vegetação e a susceptibilidade à erosão. A cobertura vegetal predominante corresponde à cobertura aberta e à alta susceptibilidade à erosão do solo, justamente pelo tipo de solo predominante da área em detrimento do fator de declividade do terreno, que é de relevo suave ondulado.

A microbacia I está localizada entre os municípios de Umirim e Pentecoste. O parâmetro de susceptibilidade à erosão do solo foi o que mais contribuiu para o peso total desta microbacia, considerando que os critérios de litologia e uso da terra tiveram aspectos peculiares, principalmente pela maior concentração litológica sedimentar (maior concentração de depósitos aluviais e atividade de cultivo e pastagem), que teve maior pressão sobre a terra).

O nível "Acentuado" está relacionado às microbacias IX, X, VII, XII, IV, II, III, XV, XIV e XVIII que estão dispersas no sistema ambiental sertões, serrotes e serra de Uruburetama, encontrando-se, assim, no relevo mais acentuado, variando de plano a escarpado. As microbacias IV e XVIII têm destaque por conta dos maiores pesos totais. A microbacia IV é abrangida, sobretudo, pela serra de Uruburetama. Os parâmetros que mais influenciaram

foram Topografia, Susceptibilidade à Erosão e Conflitos de Uso da Terra. A deterioração está influenciada diretamente pelo nível topográfico, que varia de plano a escarpado. Vale ressaltar que a ocupação urbana e a classe pastagem e cultivo contribuíram substancialmente para o nível de conflito de uso da terra.

A microbacia XVIII está localizada na porção sudoeste da sub-bacia, nos sertões de Irauçuba e Tejuçuoca. A deterioração é resultante do solo exposto e da alta declividade, que varia de plano a montanhoso. Por consequência da susceptibilidade à erosão do solo são predominantes os níveis médio e alto. A microbacia XVI tem o menor peso total. O parâmetro “conflito de uso do solo” foi o que mais contribuiu para o peso total da microbacia, pelo fato de que na área há solo exposto e topografia com declividade de planos variados, alguns pontos de relevo ondulado e montanhoso.

A microbacia VIII foi a área que obteve o grau severo de deterioração, com o peso total 60. Os parâmetros que contribuíram para o nível dos pesos obtidos foram topografia, susceptibilidade à erosão e conflito de uso da terra. A microbacia apresenta elevado nível da declividade, que varia de plano a escarpado, susceptibilidade à erosão com níveis baixo e médio, com áreas com alto grau de susceptibilidade. O parâmetro de conflitos de uso da terra possui peso total considerado elevado 15 e refere-se às práticas de pastagem e ao cultivo e a presença de solos expostos.

#### **4.3.3 Síntese do Índice e o Nível de Deterioração da Sub-bacia do Rio Caxitoré**

Foi realizada a quantificação do índice de deterioração e dos níveis de deterioração para toda sub-bacia, tendo com aporte o estudo realizado por microbacias (setores). Com isso, utilizou-se o cálculo da reta através da regressão linear com a finalidade de sumarizar os dados obtidos por microbacias. Isto foi fundamental para a quantificação da deterioração em percentual de toda sub-bacia.

Utilizou-se a seguinte expressão para o cálculo da reta (regressão linear) “ $y=1,11 x 150 + (-99,8)$ ” e para o cálculo do índice de deterioração físico-

natural. Foram somados todos os valores das microbacias: valor máximo (V<sub>máx.</sub>), valor mínimo (V<sub>mín.</sub>) e a moda (M), resultando, assim, em 90 (V<sub>min.</sub>) 180 (V<sub>máx.</sub>) e 150 (M). O resultado foi que a sub-bacia possui uma porcentagem de  $y = 66,7\%$  de deterioração (Anexo 03). Este percentual é classificado como “Acentuado” e ultrapassa muito a taxa de 10 %, considerada por Rocha (1997) como grau aceitável de deterioração.

#### 4.4 PROJEÇÃO DE CENÁRIOS DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ

A porcentagem de deterioração da sub-bacia do rio Caxitoré está em 66,7%, e isto significa um nível de deterioração considerado “Acentuado”. Com isso, objetiva-se apontar propostas de usos alternativos para a sub-bacia na perspectiva da preservação e da conservação do ambiente. Isto foi possível com o apoio de técnicas de geoprocessamento, que possibilitaram demonstrar o cenário na sub-bacia com os seus níveis de conflitos de uso, bem como as propostas implantadas para a área da pesquisa.

A projeção de cenários tem a função de demonstrar o panorama da sub-bacia com as respectivas alternativas de propostas que visam à diminuição dos conflitos de uso da área de estudo. Para a projeção de cenários foram elaborados os mapas de cenário: uso atual e planejado para a sub-bacia com base na adaptação da metodologia de Ranieri (1996).

##### 4.4.1 Análise do Cenário Atual e Cenário Planejado da Sub-bacia

Os cenários de usos para a sub-bacia do rio Caxitoré estão sendo apresentados em: a) Cenário de Uso atual; e b) Cenário de Uso Planejado. O cenário de uso atual corresponde aos níveis de conflitos de uso da sub-bacia e o cenário de uso planejado refere-se aos níveis de conflitos de uso da sub-bacia com as devidas projeções de propostas implementadas.

Desta forma, atribuímos pesos para o fator Solos (Tabela 4), Declividade (Tabela 5) e Uso e Cobertura Vegetacional (Tabela 6).

**Tabela 4 – Pesos atribuídos ao fator solos da sub-bacia do rio Caxitoré**

Solos	Peso
<b>Planossolos</b>	1
<b>Argilossos</b>	2
<b>Luvissolos</b>	3
<b>Vertissolos</b>	4
<b>Neossolos</b>	5

Fonte: Elaborado pela autora.

**Tabela 5 – Pesos atribuídos ao fator declividade da sub-bacia do rio Caxitoré**

Declividade	Peso
<b>0-3%</b>	1
<b>3-8%</b>	2
<b>8-20%</b>	3
<b>20-45%</b>	4
<b>45-75%</b>	5
<b>&gt;75%</b>	6

Fonte: Elaborado pela autora.

**Tabela 6 - Pesos do uso e cobertura vegetal**

Cenário Atual			Cenário Planejado		
Retribuição de Valores Raster Uso e Cobertura Vegetacional		Observações de parâmetros	Retribuição de Valores no Raster Uso e Cobertura Vegetacional		Observações de parâmetros
Classes	Pesos		Classes	Pesos	
Área Urbanizada	6	-	Área Urbanizada	6	-
Caatinga Aberta	3	-	Caatinga Aberta	3	-
Caatinga Fechada	1	-	Caatinga Fechada	1	-
Mata Seca	3	-	Mata Seca	3	-
Mata Ciliar	2	-	Mata Ciliar	2	-
Pastagem e Cultivo	4	Uso de Técnicas Rudimentares	Pastagem e Cultivo	2	Uso de Técnicas Agroecológicas
Solo Exposto	5	Uso de Técnicas Rudimentares	Solo Exposto	2	Recuperação da Vegetação
Corpos Hídricos	0		Corpos Hídricos	0	

Fonte: Elaborado pela autora.

Com as devidas atribuições de pesos foi utilizada a sobreposição de mapas. Foram sobrepostos os mapas: i) declividade, ii) solos e o iii) uso e cobertura da vegetal (classificação), com uma equação no SIG. Com isso, foram originados os mapas de cenário atual e de cenário planejado, que correspondem aos níveis de conflitos de uso da sub-bacia (Apêndice E).

#### 4.4.2 Síntese do Cenário de Uso Atual

Atualmente, a sub-bacia possui os seguintes usos: agricultura, pecuária extensiva, extração vegetal e urbanização que, por sua vez, relaciona-se com os conflitos de uso: desmatamento, solo exposto, ocupação em relevo ondulado e extração de areia (Tabela 7).

