



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E
MEIO AMBIENTE

Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Área de Concentração: Proteção Ambiental e gestão dos recursos naturais

ANA CRISTINA FERNANDES MUNIZ



CONDICIONANTES NATURAIS E SÓCIOECONÔMICOS DA DESERTIFICAÇÃO
NOS TRECHO MÉDIO E BAIXO DO VALE DO RIO JAGUARIBE NO ESTADO
DO CEARÁ

FORTALEZA/CEARÁ

JUNHO/2009

ANA CRISTINA FERNANDES MUNIZ

CONDICIONANTES NATURAIS E SÓCIOECONÔMICOS DA DESERTIFICAÇÃO
NOS TRECHO MÉDIO E BAIXO DO VALE DO RIO JAGUARIBE NO ESTADO
DO CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Proteção Ambiental e gestão dos recursos naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Gerardo Beserra de Oliveira

FORTALEZA, CEARÁ

2009

M935c Muniz, Ana Cristina Fernandes

Condicionantes naturais e socioeconômicos da desertificação nos trechos médio e baixo do Vale do Rio Jaguaribe no Estado do Ceará / Ana Cristina Fernandes Muniz, 2009.

83 f. ; il., color; enc.

Orientador: Prof. Dr. José Gerardo Beserra de Oliveira

Área de concentração: Proteção Ambiental e Gestão dos Recursos Naturais

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Fortaleza, 2009.

1. Degradação Ambiental. 2. Desertificação. 3. Recursos naturais. I. Oliveira, José Gerardo Beserra de (Orient.). II. Universidade Federal do Ceará – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. IV. Título.

CDD 363.7

ANA CRISTINA FERNANDES MUNIZ

CONDICIONANTES NATURAIS E SÓCIOECONÔMICOS DA DESERTIFICAÇÃO
NOS TRECHO MÉDIO E BAIXO DO VALE DO RIO JAGUARIBE NO ESTADO
DO CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós- Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará (PRODEMA), como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de concentração: Proteção Ambiental e Gestão dos Recursos Naturais

Defesa: 24 de junho de 2009.

Conceito obtido: Aprovada.

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. José Gerardo Beserra de Oliveira - Orientador

Orientador

Professora Dr^a Jacqueline Pires de Gonçalves Lustosa

Universidade Federal de Campina Grande

Professora Dr^a Marta Celina Linhares Sales

Aos meus maiores incentivadores,

*José Ribamar e Maria da Luz (meus pais) Ana
Regina, Claudisio e Claudézio (meus irmãos),
Huáscar Vidal (meu namorado).*

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) e em especial ao Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo e ao CNPq pela disponibilidade dos equipamentos no Laboratório de Zoneamento Ecológico da Universidade Federal do Ceará

Aos meus pais José Ribamar Muniz e Maria da Luz Fernandes Muniz, meus maiores exemplos. Pelo amor, seriedade, honestidade e por creditarem e me acompanharem sempre em todos os momentos de minha vida, mesmo distantes.

Aos meus irmãos Ana Regina, Claudisio, Claudézio que sempre acreditaram nos meus sonhos, pelo apoio e por tantos momentos de felicidade.

A Huáscar Pinto Vidal de Oliveira, namorado, amigo, companheiro e cúmplice desde o início desse mestrado, por acreditar sempre na minha capacidade, pelas palavras doces nos momentos difíceis e por mostrar que o tempo certo, não é aquele que queremos e sim o que Deus nos permitir ter.

Aos meus avôs Claudisio Muniz (*in memoriam*) e Henriqueta Palhano (*in memoriam*), Benedito Fernandes (*in memoriam*) e Maria de Lourdes (*in memoriam*), Jesus (*in memoriam*) e Raimunda Oliveira.

Ao Professor Dr. José Gerardo Beserra de Oliveira, pela orientação, pela disposição e seriedade na realização desse trabalho.

A Professora Dr^a. Jacqueline Pires de Gonçalves Lustosa, por ter aceitado fazer parte da construção desse trabalho, pelo auxílio nos trabalhos de campo e pelo carinho a mim concedido.

A Professora Dr^a. Marta Celina Linhares Sales pela credibilidade, competência, disponibilidade no trabalho de campo e avaliação da presente pesquisa.

A Professora Dr^a. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira pelo exemplo de competência e dedicação profissional.

Ao Professor Dr^o. Francisco de Assis Veloso Filho, um grande amigo e profissional que me fez ver que em longo prazo, que arriscar, vale a pena.

Aos Professores do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará que contribuíram para a minha formação de Mestre (Amaro, José Cesar, George Satander, José Levi, Rogério Araújo, Luiz Botelho, Patrícia Verônica).

Aos Professores do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Piauí: José Luis Lopes de Araújo, José Ferreira Mota Júnior, Mário Ângelo Meneses, Carlos Sait, Agostinho de Paula, Iracilde Moura Fé, Pedro Alcântara, Manoel Nascimento e demais professores que contribuíram para a minha formação de Geógrafa.

As pessoas amigas e companheiras de profissão que sempre me deram apoio e me fizeram entender através de suas palavras sábias o valor da decisão correta no momento certo: João Correia, Maria do Livramento Jacquelany Moura, Cleonice Carvalho, Sammya Vanessa, Maria Gilda, Nilson Vasconcellos, José Luis Bueno, Maria Antonia Silva, Tânia Noletto, Durval, Rejane, Ivanelda, Julianna, Kleber, Maria Antonia, Maria José, Dolores, Rita, Mirian, Lúcia, Wiston, Leila, Aline Soares, Mahilda, Maycon, Moyonka, Raimunda e Elisabeth.

Aos queridos: Laécia Gretha, Mariana Bezerra, Marcus Cysne, Antonio Sávio, Simone Eugenia, Marcelo Moro, Everton Torres, Carla Mendes, Selma Alcântara, Paula Francinize, Vânia Lúcia e Cleide, pela maneira linda de ver a vida e por me proporcionarem tantos momentos de alegrias aqui em Fortaleza.

A Arnaldo Vidal de Oliveira e ao Professor Carlos Lineu do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, pelo carinho, amizade e credibilidade.

Ao querido Ivo Conde, por ter disponibilizado um pouco de seu tempo para me ajudar na etapa final desse trabalho.

A Amanda, Fábio, Henrique, Samuel, Rafael, Marcelo Teles, Marta, Maria Cristina, Jecsan (Turma 2007/PRODEMA/UFC).

A todos aqueles que não foram citados, mas contribuíram de forma decisiva para a realização desse trabalho.

Por fim a Deus por ter me possibilitado o desejo da investigação científica, pelos meus estudos, pela experiência e por fazer desse momento o melhor da minha vida.

“O homem é mortal por seus temores e imortal por seus desejos”
(Pitágoras)

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	xiv
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTAS DE QUADROS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
1. INTRODUÇÃO	xiii
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Semi-aridez e desertificação: o semi-árido brasileiro.	24
2.2 Estudos de desertificação no Nordeste Brasileiro e no estado do Ceará.....	25
3. METODOLOGIA	29
3.1 Condicionantes Naturais e Socioeconômicos da Desertificação nos Trechos Médio e Baixo do Rio Jaguaribe no Estado do Ceará.	30
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	32
4.1 Aspectos Geológicos	32
4.2 Aspectos Geomorfológicos	35
4.3 Aspectos Climatológicos	39
4.4 Aspectos Pedológicos.....	44
4.5 Aspectos Fito-ecológicos	45
4.6 Aspectos hidrológicos.....	48
4.7 Aspectos históricos	49
4.8 Aspectos socioeconômicos.....	50

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	52
5.1 Adaptações da fórmula descritiva para a área de estudo.....	52
5.2 Avaliação do Índice de Suscetibilidade à Degradação	53
• Índice Climático (IC)	53
• Erosividade (R).....	58
• Erodibilidade (k)	60
• Classes de Relevo (CR)	65
• Índice de Cobertura Vegetal (ICV)	67
• Índice de Cobertura Vegetal para a área em estudo	68
6. RESULTADOS.....	76
6.1 Avaliação do índice de Suscetibilidade Geoambiental Natural à Degradação (ISGND) e do Índice de Suscetibilidade Geoambiental Antrópico à Degradação (ISGAD)	76
6.1.1 Cálculo do ISGND para área de estudo.....	77
6.1.2 Cálculo do ISGAD para área de estudo.....	78
CONCLUSÕES.80
REFERÊNCIAS... ..	.82
ANEXOS.....	85

LISTA DE FIGURAS

1.	Concepção de Desertificação (ROXO & MOURÃO).....	23
2.	Áreas degradadas suscetíveis a processo de desertificação.....	28
3.	Fluxograma Metodológico.....	29
4.	Delimitação Área de estudo.....	34
5.	Unidades geomorfológicas área de estudo.....	36
6.	Precipitação área de estudo.....	41
7.	Evapotranspiração total potencial.....	42
8.	Meses Secos área de Estudo.....	43
9.	Im área de estudo.....	44
10.	Associação de solos área de estudo.....	47
11.	Vegetação Área de Estudo	48
12.	Nova Jaguaribara.....	52
13.	Índice de Severidade do Clima.....	58
14.	Erosividade Área de estudo.....	64
15.	Erodibilidade Área de estudo.....	65
16.	Classes de Relevo área de estudo.....	67
17.	Município de Jaguaribe. Set/2007.....	70
18.	Município de Jaguaribe. Set/2007.....	70
19.	Faixa de NDVI 1986/89.....	73
20.	Faixa de NDVI 2007.....	74

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Áreas suscetíveis a processo de Desertificação.....	27
TABELA 2	Intervalos de R (Classes e índices utilizados na fórmula).....	61
TABELA 3	Erodibilidade das associações de solos área de estudo.....	63
TABELA 4	Classes de relevo com declividade correspondente.....	66
TABELA 5	Calculo dos índices utilizados na área.....	70
TABELA 6	Calculo do ISGAD para área de estudo.....	71
TABELA 7	Índices de ICV ¹ e ICV ² / ISGND ² e ISGAD ³	72
TABELA 8	Relação NDVI/ produção de culturas e número de rebanhos por município 1985/2007.....	77
TABELA 9	Faixa de NDVI área.....	78

LISTAS DE QUADROS

QUADRO 1	Clima e índice de aridez.....	25
QUADRO 2	Esboço estratigráfico.....	33
QUADRO 3	Unidades litológicas	36
QUADRO 4	Unidades geomorfológicas	38
QUADRO 5	Vegetação	49
QUADRO 6	Adaptação metodológica para área de estudo.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Apoio a Pesquisa de Ensino Superior
ETP	Evapotranspiração Total Potencial.
IA	Índice de Aridez
EUPS	Erosão e Equação Universal de Perdas dos Solos
FUNCEME	Fundação de Estudos Climatológicos do Estado do Ceará
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
ICV	Índice de Cobertura Vegetal
ISGND	Índice de Suscetibilidade Geoambiental Natural á Degradação
ISGNAD	Índice de Suscetibilidade Geoambiental Natural antrópica a Degradação
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IM	Índice Efetivo de Umidade
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PRODEMA	Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
UFC	Universidade Federal do Ceará

RESUMO

A desertificação constitui uma forma de degradação e vem se tornando um dos mais graves problemas ambientais enfrentados pela humanidade. As áreas suscetíveis à degradação/desertificação foram reconhecidas na Convenção de Combate a Desertificação (1977), sendo consideradas como tal aquelas situadas nas regiões de clima árido, semi-árido e sub-úmido seco. O Estado do Ceará tem a maior área proporcional suscetível à desertificação no Nordeste Brasileiro onde se destacam o município de Irauçuba, a Região dos Inhamuns e a região do Médio e Baixo curso do vale do Rio Jaguaribe. Dentro da temática abordada, o presente estudo considerou sete municípios que se encontram na região do Médio e Baixo curso do Vale do Jaguaribe: Alto Santo, Iracema, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, São João do Jaguaribe e Solonópole. O objetivo geral do estudo foi avaliar, através de Índices, a Suscetibilidade Geoambiental Natural à Degradação (ISGND) e a Suscetibilidade Geoambiental Antrópica a Degradação (ISGAD) considerando, respectivamente, as características geoambientais da área, e os impactos ambientais causados pelo sistema de uso da terra. Na pesquisa foi empregada uma adaptação da metodologia usada por Beltrame (1994), que fundamenta o cálculo do ISGND nas características geoambientais e, para o ISGAD, na análise da variação temporal do Índice de Cobertura Vegetal. Esses índices foram expressos numericamente através de uma fórmula descritiva fundamentado na Equação da Reta computada através das ponderações dos índices de Erosividade, Erodibilidade, Climático e Classes de Relevô. Neste estudo o Índice de Cobertura Vegetal foi expresso pelos valores correspondentes do NDVI (Normalized Difference Vegetation Índice) calculado em imagens do satélite LANDSAT dos anos de 1986/89 e 2007. A aplicação da metodologia nos permitiu obter como resultados a realização de um mapeamento cartográfico da área do ISGND, dos níveis de cobertura vegetal, dos índices de Erosividade, Erodibilidade, Índice Climático e Classes de Relevô e do ISGAD dos municípios considerados.

Palavras- Chaves: Degradação Ambiental – Suscetibilidade – Desertificação – Médio e Baixo Jaguaribe.

ABSTRACT

The desertification process constitutes itself in a form of degradation that became one of the serious environmental problems faced by Humanity. The areas that were susceptible to degradation/desertification were recognized by the Convention of Combated a Desertification (Desertification Combat Convention (1977) and were considered as such, those situated in the regions of arid, semi-arid and subhumid climate. The state of Ceará has most of the proportional area susceptible to desertification in the Brazilian Northeast with a preeminence of the areas of Irauçuba, Inhamuns and midstream, lower stream of Jaguaribe river. This study considered seven municipalities that were located along the Vale of Jaguaribe in its mid and lower stream, the municipalities chosen were: Alto Santo, Iracema, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, São João do Jaguaribe and Solonópole. The general objective of this research was to identify the conditioners of natural and socio-economical aspects of the process of desertification in this region, taking into account the characterization of environmental framework, observing its main potentialities (natural and socioeconomically) through the evaluation of impacts originated by the system of land use and evaluating the implication between the process of susceptibility to desertification and its impact over the socioeconomically characteristics of the area. The methodology used in the research had as its main fundamentation, the Beltrame focus (1994), that uses as its main parameter the standard analysis of vegetation through a comparison of satellite images between the years of 1986/89 and 2007. An application of the methodology allowed the realization of a general synthesis of the actual reality of the area regarding its problems, fragilities and potentialities of natural resources and socioeconomically aspects and to have a general vision of the degradation framework.

Keywords: Environmental Degradation, Susceptibility to Desertification, Mid and Lower Jaguaribe River.

1. INTRODUÇÃO

A desertificação constitui uma forma de degradação do ambiente e vem se tornando um dos mais graves problemas enfrentados pela humanidade. Suas causas e conseqüências envolvem diversas esferas da sociedade, sejam elas culturais, econômicas, sociais ou políticas e resultam, principalmente, dos impactos das atividades humanas.

As áreas suscetíveis à degradação/desertificação foram reconhecidas na Convenção de Combate a Desertificação em 1977, sendo consideradas como tal, aquelas situadas nas regiões de clima árido, semi-árido e sub-úmido seco. A discussão sobre esse processo e uma primeira iniciativa internacional relativa ao seu combate, vieram através da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente em Estocolmo no ano de 1972 e, especificamente, em 1977, com a realização, de uma Conferência em Nairóbi (Quênia, África) que o reconheceu como um problema ambiental com elevado custo humano, social e econômico.

No Brasil, a preocupação com a problemática da desertificação surgiu com o trabalho de Duque em 1953. Esse autor utilizou o termo “**deserto econômico**”, para tratar dos problemas da miséria e da fome que eram conseqüências da degradação dos solos da região Nordeste e da perda do seu potencial produtivo (DUQUE, 1953).

A existência dos processos de desertificação no Brasil começou a ser discutida com mais intensidade a partir de 1977, com os trabalhos do professor Vasconcellos Sobrinho. Posteriormente foram elaborados estudos por diferentes pesquisadores e em vários Estados da Região Nordeste do Brasil, nos anos de 1978 e 1979, trabalhos estes, que foram apoiados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), (RODRIGUES, 1995). Foi a partir de 1986, com um convênio firmado entre a Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) e a Universidade Federal do Piauí, que se elaborou uma Proposta de Plano de Ação para estudo da Desertificação no Nordeste, objetivando, além de apontar as dificuldades para a abordagem da problemática no Brasil, sugerir medidas de curto prazo, treinamento de equipes multidisciplinares e a realização de um seminário regional que abordasse questões conceituais e o estabelecimento de metas a serem atingidas pelo governo brasileiro para a solução do problema (RODRIGUES, 1995).

Um primeiro mapa sobre suscetibilidade à desertificação no Brasil foi elaborado pelo Núcleo Desert/IBAMA em 1992 (RODRIGUES, 1995) e mostram as áreas de risco em diferentes níveis e que se encontram situadas na Região Nordeste e Norte de Minas Gerais. Os

núcleos em estágios mais graves no Nordeste citados no estudo foram Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (PB) e Cabrobo (PE) (RODRIGUES, 1992).

Soares et al (1995) dizem que o estado do Ceará tem 92% de seu território inserido em áreas suscetíveis a processo de desertificação, apontando como mais afetadas por esse processo o município de Irauçuba e as regiões dos Inhamuns e do Médio e Baixo Jaguaribe.

No Sertão dos Inhamuns, Oliveira (2000), realizou estudos que comprovaram efetivamente o efeito da degradação/desertificação nessa área, causada por atividades agrícolas que se associam à pobreza econômica e a vulnerabilidade ambiental, refletidas em suscetibilidade a desertificação, estrutura econômica e modo de uso e ocupação do solo.