**Tabela 7- Conflitos de Uso e Práticas na Sub-bacia do Rio Caxitoré**

<b>CONFLITOS DE USO</b>	<b>PRÁTICAS</b>
<b>Desmatamento</b>	Agricultura
<b>Solo exposto</b>	Pecuária Extensiva
<b>Solo exposto</b>	Extração Vegetal
<b>Ocupação em relevo ondulado</b>	Urbanização
<b>Extração de areia</b>	Urbanização

Fonte: Elaborado pela autora.

Na classificação da projeção de cenários foram utilizadas as seguintes nomenclaturas: “Muito Baixo”, que corresponde ao nível de áreas sem problemas e com poucos problemas relacionados à conservação ambiental; “Baixo”, que é um nível com áreas com problema simples de conservação; “Médio”, que é um nível de áreas que corresponde a problemas mais complexos de conservação; “Alto”, que é um nível com áreas que exigem técnicas de controle à erosão e/ou técnicas especiais como o cultivo em maior declividade; e “Muito Alto”, que é o mais alto nível considerado em áreas com maior grau de problemas de conservação (Mapa 15).

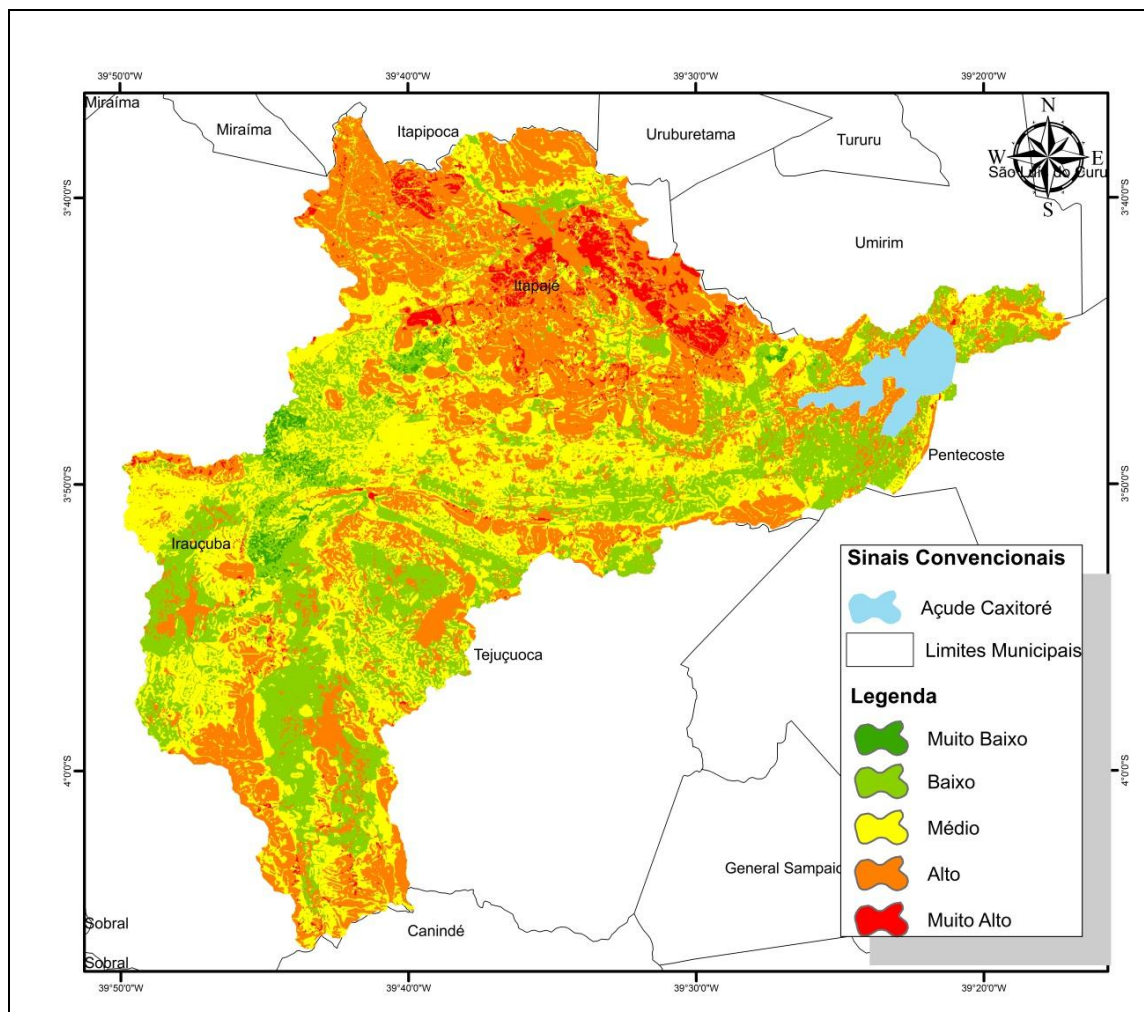
#### **4.4.3 Síntese do Cenário de Uso Planejado**

Para a projeção de cenários foram focalizados os principais fatores que colaboram com a ocorrência da deterioração na sub-bacia, a saber: a forma que é praticada o cultivo, ocasionando solos expostos, desmatamento e queimadas. As alternativas de planejamento da sub-bacia promovem uma mudança de cenários, contribuindo para diminuição da deterioração da área.

Assim, diante desses conflitos foi projetado um cenário planejado com base nas seguintes propostas: recuperação da vegetação desmatada em áreas de solos expostos e margens de rio; não utilização da extração de sedimentos da margem e fundo de rios; prática da agricultura agroecológica; prática extrativista controlada; utilização de sistema de curvas de níveis para a

prática de cultivos em vertentes. Além disso, é necessário conter as ocupações em áreas de declividade acentuada.

**Mapa 15 – Mapa da Projeção de Cenário Atual da Sub-bacia do Rio Caxitoré**



Fonte: Elaborado pela autora.

Estes critérios priorizam as atividades econômicas da área, considerando os usos na perspectiva mais sustentável para o meio e rentável para a comunidade. Seguem breves comentários sobre as propostas para o planejamento do cenário da sub-bacia:

a) A prática da agricultura realizada na área da sub-bacia é rudimentar, ou seja, os agricultores praticam as queimadas para limpar a terra e retirar a vegetação da mata ciliar para o plantio nas margens do rio. Isto contribui para a deterioração do ambiente. As

práticas agroecológicas são uma alternativa de fácil manuseio e viáveis financeiramente. A prática agroecológica é fundamentada em plantios e cultivos em meio à vegetação original da área, sendo uma alternativa para a forma rudimentar de retirada da vegetação;

b) Na serra de Uruburetama, a agricultura em vertentes favorece a erosão do solo, pois a retirada da cobertura vegetal proporciona maior escoamento do fluxo superficial, movimento de massa e fluxo de sedimentos. A alternativa para o cultivo em vertentes é o sistema de terraceamento em curvas de níveis. Esta técnica garante menos erosão no solo e aproveitamento da precipitação da água utilizada na irrigação agrícola;

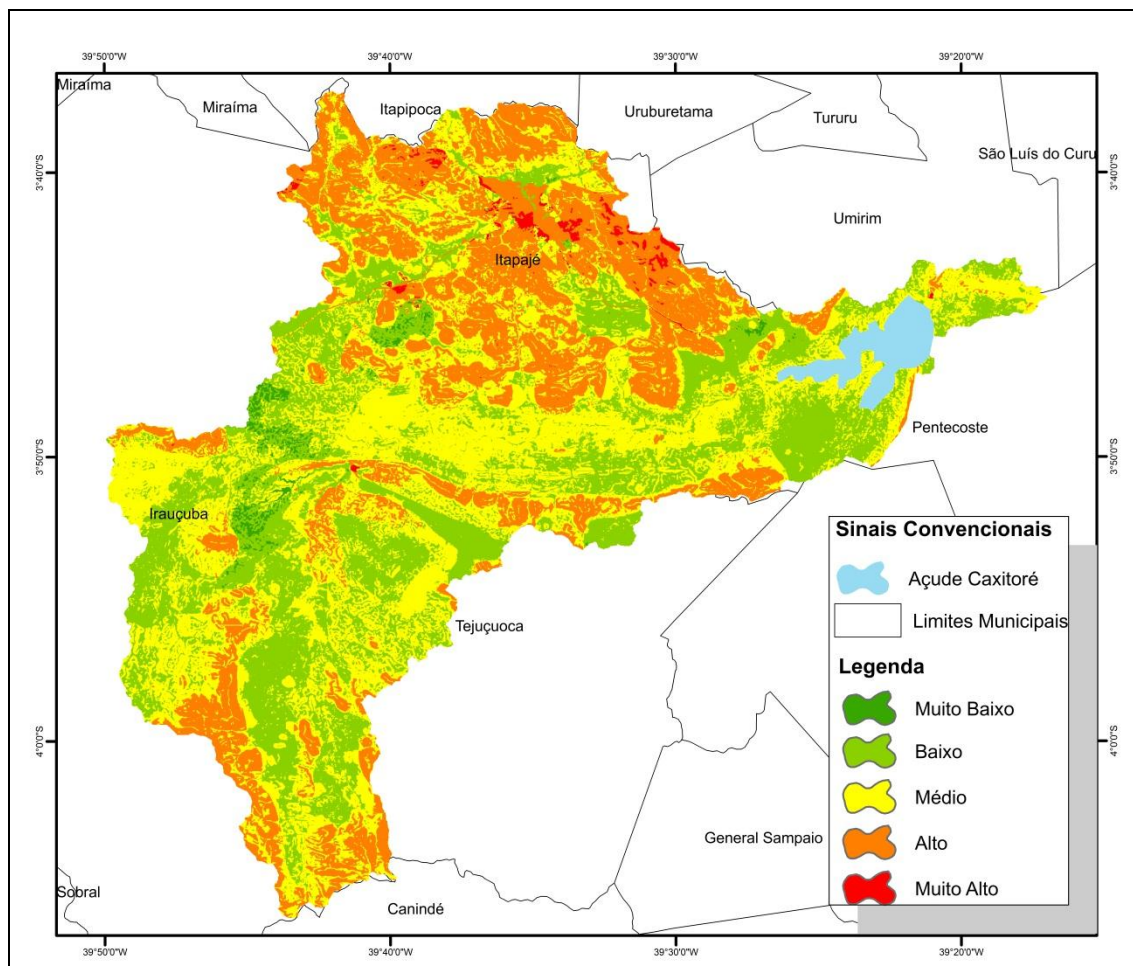
c) A extração de árvores para a produção de carvão-vegetal. A espécie mais utilizada é a Jurema. Para esta prática muitas árvores são retiradas, e não há preocupação com o reflorestamento. A recuperação da vegetação através do reflorestamento é uma alternativa para a continuação da atividade de geração de energia (carvão vegetal), e garante a existência da cobertura da vegetação e a proteção do solo.

d) A contenção da prática de extração de sedimentos da margem em fundo de rios é necessária para a manutenção da qualidade da planície ribeirinha. A Lei nº 7.805/89 (Rio de domínio da União), considera os recursos minerais como bens da União, inclusive o recurso localizado no subsolo, e como tal necessitam de autorização para a prática. No art. 2º da Lei 8.176/91 extrair areia sem a devida licença é considerada infração. É incumbência dos estados, municípios e Distrito Federal registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de exploração dos recursos minerais de seus territórios (Art. 23, inc. XI, CF).

Com as considerações das propostas do planejamento para a sub-bacia obtivemos alterações na projeção dos cenários. Houve, nos níveis de conflitos da área em estudo, um aumento do nível “Muito Baixo” e nível “Baixo”. E os níveis “Médio” e “Alto” reduziram o tamanho da área de conflitos da sub-bacia (Mapa 16). Este resultado foi ocasionado pelo aumento da cobertura

vegetal em áreas que antes estavam com solos expostos e onde era realizada agricultura agroecológica, em que esta conserva a vegetação, sem retirá-la e sem a utilização da queimada. Quanto aos conflitos como ocupação em relevo ondulado e extração de areia, foi considerada a retenção, o que significou a não alteração dos pesos dos conflitos.

**Mapa 16 – Mapa de projeção de cenário planejado da sub-bacia do rio Caxitoré**



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.4.4 Inferência entre os Cenários de Uso Atual e Uso Planejado

Com as considerações das propostas do planejamento para a sub-bacia houve alterações para a projeção dos cenários (atual e planejado), com a diminuição dos conflitos de usos da área de estudo. A área com o nível “Muito

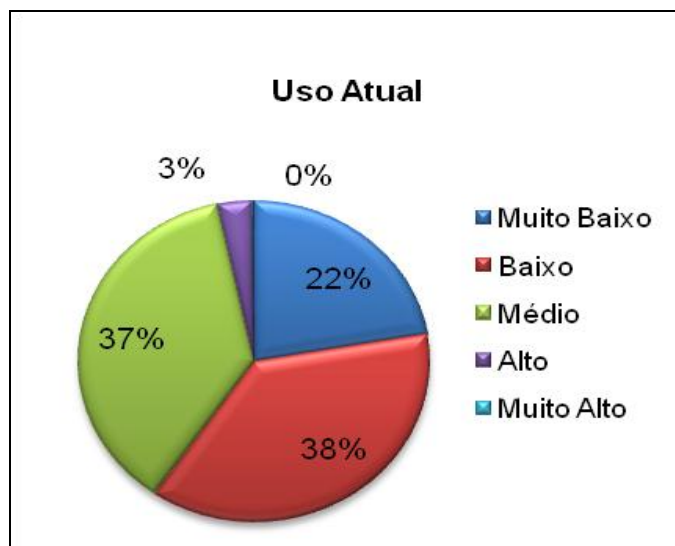
Baixo” correspondente a uma área de 275,79 km<sup>2</sup> (uso atual), aumentou para 327,50 km<sup>2</sup> (uso planejado), representando um crescimento da área de 22% para 26%. A área com o nível “Baixo” teve um acréscimo de 7%, com área de 462,60 km<sup>2</sup> (uso atual) para 560,80km<sup>2</sup> (uso planejado). Em porcentagem representa o crescimento da área de 38% (uso atual) para 45% (uso planejado) da área (Quadro 21 e Gráficos 32 e 33).

**Quadro 21 – Medições de áreas de níveis de conflitos com uso atual e uso planejado**

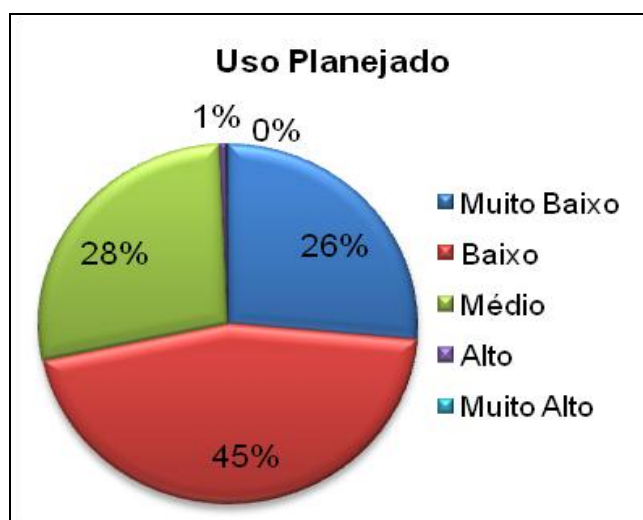
Níveis de Conflitos	Uso Atual	Uso Planejado
	Área Total (km <sup>2</sup> )	Área Total
Muito Baixo	275,79	327,50
Baixo	462,60	560,80
Médio	458,67	341,80
Alto	39,70	7,29
Muito Alto	2,11	1,46

Fonte: Elaborado pela autora.

**Gráfico 32 – Níveis de conflito de uso atual**



Fonte: Elaborado pela autora.

**Gráfico 33 – Níveis de conflito de uso planejado**

Fonte: Elaborado pela autora.