Em Irauçuba, os trabalhos realizados por Sales (2003) e Lustosa (2005) avaliaram a propagação do processo de desertificação de acordo com parâmetros fitoecológicos, geomorfológicos e pedológicos, mostrando com esses estudos que os fatores naturais podem contribuir para o processo, mas em contrapartida a ação antrópica existente na área através das atividades agrícolas colabora de forma significativa para a degradação existente na área.

Para a Microrregião de Sobral, Noletto (2005) concluiu que as Terras Secas dessa Microrregião apresentam diferentes níveis de suscetibilidade geoambiental natural e antrópica à desertificação, apresentando respectivamente, suscetibilidade geoambiental natural baixa, média e alta e também suscetibilidade geoambiental antrópica baixa, média e alta à desertificação, mostrando que essa suscetibilidade se manifesta principalmente na região do município de Irauçuba.

Para os trechos Médio e Baixo do vale do rio Jaguaribe, Soares et al (1995) realizaram estudos referentes ao panorama de degradação/desertificação no Estado do Ceará analisando os níveis avançados de degradação, relacionando-os com índices preocupantes da baixa qualidade dos recursos hídricos e salinização dos solos. O trabalho de Soares et al (1995) apontou para essas áreas um alto grau de suscetibilidade à desertificação. Souza (2005) destaca o mapeamento que vem sendo executado pela Fundação Cearense de Meteorologia do Ceará e Recursos Hídricos (FUNCEME), estudo este que é a continuação dos trabalhos realizados por Soares et al (1995), e que aponta para os altos níveis de degradação ambiental em curso nos municípios inseridos na área, com destaque para o município de Jaguaribe.

De acordo com as características locais, a bacia do rio Jaguaribe foi dividida em: seus trechos Alto Médios e Baixos e as sub-bacias dos rios Salgado e Banabuiú. O objeto dessa pesquisa é o vale nos seus trechos médio e parte do baixo, nos quais se situam os municípios

de Alto Santo, Iracema, Jaguaribe, Jaguaribara, Jaguaretama, Solonópole e São João do Jaguaribe, municípios estes que se encontram dentro da zona de influência do Açude Castanhão.

Desse modo, a pesquisa justifica-se pelo fato da área de estudo apresentar um quadro característico de todo o semi-árido nordestino, no qual se sobressai o aspecto demográfico característico de regiões subdesenvolvidas com elevados índices de crescimento demográfico; ser considerada uma área com sérias dificuldades impostas pelas limitações de potencialidades naturais associadas aos condicionantes climáticos e edáficos. A pesquisa justifica-se, também, pela necessidade da realização de estudos que visem à complementação e o aprofundamento da temática da degradação/desertificação na área de estudo.

Como Objetivo Geral do presente estudo procurou-se considerar o estudo das condições socioeconômicas como consequência do processo de desertificação nos trechos médio e baixo do vale do Rio Jaguaribe, buscando-se, especificamente, na área de estudo.

- Caracterizar seu quadro geoambiental, observando suas principais potencialidades naturais e socioeconômicas;
- Analisar os níveis e tipos de degradação física e antrópica que nela ocorrem;
- Verificar o nível de sua cobertura vegetal.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Desertificação é um processo de degradação ambiental e resulta na diminuição da capacidade de suporte de uma determinada área (NIMER, 1986). Questões relacionadas a esse conceito tais como causas, áreas de ocorrência, conseqüências e metodologias, surgem em decorrência das inúmeras definições que apareceram para o termo.

De acordo com o novo Dicionário da Língua Portuguesa de Aurélio Buarque de Holanda Ferreira (FERREIRA, 1986), a palavra desertificação é definida como sendo “a transformação de uma região em deserto pela ação de fatores climáticos e humanos; desaparecimento de toda atividade humana numa região aos poucos transformada em deserto”.

O termo “Desertificação” foi utilizado pela primeira vez na literatura científica em 1949, na publicação “Climates Forest et Desertification de L’ Afrique Tropicale” por André Aubreville, francês estudioso dos problemas ambientais na África Tropical e Subtropical, para expressar a regressão da selva equatorial africana pelos usos abusivos, incêndios e roças para a transformação campos de cultivos em pastos, cujos resultados foram à exposição do solo, a erosões hídrica, eólica e conversão de terras biologicamente produtivas em desertos (AUBREVILLE, 1949),

A discussão sobre esse processo e uma primeira iniciativa internacional relativa ao seu combate, veio através da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em Estocolmo no ano de 1972. Em 1977, com a realização, de uma Conferência em Nairóbi (Quênia, África) sobre desertificação, o processo foi reconhecido como um problema ambiental com elevado custo humano, social e econômico. Essas duas Conferências enfatizaram a necessidade de implantar uma política específica para as regiões semi-áridas do mundo, tanto por suas características naturais, como pela situação geral de suas populações.

De acordo com o conceito estabelecido pela Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (CONUD, 1977), os danos causados pela desertificação tornam-se irreversíveis e, articulados com os processos econômicos, sociais e naturais que, podem promover em algumas regiões o desequilíbrio da frágil relação entre clima, solo e vegetação, como é o caso das regiões reconhecidas como áridas e semi-áridas. Tais fatores são fundamentais na diminuição da produtividade dos ecossistemas, causando redução no regime pluviométrico, na disponibilidade de água, nutrientes para as plantas, assim como também aumentando a erosão

dos solos, processo este, iniciado a partir da remoção da cobertura vegetal através do desmatamento, queimadas e superpastoreio.

A Organização das Nações Unidas – ONU definiu a desertificação como a **“degradação das Terras áridas, semi-áridas, sub-úmidas secas, resultante principalmente de impactos humanos...”** (NAÇÕES UNIDAS, 1995).

Alguns autores associam a pobreza à desertificação. Matallo Júnior (2003) indica que esse fato esteja associado à degradação das terras nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, o que vem sendo reconhecido em todo o mundo como um dos principais fatores que causam a desertificação.

Segundo a última avaliação sobre o status da desertificação no mundo elaborado pelo PNUMA (1991), o total de terras degradadas seria de 69,0% de todas as suas terras, sendo que esses dados só incluem as terras com a existência da degradação da vegetação (UNEP, 1992) e que 19,5% das regiões semi-áridas do mundo estariam sofrendo algum tipo de degradação.

Analisando o processo da desertificação Ferreira (1994) diz que a desertificação se constitui num fenômeno integrador de processos econômicos, sociais, naturais e/ou induzidos, que destroem o equilíbrio do solo, da vegetação e da água, bem como a qualidade de vida humana, nas áreas sujeitas a uma natureza edáfica ou climática. (FERREIRA, 1994).

No Brasil a problemática da desertificação e os problemas por ela causados foram estudados por alguns autores como Duque (1953), Vasconcelos Sobrinho (1978), Nimer (1986), Conti (1992), Rodrigues (1995) Lemos (2000), Sales (2002), Matallo Junior (2003) dentre outros.

Duque (1953) com relação à temática fala da fragilidade do bioma caatinga. Esse autor faz observações sobre a importância da vegetação de caatinga para o sertão, com relação à proteção do solo. A substituição da vegetação natural por culturas, nas quais normalmente são utilizadas práticas inadequadas, como as queimadas, tende a agravar o processo de salinização dos solos, aumentando com isso o processo de evaporação da água.

Vasconcelos Sobrinho (1978) tratou da desertificação relacionada aos problemas causados pela seca e a vulnerabilidade ecológica das regiões semi-áridas no Nordeste brasileiro e indicou metodologias para a identificação dos processos de desertificação de acordo com os objetivos trabalhados na Conferência de Nairóbi em 1977.

Para Nimer (1986), o fenômeno da desertificação é mais comum e seus problemas são mais graves em regiões periféricas aos desertos, principalmente na África, ocorrendo também em outras regiões, a exemplo do Brasil

Conti (1992) relacionou a desertificação a um conjunto de fenômenos que conduz determinadas áreas a se transformarem em desertos ou a eles se assemelharem, originando-se da pressão intensa de atividades humanas sobre ecossistemas frágeis ou de mudanças climáticas determinadas por causas naturais.

Lemos (2000) fala que a metodologia mais indicada para estudar a desertificação é aquela baseada nos indicadores físicos e econômicos que conduzem ao processo e, aliado a isto, lista quatro fatores que contribuem para a depredação da base dos recursos naturais na região nordeste: o primeiro se encontra no elevado nível de concentração fundiária, evidenciando a forma como a terra está distribuída no Brasil; o segundo fator é a instabilidade climática, cuja melhor tradução é a ocorrência sistemática das secas; o terceiro relata como as atividades agrícolas são praticadas na região e o quarto e último fator, se refere à eliminação da cobertura vegetal natural, em estabelecimentos agropecuários de grande e pequena extensão.

Sales (2002) atribui o avanço da degradação/desertificação no semi-árido a ocupação que sempre ocorreu em uma perspectiva de exploração excessiva. A referida autora diz que se deve “considerar ainda que, aliada a essa exploração predatória, estabeleceu-se uma estrutura social concentradora de renda e de poder, responsável pela relativa estagnação e baixos índices sócio-econômicos registrados na região” (SALES, 2002).

Matallo Junior (2003) com relação à desertificação, em seus estudos, relata que o uso de Indicadores de Desertificação aplicado a uma metodologia integrada, pode ser uma solução para atenuar o fenômeno nas áreas em que ocorre.

Para se falar de desertificação, devemos também citar a sua relação bem próxima com a erosão dos solos, cujo resultado é processos múltiplos que contribuem para a diminuição da sua capacidade produtiva, levando a degradação ou perda total da fertilidade. Esses processos são: a erosão pela água, pelo vento e, a perda da fertilidade devido às alterações na sua composição física, química e biológica. (NIMER, 1986)

Os solos da região semi-árida do Nordeste brasileiro estão sujeitos a processos erosivos intensos, devido à alta intensidade das chuvas em determinados períodos do ano e

pela ausência de cobertura vegetal adequada, além de naturalmente serem solos pouco profundos e com baixos teores de matéria orgânica (ANDRADE, & SILVA, 1986).

Os indicadores mais relevantes da degradação do solo e dos ecossistemas são ligados a processos Climáticos, Geomorfológicos, Químicos, Biológicos, Edáficos e Sócio-Econômicos, como as atividades agropecuárias que estão associadas ao manejo inadequado do solo.

De acordo com Nimer (1986) a maioria do território é afetada por problemas de degradação e as intensidades desses processos variam, tendo de um lado as condições físicas e biológicas e de outro, os sistemas de exploração do solo, a intensidade da pressão humana e animal, exercida sobre os ecossistemas que o mesmo sustenta.

A Desertificação passou a ser entendida como um processo desencadeado, principalmente, pelo uso inadequado do solo. Tem sido caracterizada por uma crescente degradação ambiental expressa no ressecamento e perda produtiva do solo, sendo marcada por processos de descolonização, por mudanças importantes nos modelos de exploração dos recursos naturais e pela ocorrência, de igual ou maior amplitude em todos os continentes, sendo assim o resultado da intensa ação do homem sobre os ecossistemas (NIMER, 1986, FERREIRA 1994, ROXO E MOURÃO, 1998, MATALLO JÚNIOR, 2003).

A existência dos processos de desertificação no Brasil começou a ser identificada e discutida nos anos de 1970 e com mais intensidade a partir de 1977, com os trabalhos do professor Vasconcellos Sobrinho, que apontou em seus estudos ser o semi-árido brasileiro um “deserto com todas as características ecológicas que conduziria a formação de grandes desertos hoje existentes em outras regiões do globo” (PAN-BRASIL, 2005).

Vasconcelos Sobrinho (1978) tratou como problemática resultante da desertificação no território brasileiro a degradação ambiental em consequência da ação humana. Este autor afirma que regiões secas do Nordeste Brasileiro sofrem mais processo de degradação ambiental devido a ser uma região caracterizada por evapotranspiração elevada, com ocorrência de períodos de secas e a existência de solos rasos, alto teor de salinidade, baixa fertilidade e reduzida capacidade de retenção do solo, o que limita seu potencial produtivo.

Ferreira et e al (1995) utilizou uma metodologia baseada na construção de Indicadores de desertificação. Esse autor utilizou 19 indicadores físicos e socioeconômicos na avaliação do quadro de desertificação no Nordeste Brasileiro.

Bermudez (1997) argumenta que a degradação dos ecossistemas, sob os mais variados processos, resulta em erosão dos solos, conseqüência de sua utilização inadequada, e também como uma crise climática, socioeconômica e ambiental, que resulta em novos mecanismos de degradação que dificulta e impede a conservação dos recursos naturais, fato este imprescindível para o desenvolvimento sustentável.

Lemos (1997) e Rodrigues e Viana (1997) apresentam para o Nordeste e Estado do Ceará, respectivamente, estudos compondo indicadores que, posteriormente foram submetidos a análise estatística, dentre os quais, elegeram algumas variáveis envolvidas no processo de degradação. Os resultados para o presente estudo mostraram os municípios afetados em diferentes intensidades pelos processos de desertificação no nordeste semi-árido.

Pimenta e Santos (1998) mostram que a conjugação dos processos de degradação do solo poderá produzir um índice ou indicador que permita identificar as áreas e reúnem as condições mais favoráveis à desertificação.

O modelo proposto por Roxo e Mourão (1998), indicado na Figura 1, mostra que a desertificação pode ser desencadeada por diversos processos, dentre eles, o principal é a erosão do solo.

Lemos (2000) realizou estudos com Indicadores físicos e socioeconômicos de desertificação. O referido autor, tenta comprovar a relação existente entre degradação ambiental e os altos padrões de pobreza no nordeste semi-árido, que conseqüentemente são agravados pela prática de uso inadequado do solo, com atividades como a agricultura, com culturas itinerantes e o superpastoreio, característico dessas áreas.

Rodrigues (2000) relata em seu trabalho, que as condições de semi-aridez são em grande parte, uma das grandes dificuldades para a utilização dos recursos naturais, processo este que é agravado pelas atividades humanas que resultam na eliminação da cobertura vegetal original e perda parcial ou total do solo, por fenômenos físicos ou químicos e, na ocupação dessas áreas por espécies de plantas invasoras, culminando coma redução da biodiversidade.

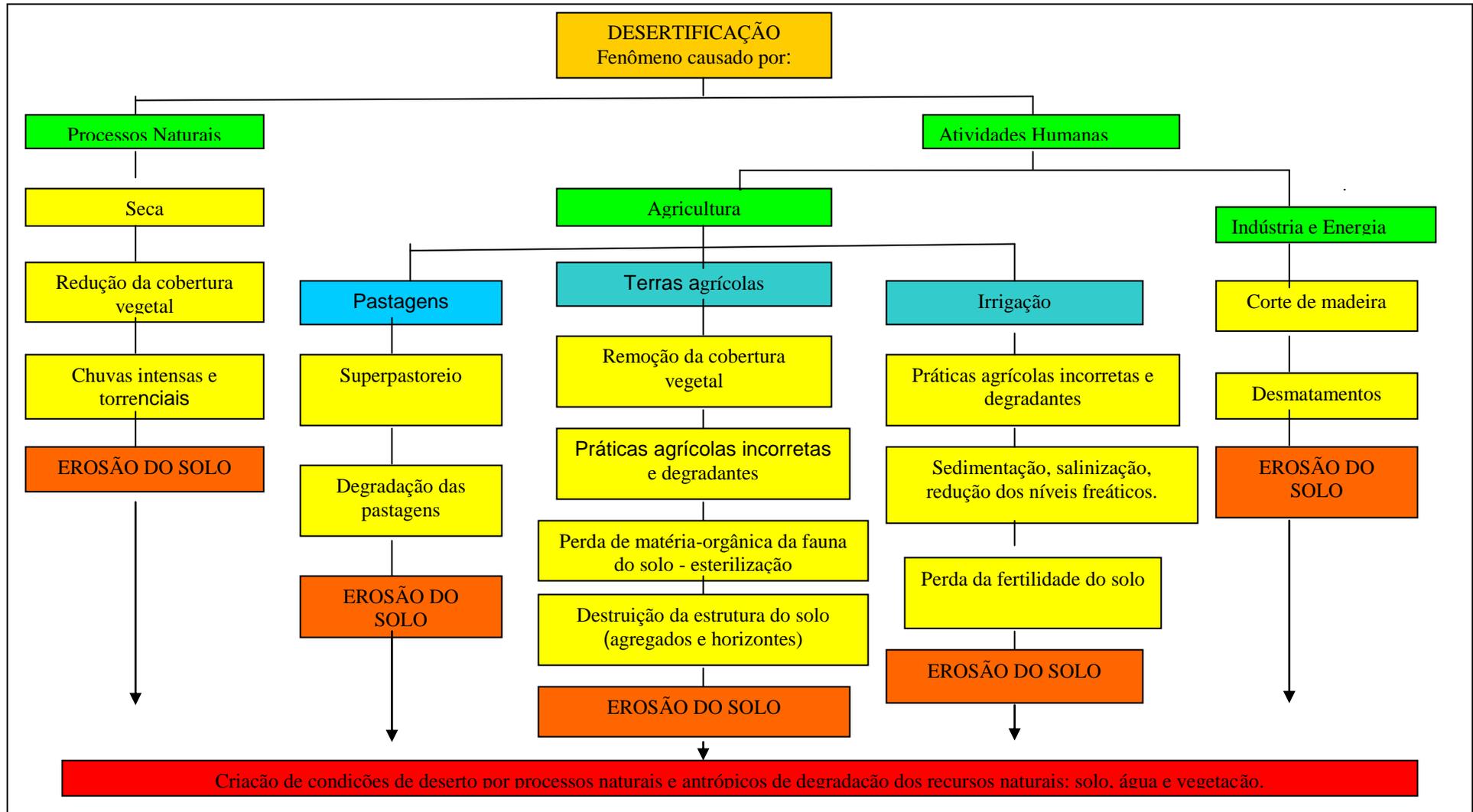


Figura 1 – Concepção de Desertificação segundo ROXA e MOURÃO (1998).