As áreas com os níveis “Médio”, “Alto” e “Muito Alto” foram reduzidas. As áreas com nível “Médio” reduziram 9 % de um cenário atual para um cenário de uso planejado. Isto corresponde a uma área de 458,67 km<sup>2</sup> (uso atual) para 341,80 km<sup>2</sup> (uso planejado), com diminuição da representatividade de 37% para 28%. As áreas com o nível “Alto” obtiveram um decréscimo de 2%, que corresponde à diminuição da área de 39,70 km<sup>2</sup> (uso atual) para 7,29 km<sup>2</sup> (uso planejado), representando de 3 % (uso atual) a 1 % (uso planejado). Já o nível “Muito Alto” possuiu uma área de 2,11 km<sup>2</sup> (uso atual) para 1,46 km<sup>2</sup> (uso planejado), tendo, assim, uma porcentagem inexpressiva na sub-bacia, com 0% (Quadro 21 e Gráficos 32 e 33).

A representação do cenário planejado demonstra que, com as devidas recomendações utilizadas na área da sub-bacia, é possível diminuir os níveis de conflitos de uso. Com alternativas adotadas para a sub-bacia as áreas localizadas nos sertões tiveram uma redução no nível de conflitos ao aumentar os níveis “Muito Baixo” e “Baixo”, bem como o decréscimo dos níveis “Altos” para o “Médio”, e do nível “Médio” para o nível “Baixo”. A serra de Uruburetama teve a diminuição do nível “Alto” e “Muito Alto” e, conseqüentemente, decorrência do aumento do nível “Médio” de conflitos.

Com a nova distribuição da forma de uso (uso planejado) na sub-bacia do rio Caxitoré houve um decréscimo de cerca de 22% dos conflitos de uso na área de estudo. Isso demonstra que com as propostas de alternativas

de uso na perspectiva sustentável podem auxiliar na diminuição dos níveis de conflitos na área da pesquisa (cenário planejado) e, conseqüentemente, diminuir o estado de deterioração da sub-bacia do rio Caxitoré.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sub-bacia do rio Caxitoré é uma unidade espacial de estudo que está localizada no contexto do ambiente semiárido, com predominância do embasamento cristalino, clima semiárido, prevalecendo a vegetação de caatinga e tendo o sistema ambiental sertão maior extensão na sub-bacia. Porém, ressalta-se que a unidade de estudo possui um ambiente de exceção, no caso, o sistema ambiental da serra de Uruburetama, que possui um clima mais ameno e solos diferenciados.

Essa diversidade de sistemas ambientais na sub-bacia representa e tem influência nos diferentes tipos de uso e ocupação da terra. Pode-se observar, no sistema do sertão, que a atividade econômica é baseada, principalmente, na agricultura de subsistência, com o cultivo de milho e feijão, na pecuária extensiva, com criação de animais de pequeno, médio e grande porte. Os sertões de Umirim e Pentecoste possuem maior diversidade de tipos de atividades na área do açude Caxitoré, como é o caso da piscicultura, pesca, agricultura de vazante, além ser responsável pelo abastecimento humano e para a dessedentação de animais. Na serra de Uruburetama há maior diversidade de cultivos e criação de pequenos animais, como aves e suínos. É nesta serra que está localizada a área de maior concentração urbana da sub-bacia, com variedade de serviços e comércios.

A deterioração da sub-bacia está relacionada diretamente com as formas de atividades rudimentares praticadas. As problemáticas são o desmatamento e a prática da queimada. Estes fatores estão relacionados ao desmatamento da vegetação da mata ciliar para a prática do plantio e para utilização dos sedimentos nas margens e fundo da planície do rio Caxitoré - que são utilizados para a construção de casas - e ao desmatamento de espécies para a fabricação do carvão vegetal. A prática da queimada é realizada para fins de limpeza da terra para o plantio e para a queimada do lixo em áreas onde não há coleta dos resíduos sólidos.

Com a quantificação da deterioração da sub-bacia relacionaram-se os fatores de ordem ambiental com as ações antrópicas, demonstrando, pois, que estes fatores relacionam-se entre si. Os recursos naturais

condicionam os tipos de usos e as formas de usos refletem o grau de deterioração do ambiente. Resultando, assim, em um percentual de 66,7% de deterioração na sub-bacia, considerado o nível “Acentuado”.

Os métodos utilizados na presente pesquisa nos possibilitaram alcançar os objetivos propostos ao relacionar os fatores e ao nivelar e quantificar os níveis de deterioração da sub-bacia. Além disso, contribuíram substancialmente para responder à hipótese inicial da pesquisa, a respeito das atividades econômicas, das formas de usos e ocupação do solo e da utilização de atividades rudimentares, que poderiam influir no estado de conservação dos recursos naturais da sub-bacia.

Conclui-se, portanto, que as práticas rudimentares estão atuando gradativamente na elevação do nível de deterioração da sub-bacia, e que atuam conjuntamente com o condicionante natural (componentes físicos e climáticos), em que estes condicionam as potencialidades e as limitações dos sistemas ambientais. Com isso, realizou-se um diagnóstico ambiental com base nos componentes naturais e suas relações com as ações antrópicas.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 151 p.
- AMORA, Z. B. (Org.). **O Ceará: enfoques geográficos**. Fortaleza: FUNECE, 1999. 143 p.
- BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de Mapas e suas Aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. 1997. 157f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, São José dos Campos, 1997. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/banon/1998/05.07.15.37doc/publicacao.pdf?languagebutton=en>>. Acesso em: 17 jun. 2015.
- BARROS, J D de S.; CHAVES, L. H. G.; FARIAS, S. A. R. Microbacia Hidrográfica Do Riacho Val Paraíso: análise socioeconômica. **Holos**, v. 4, [S. l.], p. 34-46, jul. 2014, Disponível em: <[http://www.2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1579/pdf\\_48](http://www.2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1579/pdf_48)>. Acesso em: 12 abr. 2015.
- BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994, 112 p.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2001, p.177-242.
- BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 153-192.
- BRASIL. Lei 9.433, de janeiro de 1997. Política Nacional dos Recursos Hídricos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 31 mar. 2014.
- \_\_\_\_\_. Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993. Reforma Agrária. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8629.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8629.htm)>. Acesso em: 30 set. 2015.
- \_\_\_\_\_. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Proteção da Vegetação Nativa. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 15 set. 2015.
- \_\_\_\_\_. Lei 7.805, de 18 de julho de 1989. Regime de Permissão de Lavra Garimpeira. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7805.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7805.htm)>. Acesso em: 16 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei 8.176 de 08 de fevereiro de 1991. Crimes contra Ordem Econômica. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccvil\\_03/leis/L8176.htm](http://www.planalto.gov.br/ccvil_03/leis/L8176.htm)>. Acesso em 30 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Executiva. Departamento de Gestão Estratégica. **Painel Nacional de Indicadores Ambientais 2012:** Referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão-piloto. Brasília, 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Integração Nacional. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Barragens do Ceará.** 2011. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/barragens/Barragem%20do%20Ceara/caxitore.htm>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Sistema Nacional de Cadastro Rural – 2013:** Módulos fiscais por Município. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/tabela-modulo-fiscal>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

CAMARA, G.; DAVIS, C. **Fundamentos de geoprocessamento.** [S.l.: s.n.], 1996. 26p. Disponível em: <[www.dpi.inpe.br](http://www.dpi.inpe.br)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

CANDIDO, H. G. **Degradação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Uberaba – MG.** 2008. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2008.

CARVALHO *et al.* Zoneamento Geoecológico no Núcleo de Desertificação de Irauçuba/Centro-Norte no Estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 26; CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 5; EXPOCARTAS, 25., 2014, Gramado. **Anais...** Gramado: [s.n.], 2014. Disponível em: <[http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/367/CT04-46\\_1404413525.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/367/CT04-46_1404413525.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2015.

CEARÁ (Estado). Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Lei 14.844, de dezembro de 2010.** Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://portal.cogerh.com.br/legislacao/legislacao-estadual-old/leis-estaduais/lei-no-11-996-politica-estadual-de-recursos-hidricos/view?searchterm>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

CEARÁ (Estado). Assembleia Legislativa. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. **Caderno Regional da Bacia do Curu.** Fortaleza: INESP, v. 4, 2009. 113p. (Coleção Cadernos Regionais do Pacto das Águas)

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Inventário Ambiental - Açude Caxitoré.** Fortaleza, 2011. 104 p.

\_\_\_\_\_. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Bacias hidrográficas: aspectos conceituais, uso manejo e planejamento.** Fortaleza, 2010. 267 p., v. 1.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico Municipal.** [S.l.: s.n.], 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236 p.

CIRILO, J. A. Políticas Públicas de Recursos Hídricos para o Semiárido. **Estudos Avançados.** São Paulo, v. 22, n. 63, p. 61-82, jun. 2008.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (Fortaleza, CE). **Mapa Geológico do Estado do Ceará.** Fortaleza, 2003. 1 mapa, color. Escala 1: 500.000.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 337-379.

DANTAS, S. P. **Influência do Açude Castanhão (Padre Cícero) no Clima Local de Jaguaratama – Ceará.** 2014. 143 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa, 1999. 412 p.

FERNANDES, M.R.; SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-bacias Hidrográficas: fundamentos e estratégias.** Belo Horizonte, MG: EMATER, 1994. 24p.

FIGUEREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto.** Brasília: CONAB, 2005. Disponível em:  
<[http://72.14.205.104/search?q=cache:r9r3jyl5bKsJ:www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf+divino+figueiredo,+conceitod+basicos+sensoriamento+remoto&hl=pt-BR&ct=clnk&cd=1&gl=br](http://72.14.205.104/search?q=cache:r9r3jyl5bKsJ:www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf+divino+figueiredo,+conceitod+basicos+sensoriamento+remoto&hl=pt-BR&ct=clnk&cd=1&gl=br)>.  
Acesso em: 4 jan. 2015.

FILGADO, E. C. C. **Critérios para a Análise de Métodos e Indicadores Ambientais usados na Etapa de Diagnósticos de Planejamentos Ambientais.** 2003. 258 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128 p.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para Classificação de Anos com Regime Pluviométrico Normal, Seco e Úmido. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 6., 2004, Aracaju. **Anais...** do Simpósio Brasileiro de Climatologia, Aracaju, 2004. p. 19-29.

GÓES FILHO, L.; VELOSO, H. P. **Fitogeografia brasileira: classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical**. Salvador: IBGE/Projeto RADAMBRASIL, 1982. 86p.

GORAYEB, A. **Análise Geoambiental e dos Impactos na Bacia Hidrográfica do Rio Curu – Ceará- Brasil**. 2004. 141 p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.

HAMMOND, A. *et al.* **Environmental Indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington: World Resources Institute, 1995. 53 p.

HERNANI, L. C. O Manejo e Conservação de Solo e de Água. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, n. 24, p. 14-17, 2003.

INSTITUTO PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. 72 p. Disponível em: <mtc-m16c.sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>. Acessado em: set. 2015.

\_\_\_\_\_. **Anuário Estatístico do Ceará 2014**. [S.l. : s.n.]. Disponível em: <www2.ipece.ce.gov.br/publicações/anuario/anuario2014/index.htm>. Acesso em: 10 jun. 2015.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestre**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 498 p.

MACHADO, P. J. de O. (org.). **Diagnóstico Físico-Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro: um exercício acadêmico de gestão dos recursos hídricos**. Ubá: Geographica, 2010. 111 p.

MATALLO JUNIOR, H. **Ensaio sobre Desertificação, Políticas Ambientais e Desenvolvimento Sustentável**. [S.l.]: Humanitas, 2012. 176 p.

MENEZES; P. R.; ALMEIDA, T de (org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB, 2012. 266 p.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2010. 425 p.

NASCIMENTO, G. M. R. do. **Novos Caminhos e Velhos Interesses**: discurso e prática da política de desenvolvimento territorial rural no Ceará. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308 p.

OLIVEIRA, V. P. V. de. **Prospección Caracterización y Cartografía Edafopaisajística em uma Região Montanhosa del Semiárido Brasileño: la sierra de Uruburetama** (sertão nordestino – Ceará- Brasil). 2002. 575 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrônômica, Universidade de Almería, Almería, Espanha, 2002.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W. R. **Análise de Imagens Digitais**: princípios, algoritmos e aplicações. São Paulo: Thomson, 2008. 508 p.

PEREIRA, R. C. M.; SILVA, E. V. da. Solos e Vegetação do Ceará: características gerais. In: SILVA, J. B. da *et al.* (Orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2. ed., Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. 189-210 p.

RADAMBRASIL. **Folha AS. 24 Fortaleza**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: O Projeto, 1981. 488 p. il., (Levantamento de Recursos Naturais).

RANIERI, S.B.L. **Avaliação de Métodos e Escalas de Trabalho para Determinação do Risco de Erosão em uma Bacia Hidrográfica Utilizando Sistema de Informações Geográficas (SIG)**. 1996. 128 p. São Carlos. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 1996.

RANIERI, S. B. L. *et al.* Aplicação de Índice Comparativo na Avaliação do Risco de Degradação das Terras. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 751-760, 1998.

ROCHA, J. S. M. da. Manual de projetos ambientais. In: ROCHA, J.S.M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: UFSM/CCR, 1997. 282 p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. **Planejamento e Gestão Ambiental**: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013. 370 p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da.; LEAL A.C. Planejamento ambiental e bacias hidrográficas. In: SILVA, E. V. da; RODRIGUEZ, J. M. M.; MEIRELES, A. J. **Planejamento ambiental e bacias hidrográficas**. Fortaleza: Editora UFC, 2011. p. 29–47. (Planejamento e gestão de bacias hidrográficas, t.1).

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, p. 133-137,1998.

ROSA, R. Tratamento da Informação Geográfica e as Novas Tecnologias. In: SILVA, J. B. da; LIMA, L. C.; DANTAS, E. W. C. **Panorama da Geografia Brasileira 2**. São Paulo: Annablume, 2006. p.169-188.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 584 p.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30). 63p.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SANTOS, J. de O.; SOUZA, M. J. N. de. Abordagem Geoambiental Aplicada à Análise da Vulnerabilidade e dos Riscos em Ambientes Urbanos. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 34, n. 2, p. 215-232, maio/ago. 2014.

SILVA, G. M. da, BORGES, T. M. P., CASTANHO, R. B. Da Cartografia ao Geoprocessamento. In: CASTANHO, R. B.; CANDEIRO, C. R. A. (orgs.). **Ensaio Geográficos**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013. p. 56-67.

SILVA, U. P. A. da. **Análise da Importância da Gestão Participativa dos Recursos Hídricos no Ceará: um estudo de caso**. 2004. 246 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

SILVA, M. V. C. da. **Análise Geoambiental: subsídios ao planejamento agrícola da serra de Uruburetama – CE**. 2007. 191 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007.

SOARES, F. M. Paisagem e Paisagens: uso e ocupação da terra na bacia do rio Curu/CE. **Mercator**, Fortaleza, n. 2, p. 105-112, 2002. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewFile/185/151>>. Acesso em: 28 mai. 2015.

SOUZA, M. J. N. de. Limitações Geoambientais ao Desenvolvimento Sustentável no Semi-árido Brasileiro. In: LUZON, J. L.; STADEL, C. (orgs.). **Transformaciones Regionales y Urbanas en Europa y América Latina**. Barcelona: *Publicaciones Universitat de Barcelona*, 2003. p.143-156.

SOUZA, M. J. N. de. Compartimentação geoambiental do Ceará. In: SILVA, J.B. da *et al.* **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 127-140.

SOUZA, M. J. N. *et al.* Condições Geoambiental do Semiárido Brasileiro. **Notas e Comunicações de Geografia**, [s.l.], v. 15, p.13-19, 1996. (Série B, Textos Didáticos).

SOUZA, M. J. N. de. **Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará**: parte 2 meso região do sul cearense. Fortaleza: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2006. 125 p.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (Recife, PE). **Mapa Exploratório**: reconhecimento de solos do estado do Ceará. Recife: SUDENE/EMBRAPA, 1972. 1 mapa, color. Escala 1: 600.000.