2.1 Semi-aridez e desertificação: o semi-árido brasileiro.

Também chamado de “Sertão”, o semi-árido abrange uma área de 982.563 km² e está localizado nos seguintes estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, além do Vale do Jequitinhonha, no Norte de Minas Gerais, e parte da região Norte do Espírito Santo (Instituto Semi-Árido, 2007). O regime pluvial é irregular, com 400 a 800 mm anuais com chuvas concentradas em um único período de três a cinco meses. Seus solos são rasos, com ocorrência de vegetação do tipo xerófila, resistente a longos períodos de estiagem. Sua economia, embora com alguns setores, industrializados, encontra-se ainda atrelada ao setor primário, a um complexo de pecuária extensiva e agricultura de baixo rendimento com a população sobrevivendo, principalmente, de atividades econômicas ligadas a esse complexo.

De acordo com o PAN-BRASIL (2005), as áreas suscetíveis ao fenômeno da Desertificação no Brasil são caracterizadas por longos períodos de secas, seguidos por outros períodos de chuvas. Ambos os processos, chuvas ou secas intensas, podem provocar prejuízos econômicos, sociais e ambientais que tendem a afetar diretamente uma parcela da população menos favorecida que vive naquele local.

Um primeiro mapa sobre suscetibilidade a desertificação no Brasil foi elaborado pelo Núcleo Desert /IBAMA em 1992 (RODRIGUES, 1992) e mostra as áreas de risco em diferentes níveis. Esse mapa foi retrabalhado pelo Plano Nacional de Combate a Desertificação (PAN-BRASIL, 2005) Os níveis de suscetibilidade estabelecidos obedecem a uma classificação que atribui valores que vão de muito alto a moderado, de acordo com as seguintes escalas: muito alto (0,05 até 0, 20), alta de (0,21 até 0, 50), moderada de 0,51 até 0,65 revelando assim o grau de aridez de determinada área e indicando as que estão sujeitas os processos de desertificação.

O Índice de Aridez foi utilizado na metodologia de aplicada pelo PANBRASIL é computado como o quociente entre os valores anuais da Precipitação Total Média (P) e a Evapotranspiração Potencial Total Anual (ETP), estimada pelo método de Thornthwaite. Os valores limites do Índice da Aridez dão UNEP (1991) para os diferentes tipos de clima a eles associados estão indicados no Quadro 1.

Clima	Índice
Hiper-árido	< 0,05
Árido	0,05 – 0,20
Semi-árido	0,21 – 0,50
Sub-úmido seco	0,51 – 0,65
Sub-úmido e úmido	> 0,65

Quadro 1 - Clima e índice de aridez.

Fonte: UNEP (1991).

As áreas suscetíveis ao fenômeno da desertificação no semi-árido brasileiro são caracterizadas, por longos períodos de secas, seguidos por outros períodos de chuvas. Ambos os processos, chuvas ou secas intensas, podem provocar prejuízos econômicos, sociais e ambientais que tendem a afetar diretamente uma parcela da população menos favorecida que vive naquele no local. (PAN-BRASIL 2005).

2.2 Estudos de desertificação no Nordeste Brasileiro e no estado do Ceará

O semi-árido Nordestino estende-se em uma área cujas características principais são as secas frequentes, ausência, escassez, variabilidade espacial ou temporal das chuvas (SUDENE, 2008) e geoambientalmente com vulnerabilidade climática e com ocorrência de grande parte dos solos em processos de degradação. É composto pelos seguintes Estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, (SOARES, 1995).

De acordo com Sales (2003) essa região tem como elemento marcante no seu quadro natural a condição de semi-aridez de caráter azonal que atinge grande parte do seu território e a alta variabilidade pluviométrica espacial e temporal inerente a esse tipo climático, destacando em seu estudo, que a ocupação dessa região ocorreu sempre em uma perspectiva de exploração excessiva, o que levou à exaustão de parte dos recursos naturais.

Os estudos e registros sobre os efeitos das secas na Região Nordeste e suas conseqüências na organização socioeconômica são antigos e suas primeiras produções beiram o Império, fazendo assim, dessa época, um marco importante na produção literária e

científica acerca dos problemas causados pelas estiagens que freqüentemente atingiam a região. Obras clássicas como "O Quinze" de Raquel de Queiroz e "Vidas Secas" de Graciliano Ramos e "Os Sertões" de Euclides da Cunha constituem-se em um dos mais ricos documentos que trata das relações entre ambiente e cultura no semi-árido brasileiro. (SALES, 2003).

Podemos citar os estudos de Duque (1973) estudou e disseminou as bases para uma agricultura ecológica no nordeste.

Vasconcellos Sobrinho (1974) que através da publicação do artigo "O deserto brasileiro" indicou as áreas do Nordeste comprometidas pela degradação, as quais foram denominadas de "núcleos de desertificação", o referido trabalho é baseado principalmente na metodologia dos indicadores da desertificação, seguindo a orientação geral da Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (1977). O Professor Vasconcellos Sobrinho, membro da Universidade Federal do Pernambuco, foi um dos primeiros autores a trabalhar o conceito de desertificação como a degradação das terras produtivas no semi-árido, em específico na região Nordeste. Deve-se a este pesquisador o pioneirismo nos estudos de desertificação no Brasil.

Monteiro (1988) publica os resultados de uma pesquisa realizada no semi-árido. A área selecionada corresponde a um dos geotópos áridos (Altos Pelados) propostos por Ab'Saber situada na região do Alto Jaguaribe.

Conti (1994) em sua Tese de Livre Docência pela Universidade de São Paulo usou como área de pesquisa o semi-árido brasileiro demarcado pela isoietas de 800 mm/ano. Os resultados encontrados na sua pesquisa se constituem em uma importante contribuição aos estudos da desertificação no Nordeste Brasileiro.

Sales (1998) em Gilbués, no Estado do Piauí, faz uma reavaliação deste núcleo de desertificação considerando a área, do ponto de vista climático, fora das zonas suscetíveis ao fenômeno. A autora elaborou o mapeamento das unidades de paisagem representativas das diferentes *fácies* da degradação ambiental local.

O trabalho realizado pela FUNCEME (1992) apresentado por ocasião da ICID trata do mapeamento das áreas suscetíveis aos processos de desertificação tendo como critério a aplicação do Índice de Aridez do PNUMA com ocorrência simultânea da degradação dos fatores físicos e biológicos. Esses dados foram obtidos através do uso de técnicas de sensoriamento remoto e de Sistema de Informação Geografia _ SIG.

Dentre os estudos realizados pela FUNCEME (1992), considerando toda a área do Ceará, pode ser estimado que quase 15.130 km², o que equivale a 10, 2% de sua superfície total estão submetidos a processos de degradação ou suscetíveis a processos de desertificação (FUNCEME, 1992)

Para os sertões do Médio e Baixo Jaguaribe, os referidos autores constataram processos que além da suscetibilidade natural à desertificação, alguns municípios da área já se encontram em estágio avançado de degradação ambiental, sendo que um dos mais afetados, segundo o mapeamento realizado pela FUNCEME em 1992 é o município de Jaguaribe. (FUNCEME, 1992). Da área total do município, 23.54 % de sua área total foram considerados altamente degradados. Dos nove municípios monitorados pela referida Instituição, sete deles são objeto do estudo da presente pesquisa: Alto Santo, Iracema, Jaguaribe, Jaguaribara, Jaguaretama, Solonópole e São João do Jaguaribe. Tabela 1. Figura 2.

Tabela 1 – Áreas degradadas suscetíveis a processo de desertificação por municípios.

Municípios	Área (ha) Total e por Municípios	Áreas Degradadas Susceptíveis ao Processo de Desertificação (ha)	% das áreas degradadas em relação à área do(s) município(s)
Total	1, 062, 038	99, 262	–
Alto Santo	132, 290	9, 419	7.12
Iracema	77, 000	2, 117	2.75
Jaguaretama	168, 245	29, 558	17.59
Jaguribara	65, 584	7, 434	11.34
Jaguaribe	187, 649	44, 167	23.54
Limoeiro do Norte	75, 150	289	0.38
Morada Nova	277, 920	4, 435	1.6
Pindoretama	49, 520	1, 654	3.34
São João do Jaguaribe	28, 680	2, 507	8.74

Fonte: FUNCEME (1992)

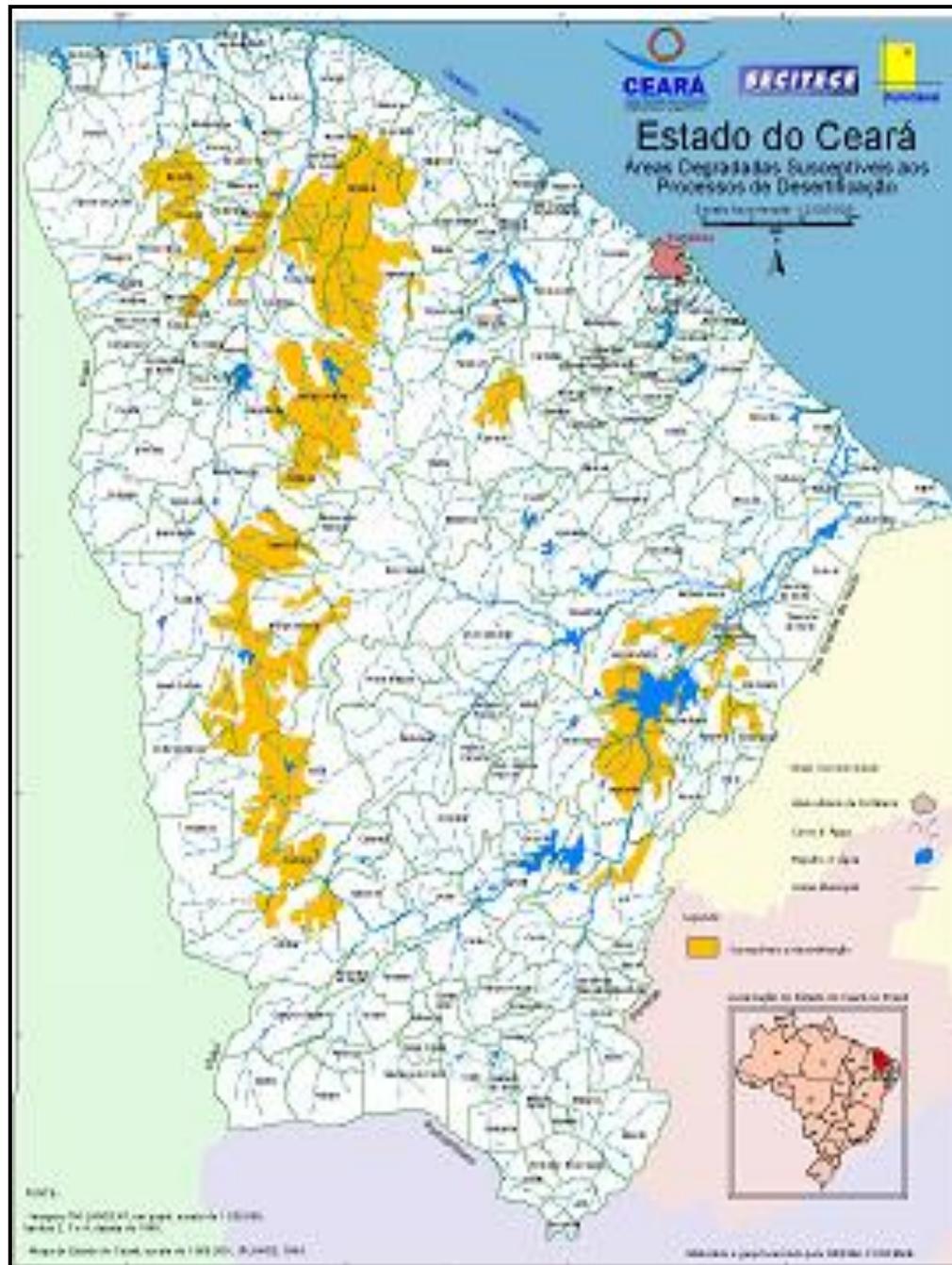
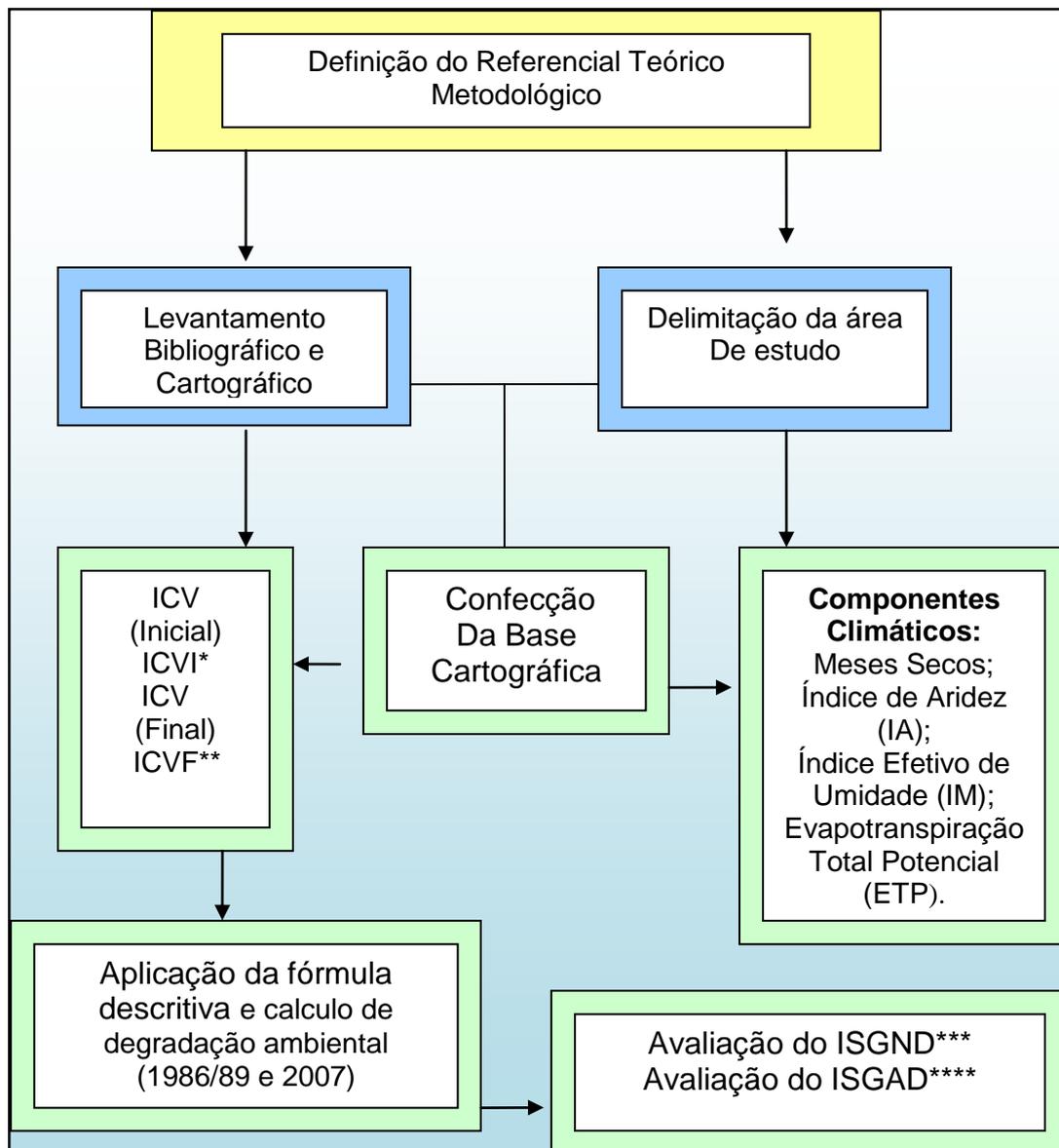


Figura 2 – Áreas suscetíveis a desertificação no Estado do Ceará.

Fonte: FUNCIME (2002).

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada na presente pesquisa foi realizada através de várias etapas que compõe a análise dos componentes ambientais existente na área de estudo. O roteiro metodológico utilizado nesta pesquisa teve as seguintes etapas: O roteiro metodológico foi composto das seguintes etapas que podem ser visualizadas na Figura 3.



* Índice de Cobertura Vegetal Inicial; ** Índice de Cobertura Vegetal Final; *** Índice Suscetibilidade Geoambiental Natural Degradação;****Índice de Suscetibilidade Geoambiental Antrópico a Degradação.

Figura 3 – Fluxograma Metodológico. Elaborado pela autora

3.1 Condicionantes Naturais e Socioeconômicos da Desertificação nos Trechos Médio e Baixo do Rio Jaguaribe no Estado do Ceará.

Para a realização do presente estudo, foi utilizada uma adaptação da metodologia proposta por Beltrame (1994) e empregada por Melo (2008). A mesma teve modelo o desenvolvimento de pesquisas realizadas pelo Instituto Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT) cuja sede fica na Venezuela, pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) do referido país, além de trabalhos realizados por pesquisadores espanhóis.

Beltrame (1994) utilizou o termo “Diagnóstico Físico Conservacionista – DFC”, ao adaptar a proposta metodológica desenvolvida por esses pesquisadores para a Micro-bacia do Rio Cedro no Estado de Santa Catarina. Assim, os parâmetros utilizados a partir do levantamento de dados com relação ao quadro natural da área, são expressos em números, através de uma fórmula descritiva, para mostrar um “Índice de Risco de Degradação Física” expresso através da “equação da reta”.