TELES, A. M. S. F. **Rumo a um Desenvolvimento Sustentável**: indicadores ambientais. Salvador: Centro de Recursos Naturais, 2002. 244 p. (Série Cadernos de Referencia Ambiental).

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The Water Balace**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Inst. of Technology, 1955. 104 p.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Landsat8**. Disponível em: <[www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)>. Acesso em: 12 nov. 2015.

VALERIANO, M.M. **Modelo Digital de Elevação com os Dados SRTM Disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/06.30.10.57/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

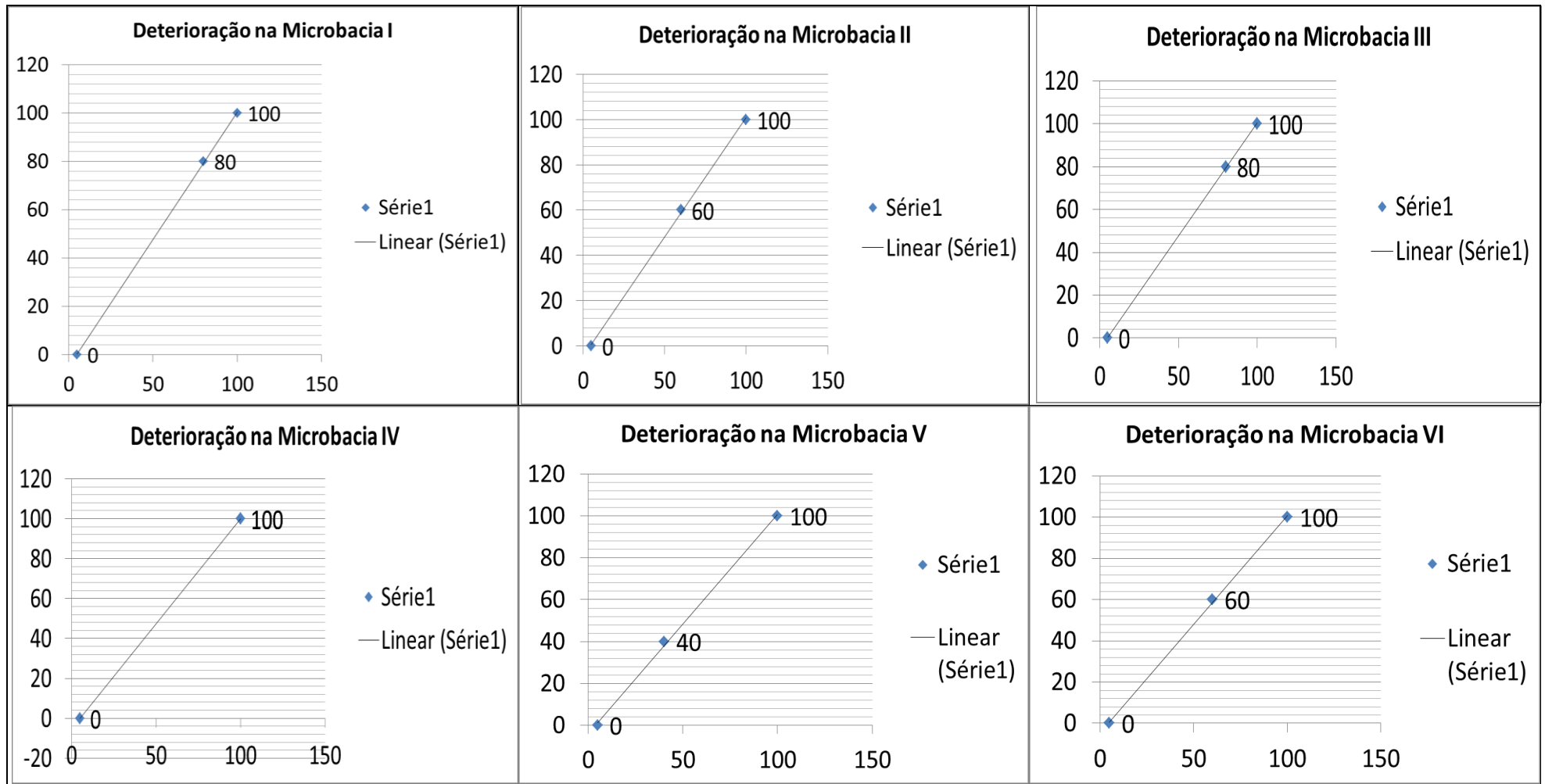
VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da Vegetação Brasileira**: adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: CCDI, 1991. 124 p.

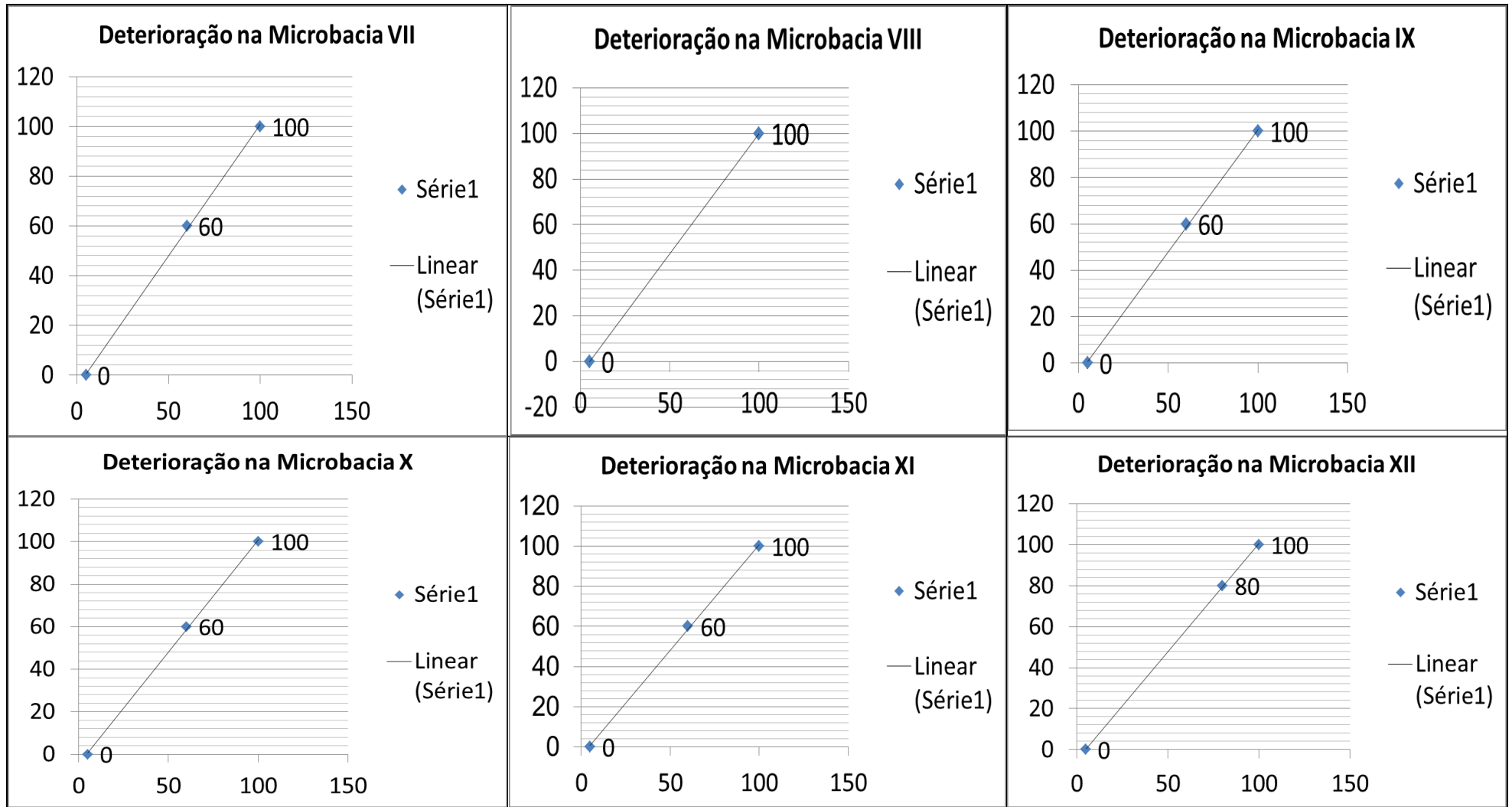
WINOGRAD, M. **Marco Conceptual para el Desarrollo y Uso de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad para la Toma de Decisiones en Latino-America y el Caribe**: *position paper*. Cali, 1995. (Proyecto CIAT/UNEP). Disponível em: <<http://www.ciat.cgiar.org/indicators/unepciat/paper.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