Melo (2008) para a “Micro-Bacia do Riacho dos Cavalos/ Crateús/Ceará utilizou a metodologia proposta por Beltrame (1994). O referido autor trabalhou com indicadores (parâmetros) potenciais de proteção ou de degradação dos recursos naturais renováveis. Nesta análise foram considerados quatro grandes fatores potenciais naturais à degradação física e a partir deles, uma definição para os parâmetros componentes da fórmula descritiva: características da Vegetação, do Clima, do Solo e do Relevo, que são considerados sob os seguintes aspectos:

- Vegetação - dois aspectos:
 1. Grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura original dos setores da bacia (CO);
 2. Grau de proteção da cobertura vegetal fornecido ao solo (CA).
- Clima – dois aspectos:
 1. Erosividade da Chuva (E);
 2. Balanço Hídrico (BH);

- Geológicas e pedológicas – dois aspectos:
 1. Suscetibilidade da textura a erosão, associada a declividade (PE);
 2. Densidade de drenagem (DD).

Com a classificação utilizada por Beltrame (1994), o mínimo valor possível a ser obtido na fórmula descritiva foi 4 (somatório de todos os índices igual a 1) que representa o melhor estado físico-conservacionista que a área pode apresentar e o valor máximo a ser obtido nessa fórmula foi 21 (somatório de todos os índices com valores máximos), que representa na análise o pior estado físico-conservacionista para a situação indicada, sugerindo assim através dos parâmetros com os respectivos índices, uma “análise quantitativa e qualitativa “ quanto à preservação dos recursos naturais da área estudado por ela.

A referida autora dentro deste trabalho sugere a setorização da bacia hidrográfica, dividindo a área em dois setores com o objetivo de definir o setor mais degradado, tendo assim prioridade para a iniciação de trabalhos práticos relacionados ao Planejamento Ambiental, também utilizado por Melo (2008), mas, não foi utilizado na presente pesquisa.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os municípios estudados na presente pesquisa encontram-se situados no vale do médio-baixo curso do Jaguaribe e são eles: Alto Santo, Iracema, Jaguaribe, Jaguaribara, Jaguaretama, Solonópole e São João do Jaguaribe, perfazendo uma área de 8.282,976 km². Todos fazem parte da zona de influencia do Açude Castanhão. Todos esses municípios compõem a área ingerida no Vale do Jaguaribe da qual faremos a seguir uma breve caracterização no que tange aos aspectos: Geológicos, Geomorfológicos, Climatológicos, Pedológicos, Fito-ecológicos, Histórico e Socioeconômico. Figura 4.

4.1 Aspectos Geológicos

A estrutura geológica da área de estudo se apresenta sob a forma de três compartimentos onde sua maioria é composta por formações que remontam ao pré-cambriano, com solos rasos e relevo plano. São áreas compostas de sedimentos consolidados e não consolidados originados a partir do intemperismo e erosão das rochas já existentes. Os terrenos cristalinos são representados por rochas cristalinas e ocupam a maior parte do território. Geologicamente são representados pelas estruturas da Chapada do Apodi, Planície Fluvial, Depressão Sertaneja e Serra do Pereiro.

O esboço estratigráfico da área nos permitiu observar que a quase totalidade da mesma se encontra composta por migmatitos, calcários cristalinos, gnaisses, feldspato, anfíbolito, rochas graníticas e granodioríticas que constatarem com os litotipos do Complexo Nordestino posicionado igualmente no Pré-cambriano superior, ocorrendo numa proporção de 67,4% se estendendo numa faixa que vai de oeste a leste.

O Grupo Ceará com (14,3%), Complexo Nordestino (1,0%), Complexo Trindade (1,7%), Formação Faceira (1,0%), Granitos (3,9%) e os dioritos (0,3%). Foram encontradas também unidades formadas no Cretáceo-médio através da Formação Jandaíra e as Formações Açú, ambas respectivamente ocupando 1,3% e 5,3%.

Na estrutura geológica ainda é completada com a presença dos depósitos intraconsolidados de natureza aluvial que compõem o Quaternário. Esses depósitos compreendem os detríticos finos que bordejam as calhas fluviais e se constituem em aluviões holocênicos com cascalhos inconsolidados e argilas com matéria orgânica, ocorrendo em 3,5% do total da área em estudo. Quadro 2 e 3.

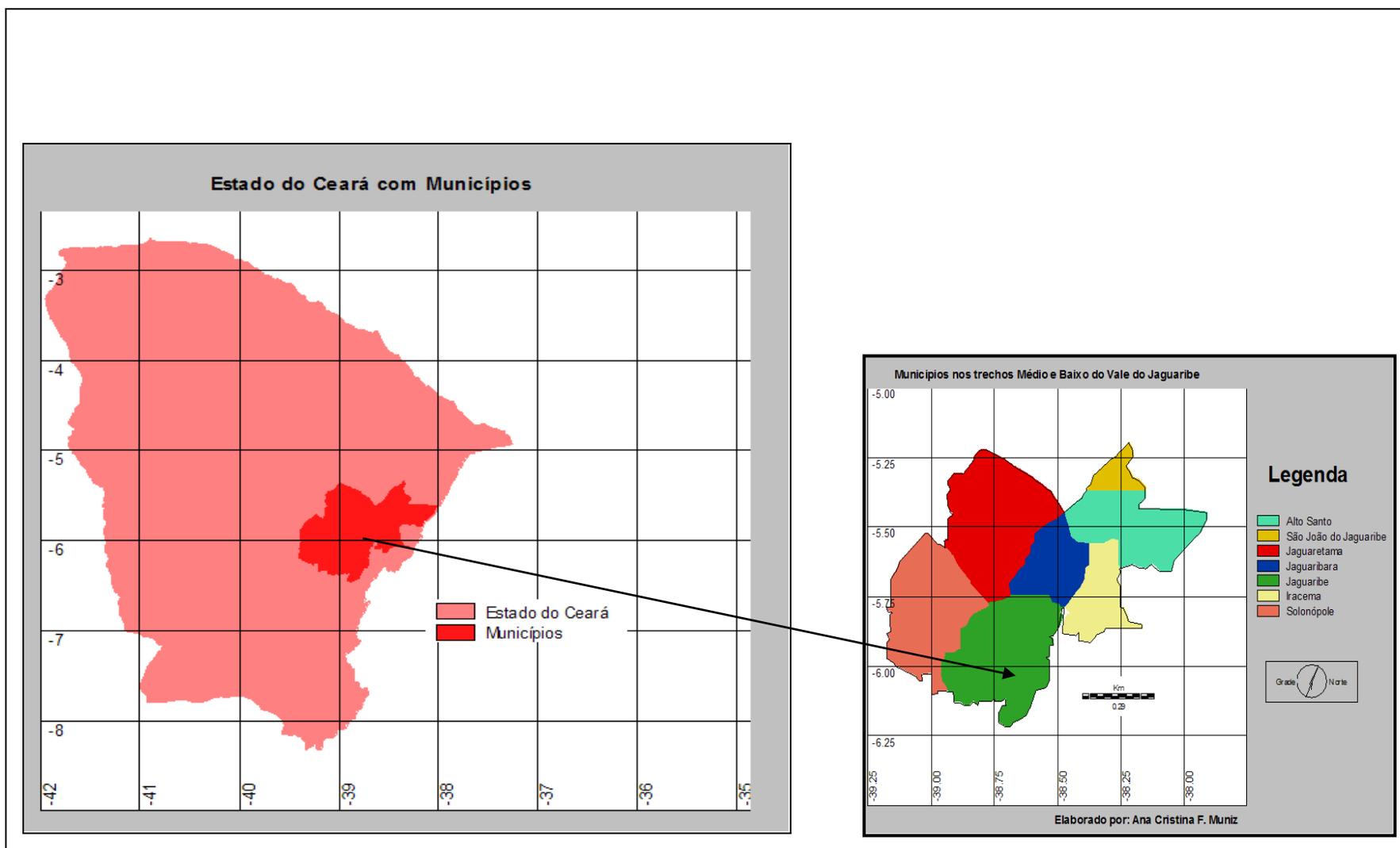


Figura 4 – Área de estudo, com localização dos municípios. Fonte: IBGE (2000)

CENOZÓICO
Quartenário
Aluviões (Qa) – sedimentos arenosos, areno-argilosos e cascalhos
Tércio-Quartenário
Formação Faceira (TQbf) – conglomerados com arenitos e siltitos com níveis de argilas e cascalhos
DISCORDÂNCIA
Pré- Cambriano Superior
Complexo Nordeste (PĈn)
Grupo Ceará (PĈce)
Granitos (y1)
SEM DATAÇÃO
Dioritos Grosseiros (μ)

Quadro 2 - Esboço Estratigráfico. Adaptado de Oliveira (1998)

Período	Unidades	Litologias	% de Ocorrência
Quartenário	Kaj	Formação Jandaíra (Grupo Apodi)	1,3
Quartenário	Kaa	Formação Açú (Grupo Apodi)	5,3
Juro-Cretácio	M	Dioritos	6,3
Pré-Cambriano (Superior)	$\gamma 1$	Granitos	3,9
Pré – Cambriano (Superior)	Γ	Granitos	3,9
Quartenário	Qa	Aluviões	3,5
Pré – Cambriano (Superior)	TQbf	Formação Faceira	1,0
Pré – Cambriano (Superior)	PCn	Complexo Nordestino	1,0
Pré – Cambriano (Superior)	PCce	Grupo Ceará	14,3
Sem datação	Qz	Complexo Trindade	1,0

Quadro 3 – Unidades Litológicas área de estudo.

Fonte: RADAMBRASIL (1981)

4.2 Aspectos Geomorfológicos

Na caracterização geomorfológica consideramos os trabalhos realizados por Souza (1989) para o Estado do Ceará e RADAMBRASIL (1981). A área encontra-se inserida em cinco compartimentos: Depressão Sertaneja, Maciços Residuais, Planície Fluvial e Chapada do Apodi e Serra do Pereiro. (RADAMBRASIL, 1981).

A Depressão Sertaneja apresenta-se como a unidade mais extensa com características de superfície aplainada com altitude inferior a 400 m. Essa área é modelada em Complexo de rochas Pré-Cambrianas que se posicionam entre os Maciços Residuais, os Planaltos Sedimentares e Inselbergs. São áreas que servem de substrato de granitos que se refletem no Complexo Nordestino, Formação Faceira, Grupo Ceará e Complexo Nordestino. O principal fator condicionante da dinâmica geoambiental dessa unidade Geomorfologia é o clima semi-árido, onde há um predomínio de temperaturas médias anuais elevadas situando-se entre 25 a

29 C°, no que resulta em índices de evapotranspiração superior a 1000 mm anuais. Nessas condições, produz-se um intenso trabalho erosivo, rebaixando o relevo, principalmente nas áreas de rochas menos resistentes (RADAMBRASIL, 1981).

Os Maciços Residuais na área são representados pelas Serras, Vertentes Secas e Agrupamento de Inselbergs, que se encontram localizados mais especificamente nos municípios de Iracema e Jaguaribara. Nessas áreas o trabalho de erosão diferencial ocorre em setores de rochas mais resistentes, favorecendo o aparecimento de relevos rochosos ou setores com solos muito rasos em áreas íngremes com fortes limitações agrícolas. Apresentam extensões variadas e altitudes oscilando entre 400-600 m até 700-800 m, raramente ultrapassando as cotas de 900-1000 m (Souza, 1989) As serras secas, cristas e agrupamentos apresentam condições mais próximas daquelas que compõem os ambientes das depressões sertanejas semi-áridas O granito e o gnaisse têm a prevalência na constituição litológica dessas serras, cuja variação se traduz de maneira clara nas feições morfológicas (RADAMBRASIL, 1981).

A Planície Fluvial é uma área plana resultante da acumulação fluvial durante o Quaternário. Sujeita à inundação periódica, assumem dimensões muito expressivas quando os sedimentos aluviais têm menor calibre. Com solos aluviais profundos, imperfeitamente drenados e com eventuais problemas de salinização, exibindo ainda a de Planossolos e Vertissolos, solos de profundidade média e textura predominantemente argilosa. Os solos dessa área são revertidos por matas ciliares, com predominância de carnaúba. São áreas que embora possuam pouca representatividade espacial, tem grande significado socioeconômico ao longo do Vale do Jaguaribe onde, aparecem com características favoráveis à prática de lavouras irrigadas, olarias e cerâmicas. (SOUZA, 1989).

A Unidade chapada do Apodi na área é ocupada na área por uma superfície baixa. Com clima semi-árido quente e precipitações médias anuais que se limita com o Estado do Rio Grande do Norte através dos municípios de Alto Santo, Iracema e São João do Jaguaribe. Com precipitação média anual variando entre 600-700 mm e clima semi-árido quente, os solos dessa área são dotados de alta fertilidade (Cambissolos e Latossolos) e revestidos por caatinga hiperxerófila. Tanto os solos como o relevo são favoráveis ao uso agrícola, sendo que um fator limitante se reflete na deficiência de recursos hídricos. (SOUZA, 1989).

A Serra do Pereiro que ocupa a porção Leste do Estado se encontra representada neste trabalho pelo município de Iracema. O relevo dessa área é dissecado em colinas rasas predominando solos podzólicos vermelho-amarelos e bruno não cálcicos. Atividades ligadas

ao extrativismo vegetal praticado nos interflúvios com maiores declives têm contribuído para uma acelerada degradação contínua desses solos. (SOUZA, 1989). As unidades geomorfológicas da área estão descritas no Quadro 4 e na Figura 5.

Siglas	Formas de Relevos	Descrição	%
a 11	Dissecadas	Formas aguçadas, convexas e tabulares com relevo de topo contínuo, convexo e plano.	0.8
a 12			0.8
a21			32.6
a22			18.6
a23			1.5
C11			0.1
C12			2.2
Et	Erosiva	Superfície tabular erosiva, com relevo do tipo plano e superfície de erosão, geralmente limitada com escarpas erosivas com diferentes níveis altimétricos	35.2
t11	Dissecadas	Relevo com diferentes formas de relevos e aprofundamento da drenagem. Geralmente separados por vale de fundo plano.	5.5
t21			1.9
t22			0.5
t41			0.1

Quadro 4 – Unidades Geomorfológicas área de estudo.

Fonte: RADAMBRASIL (1981)

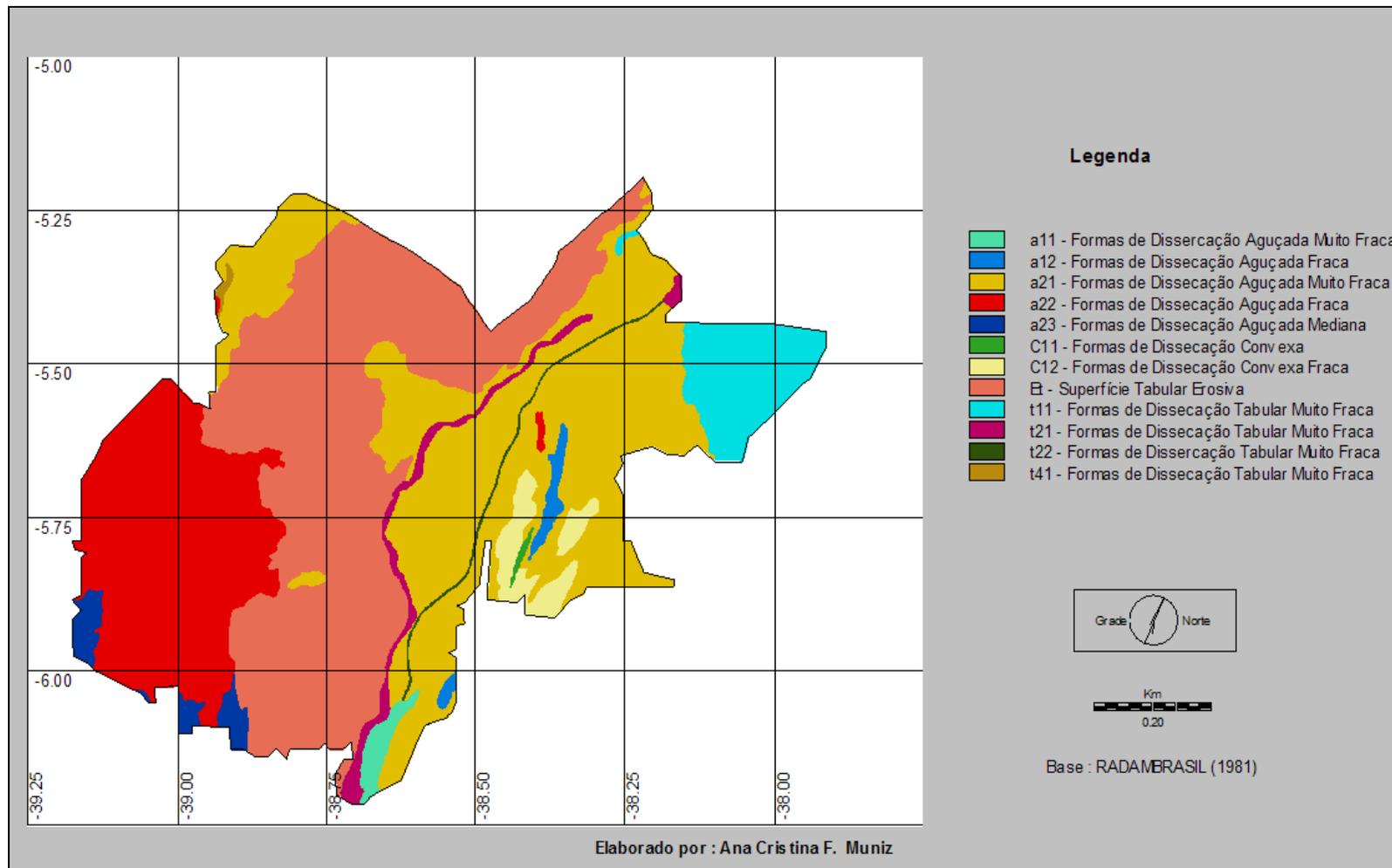


Figura 5 - Unidades Geomorfológicas área de estudo (RADAMBRASIL, 1981)

4.3 Aspectos Climatológicos

A Região Nordeste é caracterizada pela seca, provocada por diversos fatores, dentre os quais podemos atribuir como fundamental a localização geográfica. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema atmosférico atuante na zona norte dessa região. Devido à quantidade de luz que incide na superfície do local, a temperatura se torna muito elevada durante todo o ano. Nessa região, em geral, as chuvas não são bem distribuídas ao longo do ano, no qual pode se verificar um déficit hídrico alto com meses no qual não há ocorrência de chuvas.

Com relação ao Estado do Ceará os aspectos climáticos predominantes são caracterizados concentração das chuvas num curto período anual (de 3 a 5 meses), com uma média de precipitação de 775mm e um coeficiente de variação de 30%, sendo que as médias térmicas variam entre 23° a 27° C, forte insolação, numa média de 2.800 h/ano e umidade relativa do ar com 82% no litoral e inferior a 70% no sertão. Silva (2000) relata que as condições climáticas do Estado do Ceará variam muito e está relacionada à interação de diferentes sistemas de circulação atmosférica com seus respectivos fatores geográficos. A localização do Estado próximo a linha do Equador favorece esse quadro.

A área de estudo apresenta uma Pluviosidade Média Anual que varia entre 700 mm e 800 mm, com Temperatura Média Anual entre 26^o e 27^o com Evapotranspiração Total Anual (ETA) variando entre 1100 e 1700 mm. O Índice Efetivo de Umidade (Im) fica entre -16,6 e -49,9 variando em meses secos entre 6 e 9.

O clima da área fica sob predominância do Semi-árido e Sub-úmido seco, definidos por dois períodos: um mais longo, conhecido como seco e, outro mais curto conhecido como chuvoso, sendo que o período úmido não é bem definido no tempo, com a existência de uma estação chuvosa que apresenta irregularidades. A estação seca, de forma geral estende-se por oito meses do ano ou mais, proporcionando um período maior de estiagem. (RADAMBRASIL, 1981). Essa irregularidade nas precipitações limita a potencialidade dos recursos naturais conserváveis como solo, vegetação e hidrografia imprimindo assim um caráter de vulnerabilidade às atividades produtivas. Figuras 6, 7, 8, 9 correspondem a caracterização climática da área de estudo.

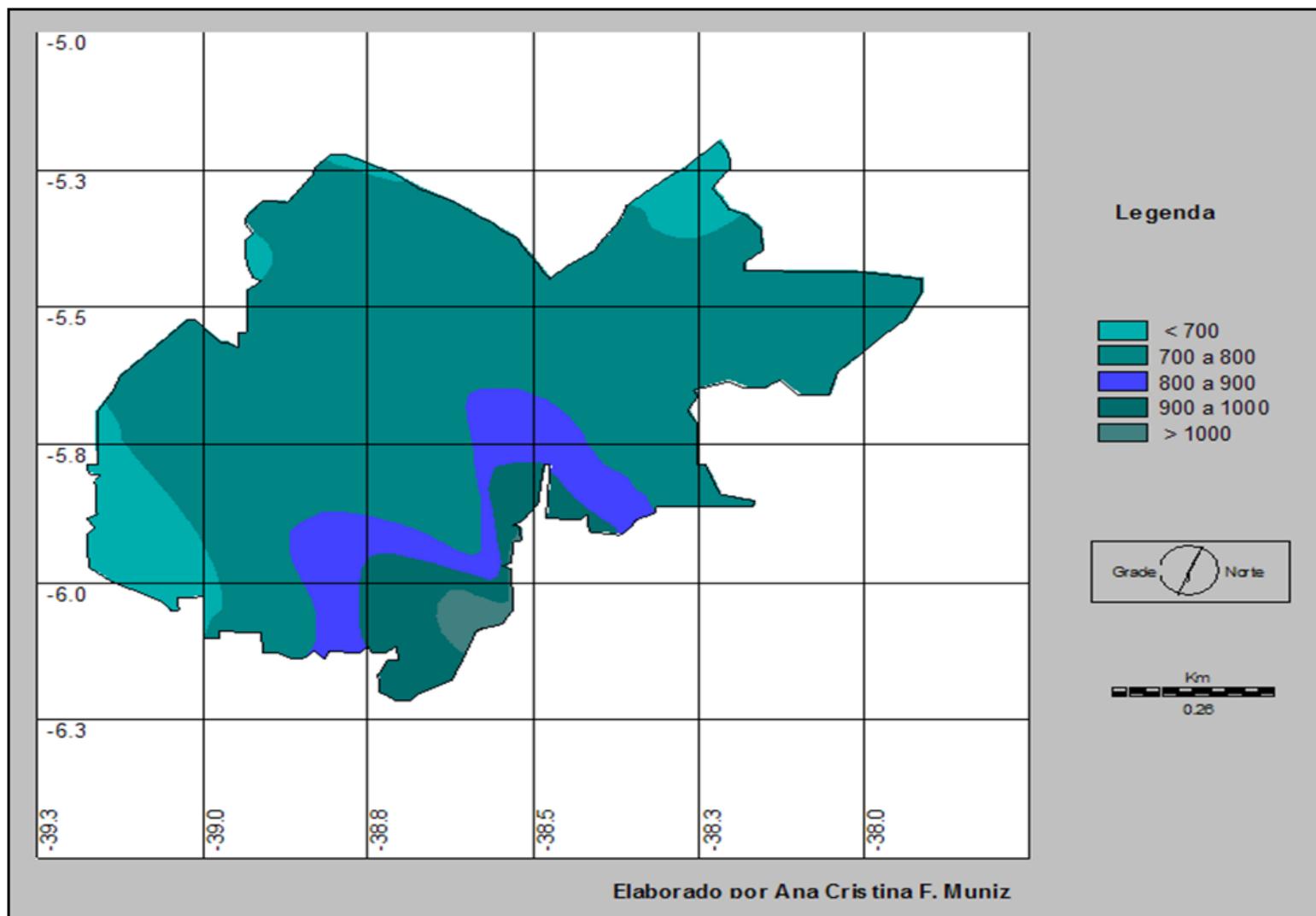


Figura 6 – Precipitações área de estudo. Calculado pelo método de Regressão Múltipla

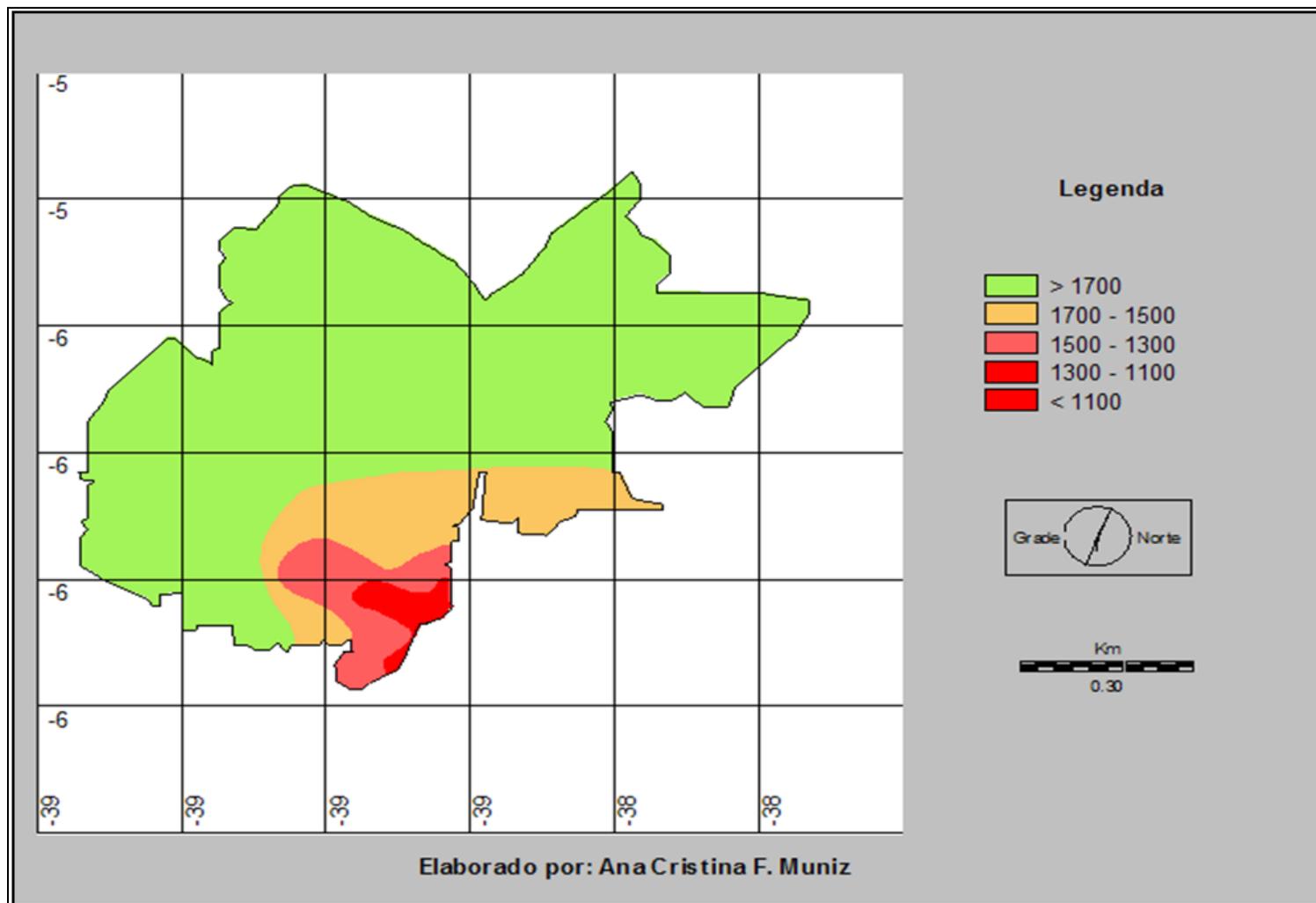


Figura 7 – Evapotranspiração Total Potencial área de estudo. Calculado pelo método de Regressão Múltipla

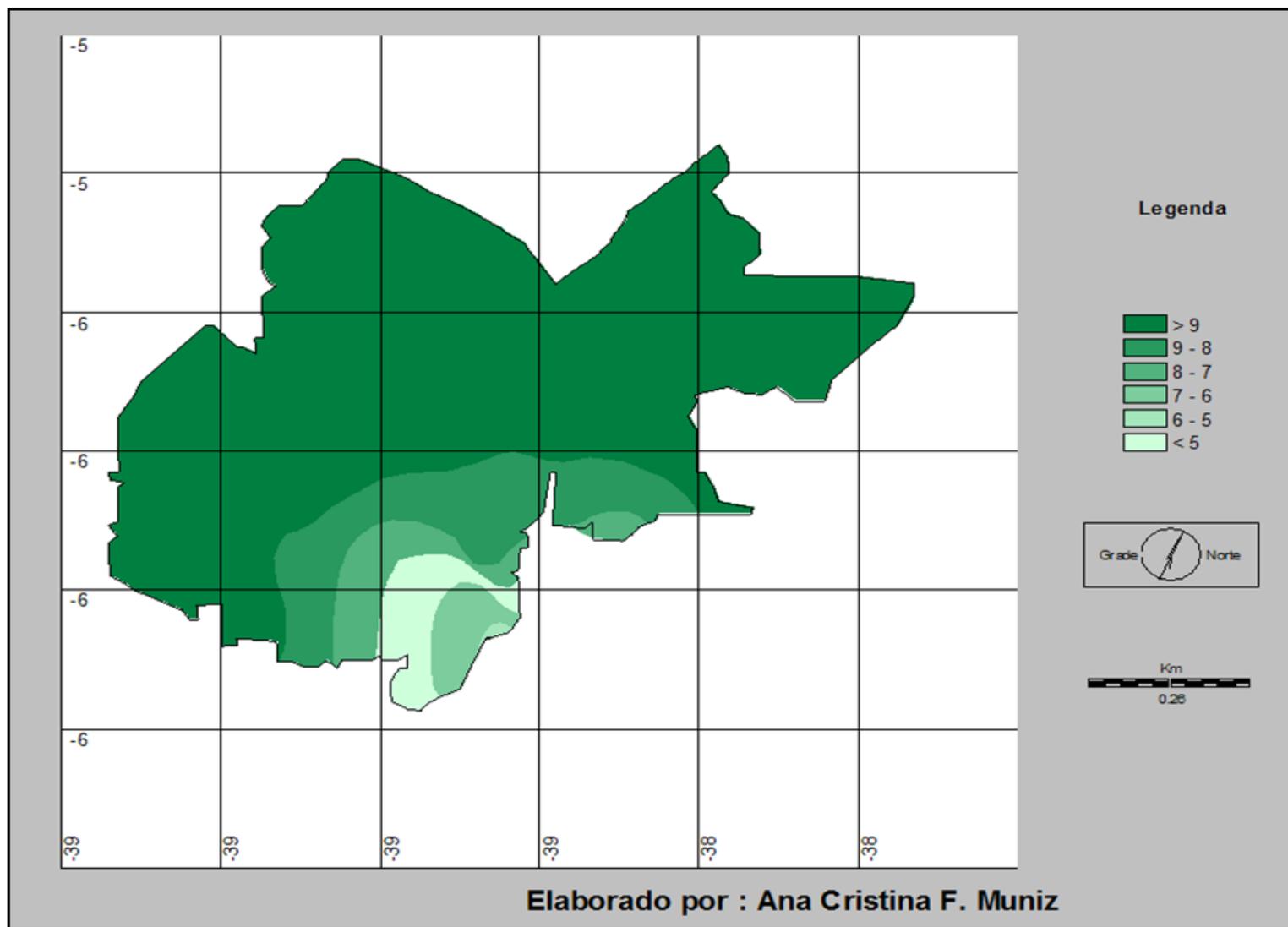


Figura 8 - Meses secos área de estudo. Calculado pelo método de Regressão Múltipla

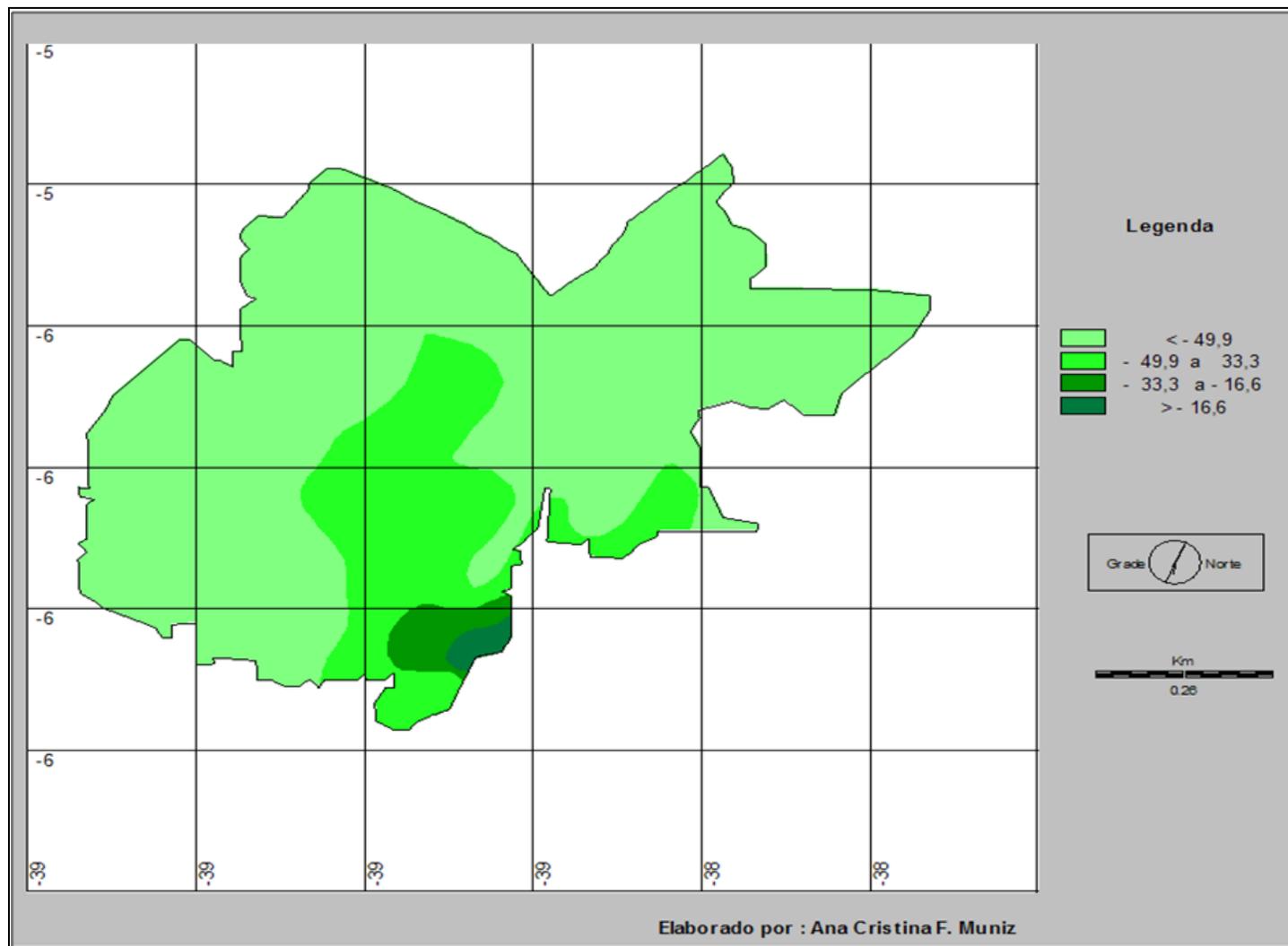


Figura 9 - Im área de estudo. Calculado pelo método de Regressão Múltipla

4.4 Aspectos Pedológicos

A área detém um mosaico de solos muito diversificados com condições de fertilidade e potencialidades limitadas associadas às feições geomorfológicas encontradas na mesma.