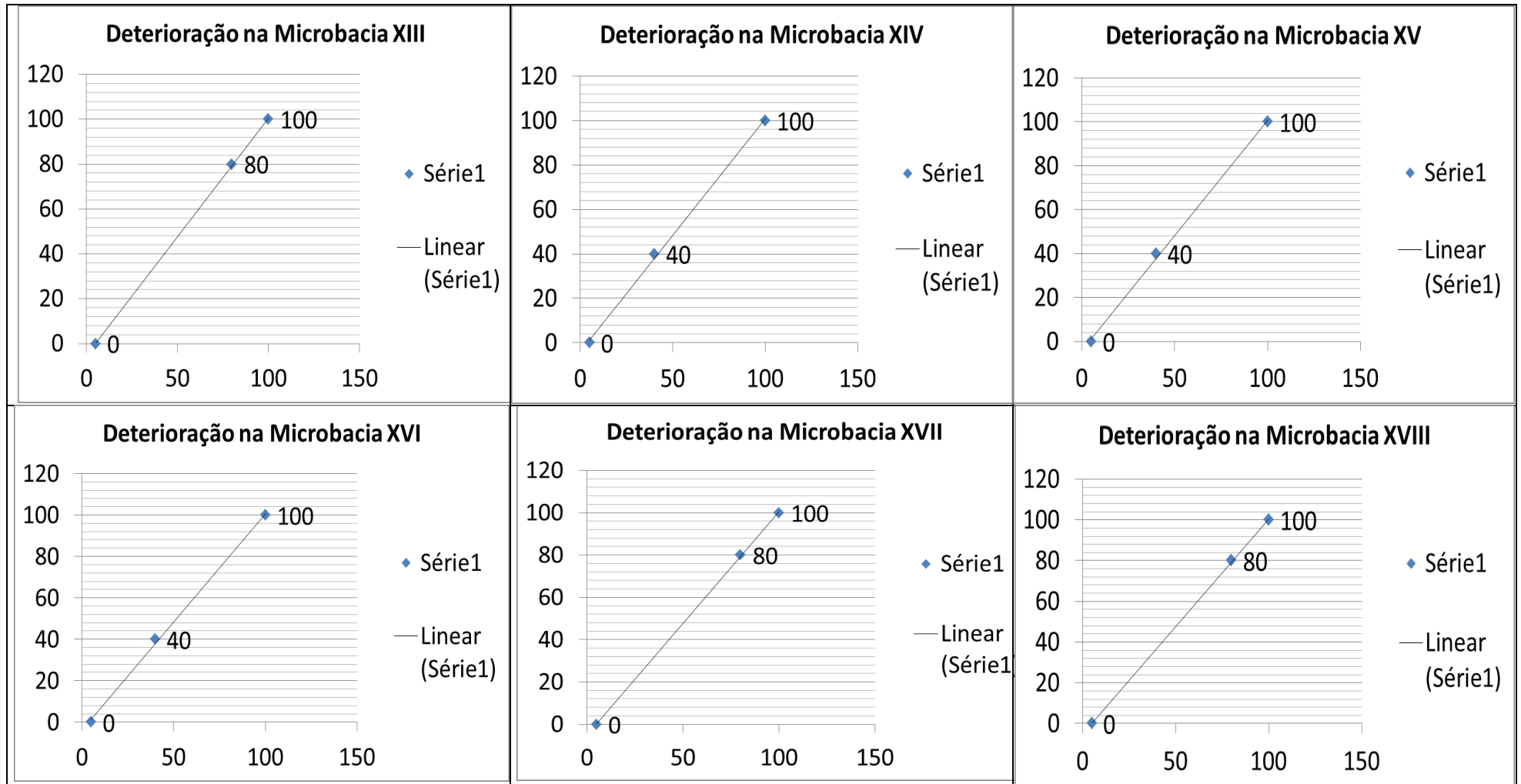
ZANELLA, M. E. As Características Climáticas e os Recursos Hídricos do Ceará. In: SILVA, J. B. da; CALCANTE, T.; DANTAS, E. W. C. (org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2007. p. 169-188.

**APÊNDICES**

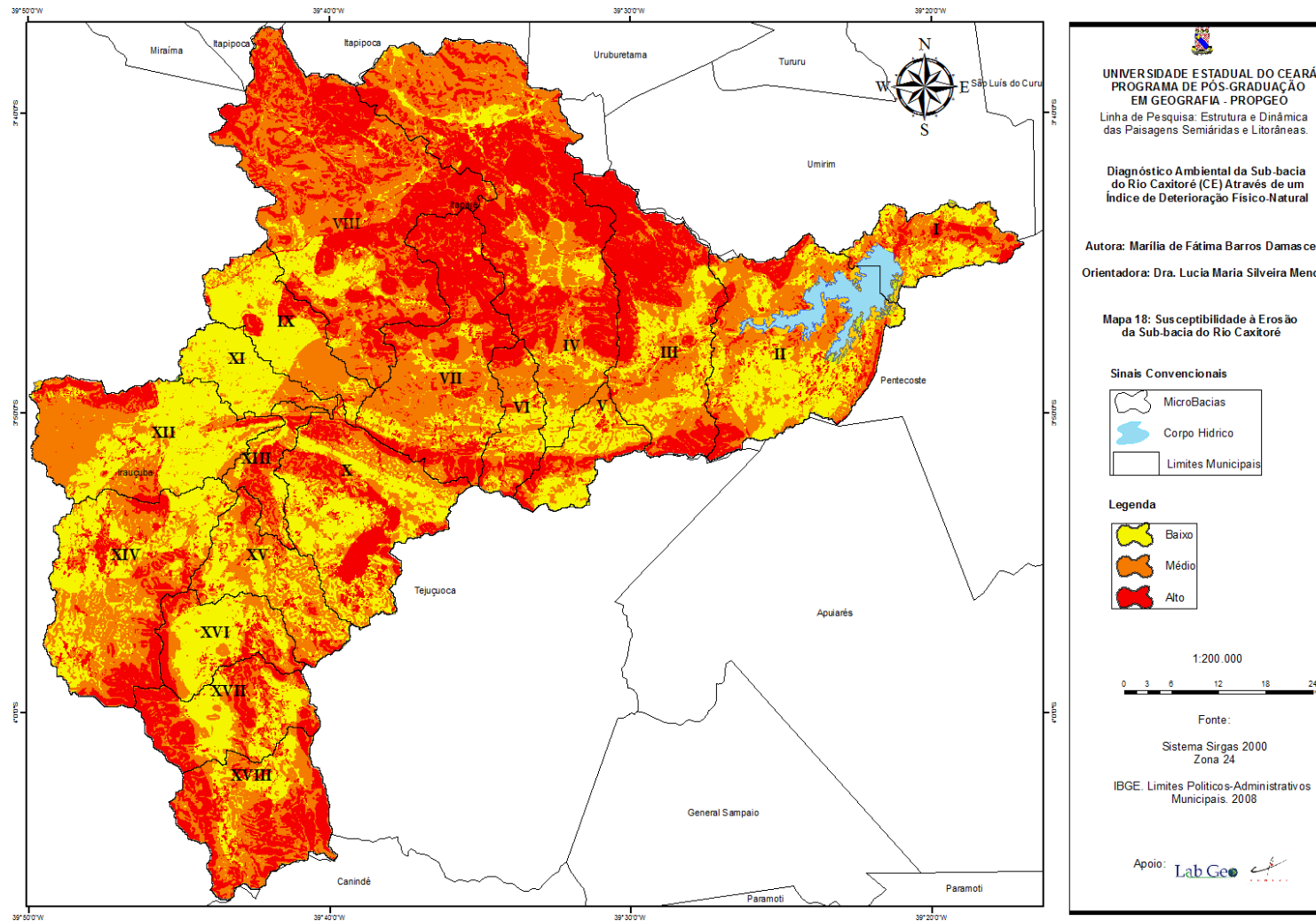
## APÊDICE A - Gráficos dos Índices de Deterioração por Microbacias