Das Associações de solos encontradas na área de estudo, podemos verificar a ocorrência de Pódizólicos Vermelhos Amarelos Eutróficos (Argissolos) encontrados nos Maciços Residuais. São solos que oscilam entre rasos e profundos, com textura média ou areno-argilosa com fertilidade natural que vai de média a alta e moderadamente ou imperfeitamente mal drenados. Esses solos pela associação do relevo fortemente dissecado tendem a erosão diferencial, fato este que não favorece o uso agrícola.

Solos Litólicos Eutróficos (Neossolos Litólicos) Planossolos Solódicos (Planossolos) e Bruno não Cálcicos (Luvisolos). Os Neossolos Litólicos e Afloramentos Rochosos (áreas erodidas) solos rasos e com textura argilosa com fertilidade natural média e bastante suscetível a erosão, afloramentos rochosos e chão pedregoso. São encontrados nas áreas das Depressões Sertanejas e dos maciços Residuais. São revertidos por caatingas e se encontram fortemente degradados devido ao uso agroextrativista e a pecuária extensiva.

Solos Aluviais Eutróficos (Neossolos Flúvicos) ocorrem na Planície Fluvial. São solos profundos, mal drenados, com textura indiscriminada e fertilidade natural muito alta. Esses solos contêm alto teor de sódio e são muitos suscetíveis a erosão (SOUZA, 1989).

Os Cambissolos localizados no mosaico da Chapada do Apodi são solos que variam entre rasos e moderadamente profundos, com textura argilosa, bem drenada e com fertilidade natural alta. Esses solos geralmente são pedregosos e revestidos por caatinga hiperxerofila e suscetíveis a erosão. Figura 10.

A relação das associações de solos contida em Jacomine (1973) encontra-se dispostas na Figura 8. Os mesmos dados com a atual classificação utilizada pela Embrapa (1999) estão dispostos no Anexo B do referido documento.

4. 5 Aspectos Fito-ecológicos

A cobertura vegetal da caatinga ocupa a maior parte do Estado do Ceará, principalmente onde ocorrem à predominância do Clima Semi-árido, como é o caso da área. Esse tipo de vegetação encontra-se adaptado às condições adversas do clima, caracterizado principalmente pelas condições de irregularidades pluviométricas, características essas evidenciadas pela escassez das chuvas, pelas elevadas temperaturas e pelas altas taxas de evapotranspiração.

Nas áreas circunvizinhas ao município de Jaguaribe, os efeitos do desmatamento indiscriminado são mais evidentes. A sucessão ecológica secundária apresenta uma cobertura bastante descaracterizada, predominando espécies de caatinga arbustiva associadas a um tapete herbáceo (SOARES et al,1995).

A Caatinga Caducifoliada apresenta variações fisionômicas, tendo destaque nesse contexto à caatinga arbórea, com árvores de maior porte e a caatinga arbustiva caracterizada por árvores de menor porte. Na área são representadas pelos seguintes tipos: Agricultura Cultura Cíclica (**Acc**), Caatinga Arbórea Aberta sem Palmeiras (**Eas**), Caatinga Arbórea Densa sem Palmeira (**Eds**) e Caatinga Arbórea Densa com Palmeira (**Edp**) e Vegetação de transição como os Ecótono (**EN3**). De acordo com os dados encontrados para a área, apenas o tipo de vegetação **Edp** não se encontra representado em todos os municípios, restringindo-se apenas a Alto Santo, Iracema e Jaguaribara. (RADAMBRASIL, 1981). A vegetação de transição como os Ecótonos (EN3) são representados pela Floresta Estacional Decidual e tem ocorrência apenas nos municípios de Jaguaretama e Jaguaribara. (RADAMBRASIL 1981).
Figura 11. Quadro 5.

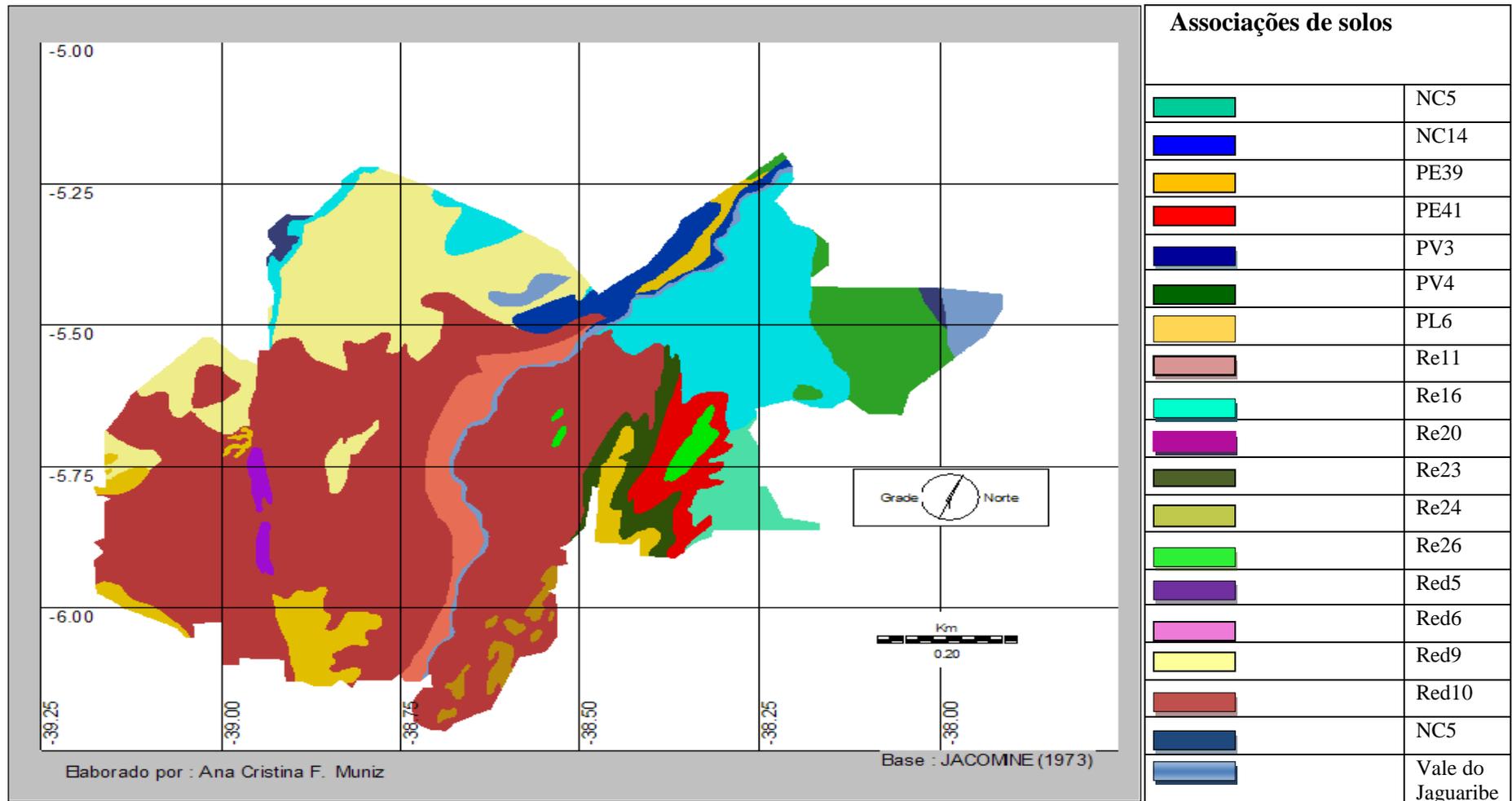


Figura 10 – Associação de solos área de estudo (JACOMINE, 1973)

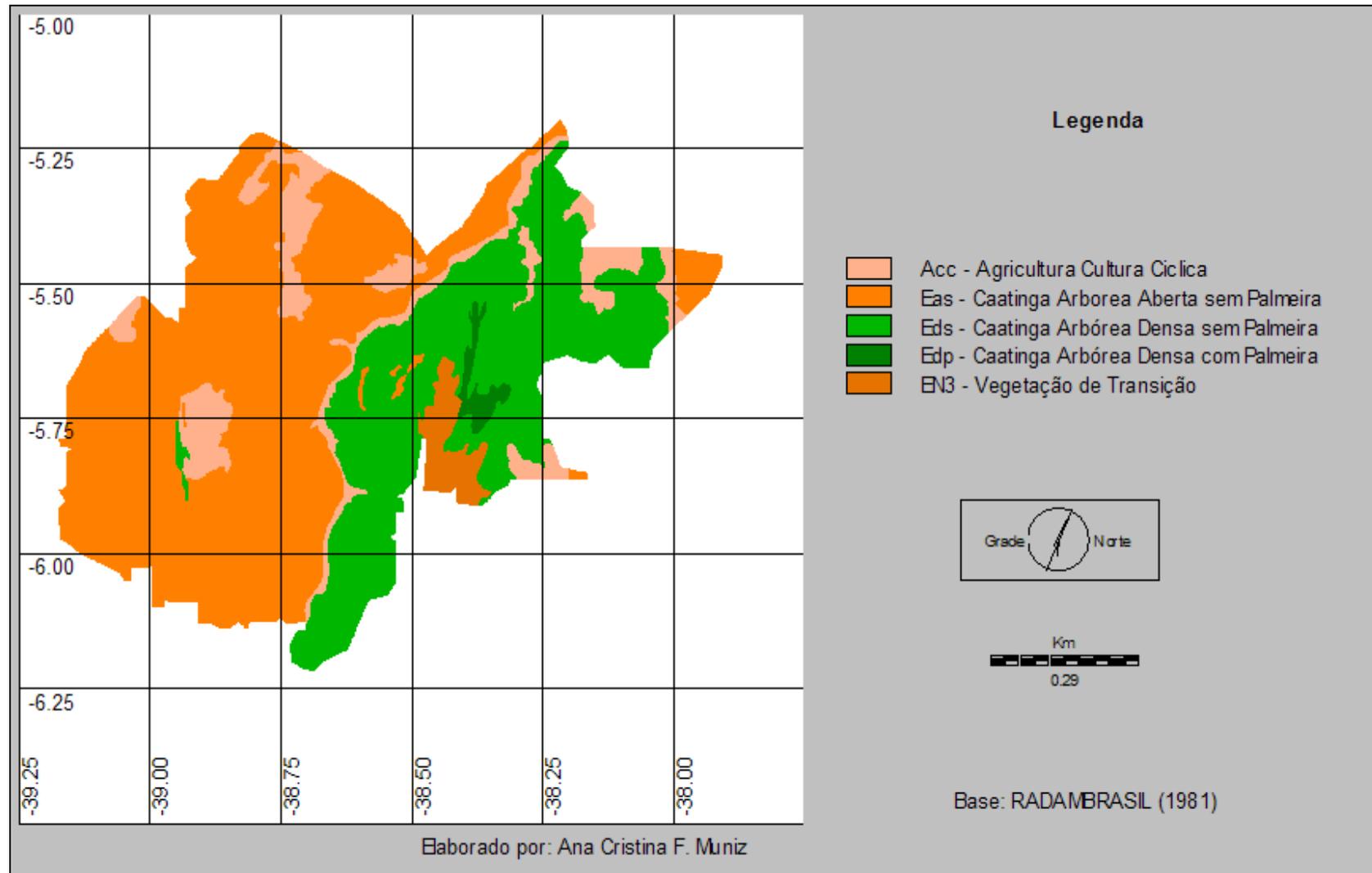


Figura 11 – Vegetação área de estudo (RADAMBRASIL, 1981)

Município	Km ² / Tipo de Vegetação e Ocorrência				
	Acc	Eas	Eds	Edp	EN3
Área total					
Alto Santo	218,85	181,92	839,13	5,73	-
Iracema	57,89	6,94	441,76	63,94	144,39
Jaguaretama	257,60	1.630,48	-	-	-
Jaguaribara	84,86	128,05	447,76	63,94	144,39
Jaguaribe	61,55	1.030,69	683,73	-	-
S. J. Jaguaribe	59,09	82,28	101,93	-	-
Solonópole	195,54	1.392,36	20,54	-	-
Área Total	935,38	4.452,72	2.534,99	90,54	211,09

Quadro 5 – Vegetação área de estudo

Fonte: RADAMBRASIL (1981).

4.6 Aspectos hidrológicos

O padrão de drenagem de drenagem da área é predominantemente dentrítico, no entanto na sua foz e proximidades deste seu padrão é anastomótico. A bacia tem uma forma bastante irregular, apresentando-se no médio curso com uma largura média de 220 km, e no baixo curso de 80 km (IBGE, 1999).

No médio Jaguaribe, o curso do rio tem 171 km de extensão (IBGE, 1999). Situa-se entre o trecho de Orós e a localidade Peixe Gordo, cruzando a BR 116, drenando uma área de 10.509 km². Nesse trecho o nível de ačudagem antes deficiente, comporta maior ačude do Nordeste, o Ačude Castanhão em 2004, que tem capacidade para armazenar 6 bilhões de metros cúbicos de água e abastece várias regiões do Estado, principalmente Fortaleza através do Canal do Trabalhador. Ainda podem ser encontrados nessa área os ačudes Riacho do Sangue e Iracema. As principais Barragens do Médio Jaguaribe encontram-se nos municípios de Jaguaribe, Morada Nova, Solonópole e Jaguaribara, situando-se neste último o Ačude Castanhão. A rede de drenagem é densa e a suavização dos perfis longitudinais favorece a formação de largas faixas de planícies fluviais (SOARES et al,1995).

Do ponto de vista do potencial geoambiental, é nas planícies aluviais que ocorrem menores limitações de uso, sendo que, em geral, estão subordinadas às inundações periódicas, à salinização dos solos e aos problemas de drenagem do solo (SOARES et al, 1995).

No Baixo Jaguaribe a rede de drenagem na margem direita é mal definida não se destacando nenhum curso d' água, já margem esquerda encontramos o rio Palhano. Na localidade de Peixe Gordo, na BR – 116 e nas proximidades da cidade de Limoeiro do Norte, o Jaguaribe recebe seu principal afluente, que é o rio Banabuiú, responsável pelas grandes enchentes no baixo Jaguaribe. (IBGE, 1999). Nesse trecho do Vale, as planícies aluviais são largas e chegam a atingir sua maior expressão às margens do rio Jaguaribe. Este é o setor, de maior potencial hídrico e de fertilidade natural. Nestas planícies, os problemas de limitações, se encontram ligados a salinização e às inundações que são verificadas em anos de maior volume de chuva. O nível de aqüedagem é baixíssimo nesse trecho, destacando-se apenas dois açudes: o de Pombas e de Russas.

As sub-bacias do médio e baixo Jaguaribe são importantes no que tange a economia local como também aos aspectos ambientais para o vale do Jaguaribe e Estado do Ceará. Essa área abrange grandes perímetros de irrigação (Jaguaribe/Apodi – Santo Antonio de Russas e Jaguaruana) e por o estarem entre os maiores pólos estaduais de criação de camarão além, de derivarem daí o abastecimento urbano e industrial de todo o vale do Jaguaribe e Região Metropolitana de Fortaleza, através do Canal do Trabalhador.

4.7 Aspectos históricos

Outrora o Vale do Jaguaribe foi um importante pólo dinamizador da economia nordestina e contribui de forma decisiva para o fortalecimento do desenvolvimento das atividades econômicas no Estado do Ceará. Nessa área, o rio regulava o esquema das concessões de sesmarias, definindo, localizando e distribuindo as terras.

No começo do século XVIII o Vale do rio Jaguaribe começava a ser povoado. Já no final desse século, grande parte do território cearense já se encontrava ocupado pelos colonizadores através da concessão de sesmarias como destaca Guerra (2009) apud Pinheiro (1999) “*a ocupação da capitania do Ceará, deu-se do litoral para o interior e que a área*

mais importante de penetração foi através do Vale do Jaguaribe, por ser a principal porta de entrada dos sesmeiros que vinham do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco”p.66.

Nesse contexto, a pecuária (gado) e a cotonicultura (algodão) foram dois processos que se tornaram referência para a formação territorial do Vale do Jaguaribe. Foi com a pecuária que surgiu as primeiras vilas e logo depois os municípios, locais estes influenciados na sua formação com a agricultura por meio da produção do algodão. A pecuária, ligada a agricultura, foi decisiva para a ocupação do Vale. (GUERRA, 2009). Esse fato pode ser observado na tabela abaixo, que mostra a distribuição das sesmarias ao longo da bacia hidrográfica do Jaguaribe no período de 1678 a 1824, apontando nesse período o papel significativo da pecuária ao longo da Bacia do Jaguaribe.

Atualmente o Vale do Jaguaribe encontra-se sobre novos arranjos produtivos, mas, no entanto não se desvincula da raiz econômica ligada a agricultura de subsistência e a pecuária. No Médio Jaguaribe, tendo destaque na pecuária temos Jaguaribe e Jaguaretama. Já no Baixo Jaguaribe a dinâmica é voltada para a agricultura irrigada, se tendo destaque a produção de frutas e o extrativismo mineral, com cerâmicas e vegetal com a exploração de madeira. (IBGE, 1999).

4.8 Aspectos socioeconômicos

Seguindo a dinâmica da Região Nordeste, a principal atividade econômica reside na agropecuária, com culturas de subsistência de feijão, milho, mandioca e outras atividades agrícolas de caráter secundário. As atividades agropecuárias são caracterizadas com uma predominância de rendimentos na pecuária, como o gado leiteiro no município de Jaguaribe, mas com estabelecimentos que utilizam práticas insignificantes de conservação do solo, sendo que essas atividades encontram-se mais ligadas à pecuária.

A capacidade de suporte encontra-se comprometida com fertilidade dos solos que variam entre alta e média, sendo que os níveis de capacidade de suporte alta, encontram-se nos locais onde as precipitações são maiores e o índice de evapotranspiração é menor. Atividades como a Agropecuária, Mineração, Extrativismo e o relevo favorável ao uso agropecuário e assentamentos humanos constituem-se em potencialidades da área.

Atualmente seguindo a dinâmica desse contexto, na pecuária extensiva é destaque a criação de bovinos, suínos, ovinos, caprinos, asininos e eqüinos. O extrativismo vegetal é

praticado para a obtenção de carvão vegetal, se tendo destaque para o município de Jaguaretama com a extração de madeira para lenha e para a construção de cercas das unidades latifundiárias existentes. A área em estudo encontra-se sob influência da perenização dos rios através da política de açudagem proposta e implementada para o Estado na década de 1980, como estratégia do Governo para a prática da agricultura irrigada. Esse processo se tornou mais evidente a partir da construção do açude Castanhão, alvo de grande polemica devido aos possíveis impactos sócio-ambientais que por ventura poderiam ser causados em virtude de seu porte e localização. Um dos maiores impactos ambientais discutidos na construção desse açude foi a sua proporção.

Com relação ao lado socioeconômico, muito se cogitou na época sobre as verbas que poderiam ser desviadas da obra. Porém, uma das questões mais discutidas foi a respeito da cidade de Jaguaribara que desapareceu completamente, dando lugar a Barragem do Castanhão, fato este, que modificou completamente a dinâmica de ocupação do novo local escolhido para sede do novo município. Figura 12.



Figura 12 - Nova Jaguaribara. (MUNIZ, 2007)

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 Adaptações da fórmula descritiva para a área de estudo

A metodologia encontra-se embasada teoricamente em trabalhos desenvolvidos pelo Centro Interamericanos de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT) com sede na Venezuela. Para tanto se optou por realizar algumas adaptações na determinação dos parâmetros propostos na fórmula descritiva genérica, assim como os respectivos índices utilizados. A substituição de alguns parâmetros foi em virtude da adequação à área de estudo conforme indicado no Quadro 6.

Metodologia Proposta por Beltrame (1994)	Adaptações Realizadas
Erosividade da Chuva (E) por meio da equação Wischemeier & Smith (1978)	Fator Erosividade (E) com resultados estimados pelo método de Bertoni & Lombardi Neto (1999).
Potencial Erosivo do solo (PE), por associação da suscetibilidade da textura do solo à erosão e declividade.	Fator Erodibilidade do solo (K), resultados estimados pelo método de ROMKENS (1997)
Componente Topográfico por meio da equação de Wischemeier & Smith (1978)	Classes de relevo estimado pelo método de Bertoni & Lombardi Neto (1999).
Balanço Hídrico (BH), obtido pelo método de Thornthwaite e Matter (1948)	Índice Climático (IC), obtido pela análise dos fatores climáticos (Im e Ms) fundamentado em Thornthwaite (1948, 1955, 1957)
Cobertura Vegetal Atual (CA), por meio de imagens LANDSAT TM -5.	Índice de cobertura vegetal (ICV) por meio do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) com o processamento de imagens LANDSAT TM-5 do ano de 2007.

Quadro 6 – Adaptação metodológica para área de estudo

Com relação a essas adaptações, cabe observar a substituição dos parâmetros Cobertura Vegetal Original (CO) e Atual (CA) pelos parâmetros índice de Cobertura Vegetal Inicial (ICVI) e Índice de Cobertura Vegetal Final (ICVF) para a obtenção da quantidade e

vigor da vegetação presente indicada na área por meio do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

NDVI consiste na obtenção da quantidade e vigor da vegetação indicada em determinada área e é utilizado para a construção de perfis e temperaturas das atividades da vegetação. Permite a comparação interanual desses perfis. Trata-se de um índice amplamente utilizado nos dias de hoje e tem sido explorado em diferentes abordagens como: estudos de culturas agrícolas, florestais e climáticas. O trabalho com NDVI requer a utilização de imagens de satélite com características espectrais particulares na faixa do vermelho e infravermelho próximo. Isso possibilita a visualização do nível de densidade da vegetação, as representações dos índices fornecidos pelo NDVI refletem no grau de proteção do solo dado por um determinado padrão de vegetação. (PORSONI, 2007). Para computação do NDVI cujo objetivo, foi estimar grau de degradação da cobertura vegetal na área de pesquisa, foram empregadas imagens do sensor do Satélite LANDSAT-5, com utilização de programa do SIG IDRISI 3.22 (EASTMAN, 2001).

5.2 Avaliação do Índice de Suscetibilidade à Degradação

- **Índice Climático (IC)**

O método mais apropriado e essencial para se estabelecer o parâmetro Índice Climático (IC) da área foi através da relação entre o índice efetivo de umidade (I_m) e o número de meses secos (MS).

Com a computação do balanço hídrico da área, obtivemos o índice Climático, cuja função foi estipular a severidade do clima na equação que, define o risco de degradação física da área de estudo. Dessa forma, para determinar o IC dos municípios estudados, efetuou-se inicialmente o traçado de isolinhas com valores de I_m e M_s , plotado no mapa da área com o uso de técnicas cartográficas.

Para se identificar as zonas climáticas da UNEP (1991) da área de pesquisa primeiramente foram coletados os dados de precipitação dos quais foram utilizadas informações dos dados pluviométricos da área, coletadas em SUDENE (1991) num período de 1920 a 1970 e 1935 a 1985 para 23 postos pluviométricos da área e em seu entorno. As

falhas existentes nesse posto foram corrigidas através do método de ponderação regional, (TUCCI, 1993) com a retificação dos dados incompletos.

Segundo Sales (2003) a precipitação pluviométrica não só assume papel central como reguladoras dos sistemas climáticos, mas atua como um dos principais fatores limitantes destes sistemas.

Os valores dos índices de aridez foram analisados através da computação dos postos pluviométricos para área em um mapa com escala de 1: 500.000 de acordo com as respectivas coordenadas geográficas para cada posto.

A variação no clima em conjunto com a instabilidade das precipitações, favoreceu as variações existentes no índice Efetivo de Umidade (IM) de cada município estudado. Constatamos que o menor valor médio encontrado foi de -66,6 para o posto de Coroatá e o maior -42.2 para o posto de Feiticeiro. Os Climas delimitados: Semi-Árido e Sub-Úmido Seco.

Com os dados de precipitações e temperaturas médias mensais se estimou a Evapotranspiração Potencial através do uso das equações de regressão múltipla que foi proposta para os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, proposto por Cavalcanti & Silva (1994) e, pode ser visualizado na equação abaixo:

$$Y = a^0 + ax^1 + bx^2 + cx^2 + a^1x^2^1 + b^1x^2^2 + c^1x^2^3 + a^2x^1x^3 + b^2x^1x^3 + c^2x^2x^3 \quad (1)$$

Onde:

Y é o valor da temperatura;

x^1 é a longitude em graus;

x^2 é a latitude em graus

x^3 é a altitude em metros.

$a^0, a, b, c, a^1, b^1, c^1, a^2, b^2, c^2$, são parâmetros estimados pelo método dos mínimos quadrados.

O cálculo foi realizado através do programa computacional desenvolvido por Oliveira & Sales (1995), cuja utilização é feita para o cálculo do Balanço Hídrico seqüencial levando em conta as instruções para a avaliação da Evapotranspiração Potencial (THORNTHWAITE & MATHER, 1957).

A ETP foi calculada com base na equação de Sellers (1965) :

$$(ETP_0)M = 16(10Tm/I) a \quad (2)$$

Onde:

(ETP₀) é a evapotranspiração potencial não ajustada para o mês m, em mm/mês,

T_m é a temperatura média mensal do mês m, em graus Celsius,

I é o índice anual de calor por:

$$I_m = (T_m/5) 1,514 \quad (3)$$

e

$$a = 90,6751^3 - 77,11^2 + 17,9201 + 492,390) 106 \quad (4)$$

Os ajustes desta equação foram realizados pela multiplicação dos valores de evapotranspiração potencial não ajustada por fatores de correção (FC_m), computados a partir da equação de regressão deduzida para cada mês, pela latitude (X) em conjunto com o hemisfério onde se localizada a área em estudo. As equações utilizadas para o cálculo dos fatores de correção foram baseadas nas tabelas para o cálculo da evapotranspiração potencial total de Thornthwaite & Mather (1957), obtidos pela equação:

Hemisfério Sul

$$FC \text{ Jan} = 30,6652 + 0,187276 X$$

$$FC \text{ Fev} = 28,0063 + 0,99745 X$$

$$FC \text{ Mar} = 31,1305 + 0,022074 X$$

$$\begin{aligned}
 \text{FC Abr} &= 30,3722 - 0,64534 X \\
 \text{FC Mai} &= 31,6531 - 0,148163 X \\
 \text{FC Jun} &= 30,9025 - 0,019186664 X \\
 \text{FC Jul} &= 31,7352 - 0,168679 X \\
 \text{FC Ago} &= 31,4070 - 0,092280 X \\
 \text{FC Set} &= 30,1362 - 6,62443E03 X \\
 \text{FC Out} &= 30,8618 + 9,000001E02 X \\
 \text{FC Nov} &= 29,7407 + 0,160724 X \\
 \text{FC Dez} &= 30,6189 + 0,205674 X
 \end{aligned}$$

As fórmulas são utilizadas para valores de latitude X entre zero e 50°, pois para as latitudes acima desse valor, recomenda-se usar o valor de -50° para X.

A estimativa do Índice de Aridez para os 23 postos utilizados na área foi computada através da razão entre os valores de Precipitação Total Anual e Evapotranspiração potencial (P/ETP), calculado segundo THORNTHWAITE (1948).

$$IA = P / ETP \quad (5)$$

Onde:

P é a precipitação média anual, em mm,

ETP é a evapotranspiração potencial anual, em mm.

Através do *software* CARTALINX, as isolinhas foram vetorizadas e exportadas para o IDRISI 32, onde os arquivos foram convertidos em imagens *rasters*. Por meio da manipulação do GIS ANALYSIS – IDRISI 32, efetuou-se a sobreposição dessas imagens com base na álgebra dos mapas. Sendo assim, o resultado da sobreposição dos mapas de Im e Ms foi o mapa definido como “índice de severidade do clima”. Figura 13.

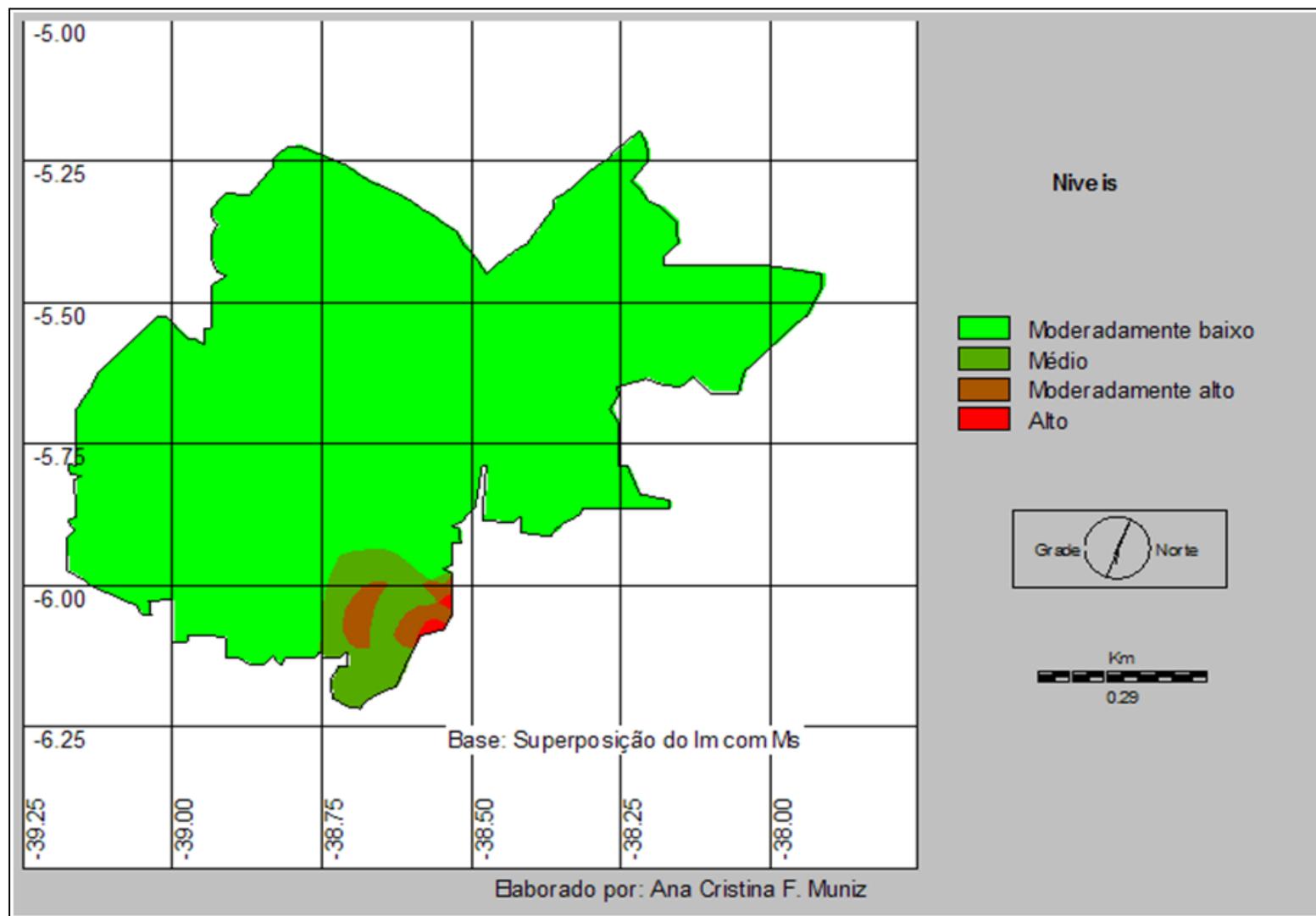


Figura 13 – Índice de Severidade do clima

- **Erosividade (R)**

A Erosividade (R) é a capacidade potencial que a chuva tem de causar erosão e ocorre em função das características físicas da chuva, que afetam a energia cinética fazendo com que ela promova a desagregação e o transporte das partículas do solo (CARVALHO, 1992).

De acordo com Renard et al (1997) o fator (R) erosividade da chuva, foi proposto por Wischmeier & Smith (1958) e, dentre os métodos existentes para determiná-la, destaca-se o índice E_{30} de Wischmeier & Smith (1959) baseado na intensidade da chuva com 30 minutos de duração. (LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1992; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Segundo Wischmeier e Smith (1978), a perda de terra é diretamente proporcional a um parâmetro da chuva identificado como EI_{30} , que é o produto de duas características da chuva: a sua energia cinética e sua intensidade máxima em 30 minutos. Este parâmetro é expresso pela equação abaixo (Sistema Internacional):

$$EI_{30} = (0,119 + 0,073 \log_{10} I) I_{30} \quad (6)$$

Vários foram os autores que estudaram a erosividade das chuvas: FOURNIER (1956), WISCHMEIER (1976), LOMBARDE NETO (1977), SILVA (2000).

Wischmeier (1976) propõe séries superiores há 20 anos, no sentido de incluir variações cíclicas comuns aos parâmetros climáticos, as quais se refletem na grande variabilidade e de sua erosividade.

Lombardi Neto (1977) foi o primeiro pesquisador no Brasil a estudar a correlação entre o índice de erosividade EI_{30} médio mensal, calculando em registros pluviográficos, e as precipitações mensais e anuais de Campinas (SP), num período de 22 anos de observações. Modificando o coeficiente de chuva ($P^2 P^1$), em que p é a precipitação média mensal no mês mais úmido do ano e P , a precipitação média anual, proposto por Fournier (1960). Esse autor determinou um coeficiente de correlação igual a 0,99 na equação $EI_{30} = 6,872 (p^2 P^{-1})^{0,850}$.

Silva (2000) utilizou para Fortaleza os valores das precipitações mensais e anuais do período de 1962 a 1981 e fez uso da equação proposta por Lombardi Neto em 1977, para calcular o coeficiente de chuva do município de Fortaleza.

Para a determinação do fator R na área, foram utilizados dados de 22 postos pluviométricos da SUDENE (1990) localizados dentro e no entorno da área, utilizando dados do período de 1920 a 1970, optando pela correção de alguns postos, quando não se tinha dados suficientes para compor a seqüência de precipitações mensais e anuais.

Através do método da triangulação com o traçado de isolinhas foram estabelecidos valores com intervalos de classes de igual amplitude considerando-se o valor mínimo e máximo para a Erosividade da Chuva (R) de cada posto.

Melo (2008) adaptado de Noletto (2005) para estimar a erosividade da chuva (R) para a Microbacia do riacho dos Cavalos Crateús- CE considerou para calcular o índice de erosividade, a equação proposta por Lombardi Neto & Moldenhauer (1980) in Bertoni & Lombardi Neto (1990) como melhor opção, devido a este método requerer apenas dados de precipitação média mensal e anual. Essa equação foi utilizada na referida pesquisa e pode ser visualizada abaixo.

$$EI = 67,355 (R^2/P)^{0,85} \quad (7)$$

Onde:

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

R a precipitação média mensal, em mm,

P precipitação média anual, em mm.

Erosividade Anual: somatório das precipitações mensais.

Através da observação das precipitações dos 23 postos pluviométrica contabilizados para a área de estudo, podemos verificar os seguintes resultados: classes de erosividade baixa, 14.4 %; Moderadamente baixo 36.6 %; Média com 27.6%. Há uma predominância de índices superiores nos meses de março e abril, pois são os meses de maior volume de precipitações. O posto de Pereiro merece destaque, pois é o posto com maior índice pluviométrico dos que foram selecionados e se encontra no índice de erosividade moderadamente alta totalizando um percentual de 3% da área. Todos os valores estabelecidos foram plotados na base cartográfica da área em conjunto com a localização dos postos pluviométricos, para os quais foram traçadas isolinhas (linhas que unem pontos de igual valor de erosividade) através da utilização de técnicas de triangulação e interpolação. Foram utilizados os softwares Carta Linz, que

serviu para o georreferenciamento e digitalização das isolinhas, do qual foi gerado um arquivo vetorial e o IDRIZI 32, que gerou um mapa representativo da distribuição espacial da erosividade da chuva na área. Tabela 2. Figura 14.