## APÊNDICE B - MAPA 17 - SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO DA SUB-BACIA DO RIO CAXITORÉ



Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE C - Síntese do Índice de Deterioração e Nível de Deterioração da Sub-bacia do Rio Caxitoré (continua)

Microbacias	Parâmetros	Valores			Equação da Reta de Deterioração da Sub-bacia ( $y = ax + b$ )	Nível de Deterioração
		Mínimo	Máximo	Moda		
I	Declividade do Relevo	1	2	2	$y=1,11x150+(-99,8)$	Moderado
	Susceptibilidade Solos	1	2	1		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	2		
II	Declividade do Relevo	1	2	1	$y=1,11x150+(-99,8)$	Moderado
	Susceptibilidade Solos	1	2	2		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	1		

## APÊNDICE C - Síntese do Índice de Deterioração e Nível de Deterioração da Sub-bacia do Rio Caxitoré/CE

(continuação)

III	Declividade do Relevo	1	2	1	y=1,11x150+(-99,8)	Moderado
	Susceptibilidade Solos	1	2	2		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	2		
IV	Declividade do Relevo	1	2	2	y=1,11x150+(-99,8)	Moderado
	Susceptibilidade Solos	1	2	2		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	2		
V	Declividade do Relevo	1	2	1	y=1,11x150+(-99,8)	Moderado
	Susceptibilidade Solos	1	2	1		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	1		

## APÊNDICE C - Síntese do Índice de Deterioração e Nível de Deterioração da Sub-Bacia do Rio Caxitoré/CE

(continuação)

VI	Declividade do Relevo	1	2	1	$y=1,11x150+(-99,8)$	Moderado
	Susceptibilidade Solos	1	2	2		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	1		
VII	Declividade do Relevo	1	2	1		Acentuado
	Susceptibilidade Solos	1	2	2		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	1		
VIII	Declividade do Relevo	1	2	2	$y=1,11x150+(-99,8)$	Severo
	Susceptibilidade Solos	1	2	2		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	2		

## APÊNDICE C - Síntese do Índice de Deterioração e Nível de Deterioração da Sub-Bacia do Rio Caxitoré/CE

(continuação)

IX	Declividade do Relevo	1	2	1	y=1,11x150+(-99,8)	Acentuado
	Susceptibilidade Solos	1	2	1		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	2		
X	Declividade do Relevo	1	2	1	y=1,11x150+(-99,8)	Acentuado
	Susceptibilidade Solos	1	2	2		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	1		
XI	Declividade do Relevo	1	2	2	y=1,11x150+(-99,8)	Baixo
	Susceptibilidade Solos	1	2	1		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	1		

## APÊNDICE C - Síntese do Índice de Deterioração e Nível de Deterioração da Sub-Bacia do Rio Caxitoré/CE

(continuação)

XII	Declividade do Relevo	1	2	1	$y=1,11x150+(-99,8)$	Acentuado
	Susceptibilidade Solos	1	2	2		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	2		
XIII	Declividade do Relevo	1	2	1	$y=1,11x150+(-99,8)$	Moderado
	Susceptibilidade Solos	1	2	2		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	2		
XIV	Declividade do Relevo	1	2	1	$y=1,11x150+(-99,8)$	Acentuado
	Susceptibilidade Solos	1	2	1		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	1		

## APÊNDICE C - Síntese do Índice de Deterioração e Nível de Deterioração da Sub-Bacia do Rio Caxitoré/CE

(continuação)

XV	Declividade do Relevo	1	2	1	y=1,11x150+(-99,8)	Acentuado
	Susceptibilidade Solos	1	2	1		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	1		
XVI	Declividade do Relevo	1	2	1	y=1,11x150+(-99,8)	Acentuado
	Susceptibilidade Solos	1	2	1		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	1		
XVII	Declividade do Relevo	1	2	1	y=1,11x150+(-99,8)	Moderado
	Susceptibilidade Solos	1	2	2		
	Solo Exposto	1	2	2		
	Pastagem e Cultivo	1	2	2		
	Área Urbanizada	1	2	2		

APÊNDICE C - Síntese do Índice de Deterioração e Nível de Deterioração da Sub-Bacia do Rio Caxitoré/CE

(conclusão)

<b>XVIII</b>	<b>Declividade do Relevo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>y=1,11x150+(-99,8)</b>	<b>Acentuado</b>
	<b>Susceptibilidade Solos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		
	<b>Solo Exposto</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		
	<b>Pastagem e Cultivo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		
	<b>Área Urbanizada</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>		
<b>Total</b>		<b>90</b>	<b>180</b>	<b>150</b>	<b>y=66,7%</b>	<b>Acentuado</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

## APÊNDICE D - Linguagem do LEGAL

```
{//Declaração das Variáveis e Resultantes
```

```
Numérico Var1,Var2,Var3,Var4("CAT_MNT");
```

```
Numérico Res1 ("Conflito");
```

```
Numérico Res2 ("Susceptibilidade");
```

```
//Instanciação
```

```
Var1 = Recuperar (Nome="Uso");
```

```
Var2 = Recuperar (Nome="Pedologia");
```

```
Var3 = Recuperar (Nome="Geologia");
```

```
Var4 = Recuperar (Nome="Declividade");
```

```
Res1 = Novo (Nome="Mapa_Conflito",ResX=30, ResY=30, Escala=50000,  
Min=0, Max=6);
```

```
Res2 = Novo (Nome="Suscept_Erosão",ResX=30, ResY=30, Escala=50000,  
Min=0, Max=6);
```

```
//Operação
```

```
Res1 = ((Var2 * 0.25) + (Var4 * 0.35) + (Var1 * 0.40));
```

```
Res2 = ((Var3 * 0.15) + (Var2 * 0.25) + (Var1 * 0.30) + (Var4 * 0.30));
```

```
}
```

```
{
```

```
//Declaração das Variáveis e Resultantes
```

```
Imagem Im1,Im2("CAT_Imagem");
```

```
Numérico Var1, Var2,Var3,Var4("CAT_MNT");
```

```
Numérico Res1 ("Conflito");
```

```
Numérico Res2 ("Susceptibilidade");
```

```
//Instanciação
```

```
Var1 = Recuperar (Nome="Uso");
```

```
Var2 = Recuperar (Nome="Pedologia");
```

```
Var3 = Recuperar (Nome="Geologia");
```

```
Var4 = Recuperar (Nome="Declividade");
```

```
Res1 = Novo (Nome="Mapa_Conflito",ResX=30, ResY=30, Escala=50000,  
Min=0, Max=6);
```

```
Res2 = Novo (Nome="Suscept_Erosão",ResX=30, ResY=30, Escala=50000,  
Min=0, Max=6);
```

```
Im1 = Novo (Nome="Conflito",ResX=30, ResY=30, Nbits=8);
```

```
Im2 = Novo (Nome="Suscept_Erosão",ResX=30, ResY=30, Nbits=8);
```

```
//Operação
```

```
Res1 = ((Var2 * 0.25) + (Var4 * 0.35) + (Var1 * 0.40));
```

```
Res2 = ((Var3 * 0.15) + ( Var2 * 0.25 ) + (Var1 * 0.30) + (Var4 * 0.30));
```

```
Im1 = Imagem (Res1);
```

```
Im2 = Imagem (Res2);
```

```
}
```

APÊNDICE E - Síntese dos Procedimentos para o Mapa de Projeção de Cenários Planejado e o Mapa de Uso Atual