Tabela 2 – Intervalos de R com respectivas classes e índices utilizados na fórmula descritiva

Intervalos de R (Mj. mm/ há. h.ano)	Classes	Índice da Fórmula Descritiva
$R \leq R \leq 5.000$	Baixo	R1
$5.000 \leq R \leq 5.500$	Moderadamente Baixo	R2
$5.500 \leq R \leq 6.000$	Médio	R3
$6.000 \leq R \leq 6.500$	Moderadamente Médio	R4
$6.500 \leq R \leq 7.000$	Moderadamente Alto	R5
$7.000 \leq R \leq 7.500$	Alto	R6
≥ 7.500	Alto	R7

Elaborada pela autora. Fonte: Pesquisa direta, Muniz (2009)

- **Erodibilidade (k)**

A Erodibilidade identifica a suscetibilidade do solo a erosão hídrica em função de suas propriedades relacionadas à capacidade de infiltração e a sua resistência a desagregação e ao transporte pelo impacto da chuva e das enxurradas. Representa o efeito integrado dos processos que regulam a infiltração de água e a resistência do solo à desagregação e transporte de partículas (LAL, 1998). São três maneiras de se determinar a erodibilidade do solo:

1. Envolvendo a determinação do fator K em condições de campo, sob a chuva natural;
2. Quantificação do fator K em razão das perdas de solo e do fator erosividade sob condições de chuva simulada, refletindo esses dois padrões na erodibilidade do solo como é preconizada pela EUPS (WISCHEMEIER & SMITH, 1978);

3. Baseado equações e regressões múltiplas que contenham variáveis independentes atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do solo ou relações destes, com fatores K obtidos pelos métodos padrões.

Aquino (2002) e Noleto (2005) e Melo (2008) utilizaram a equação de Romkens et al (1987) para determina, respectivamente o índice K das Terras Secas do Estado do Piauí; da Microrregião de Sobral e da Micro-bacia do Riacho dos Cavalos em Crateús/ Ceará.

$$K = 7.594 \{ 0,0034 + 0,0405 \exp [- 0,5 (\log (Dg) + 1.659/0,7101)^2] \} \quad (8)$$

Onde,

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

Os autores ao considerar essa equação, fizeram algumas observações relevantes para a sua utilização. Dentre elas estão:

1. A exigência de um pequeno número de variáveis para seu emprego;
2. A facilidade de aquisição dos dados prontamente encontrados nos levantamentos dos solos;
3. Os resultados de Silva (1994) que considerou para os solos do estado do Ceará, o método K mais adequado.

Neste trabalho foi utilizado o mapa da associação de solos elaborado por Jacomine (1973) para o estado do Ceará. Para a determinação dos valores de erodibilidade baseado na Equação de Romkens et e al (1987). Anexo

Para a determinação dos índices de erodibilidade (K) na área, foram estabelecidos três intervalos de classes de igual amplitude, do qual foram considerados os valores mínimos e máximos de (K), atribuindo a cada intervalo a ponderação e denominação de classes. Fazendo a relação dos valores de K das 19 associações e seus respectivos índices. Os resultados foram estimados pelo método de ROMKENS (1997). Tabela 4. Figura 15.

Tabela 3 – Erodibilidade das associações de solos área de estudo.

Intervalos de K	Classes de Erodibilidade	Índice	Ocorrência
≤ 0.05853	Baixa	K ¹	52,8
$0.05853 \leq 0.10242$	Média	K ²	46,6
$0.10242 \leq 0.14630$	Alta	K ³	0,6

Elaborada pela autora.

Estimado pelo método de ROMKENS (1987).

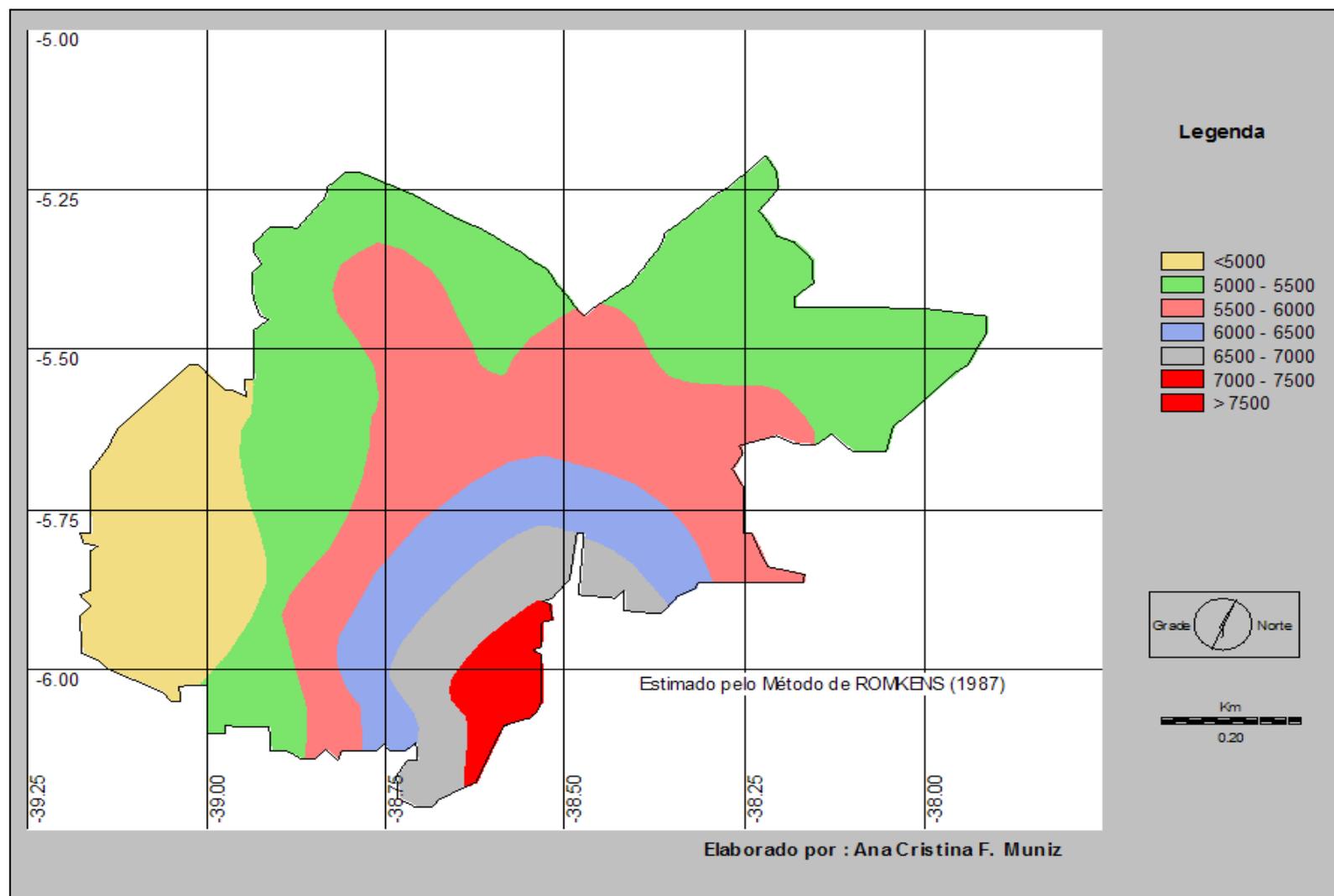


Figura 14 - Erosividade área de estudo. Estimado pelo método de ROMKENS (1987)

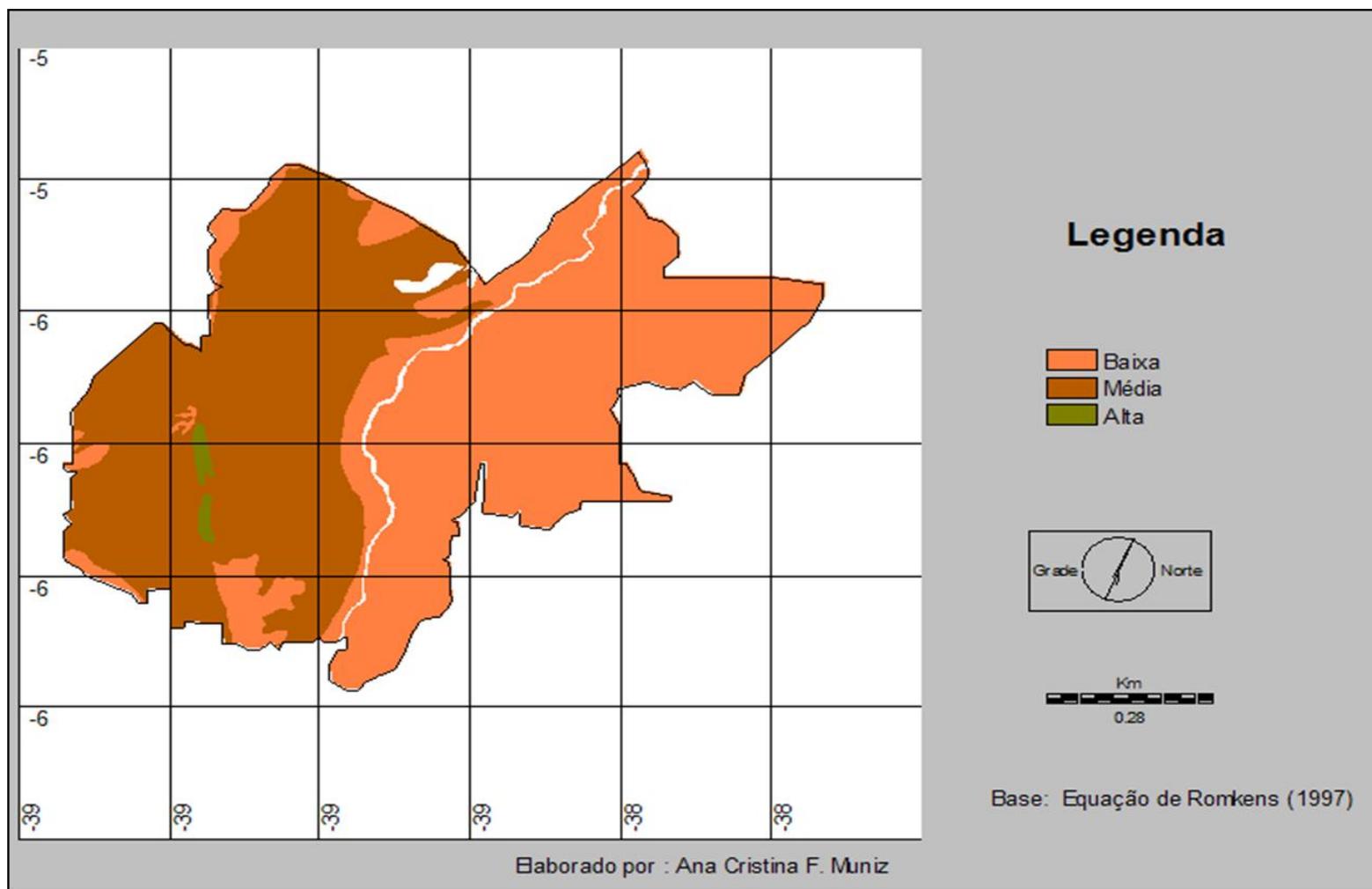


Figura 15 – Erodibilidade área de estudo. Estimado pelo método de ROMKENS (1987)

- **Classes de Relevô (CR)**

Os resultados para as Classes de Relevô foram estimados através do método desenvolvidos por Lepsh et al (1991).

Para se verificar a hipsometria da área e determinar o padrão de declividade, utilizamos o *software* IDRISI 32, no qual foi gerado um mapa de classes de relevô a partir do Modelo Digital da Área de estudo. Esse mapa foi reclassificado através do utilitário *Reclass* e foram atribuídos a cada classe de relevô os intervalos de declividade correspondente.

Foi calculada com o IDRISI 32, a ocorrência em percentuais de cada tipo de relevô e o resultado foi o seguinte: Suave Ondulado (51%, 415,5 km²), Plano (21,3%, 173, 8km²); Ondulado (21,1 %,172, 4 km²);Muito Ondulado, Forte Ondulado, Montanhoso e Escarpado, foram observados com uma predominância bem menor na área. Tabela 4. Figura 16.

Tabela 4 – Classes de relevô com declividades correspondentes

Classe de Declividade (%)	Tipo de Relevô	Valor Numérico na Fórmula Descritiva
< 2	Plano	1
2 a 5	Suave Ondulado	2
5 a 10	Ondulado	3
10 a 15	Muito Ondulado	4
15 a 45	Forte Ondulado	5
45 a 70	Montanhoso	6
> 70	Escarpado	7

Fonte: Adaptado de Lemos e Santos (1984) e Lepsh et al (1991)

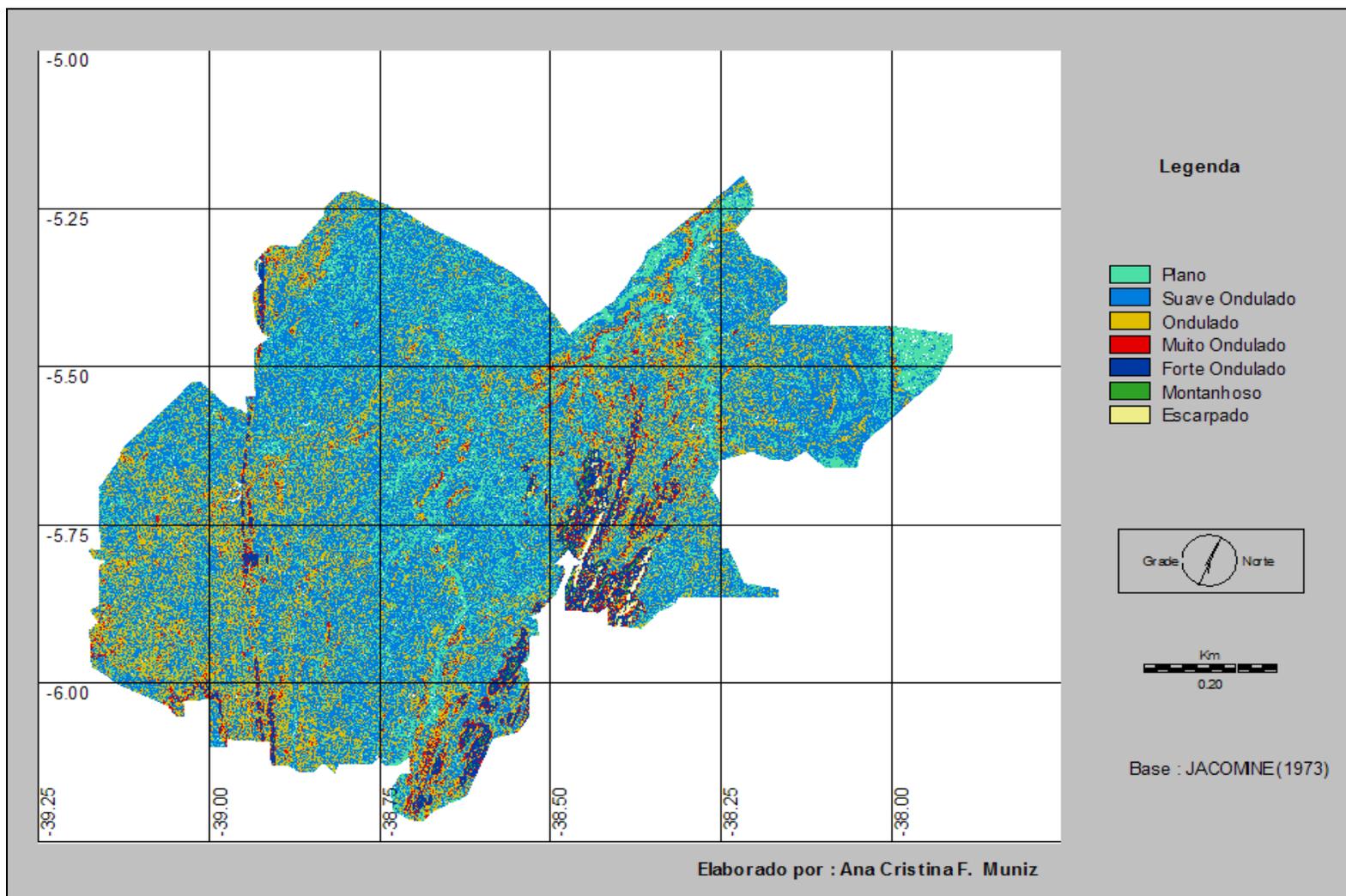


Figura 16 – Classes de relevo área de estudo. Estimado pelo método de Lepsh et al (1991)

- **Índice de Cobertura Vegetal (ICV)**

De acordo com Beltrame (1994) cobertura vegetal e sua distribuição no espaço são fortemente influenciadas por um conjunto de fatores ambientais que incluem condições climáticas, topográficas, solos e suas propriedades, tornando-se um indicador importante das condições ambientais que predomina em determinada região (BELTRAME 1994).

A vegetação tem uma assinatura espectral específica, quando comparada com a grande maioria dos alvos terrestres, assim, vários estudos relacionados à sua identificação e mapeamento tem se baseado nesse aspecto entre a combinação da refletância da vegetação por diferença normalizada (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI). GURGEL, FERREIRA E LUIZ (2001).

O NDVI tem sido largamente utilizado na agricultura, bem como no monitoramento de desmatamentos, queimadas e a variação na dinâmica da cobertura vegetal. Segundo Moreira (2003) é encontrado mais de cinquenta índices de vegetação, sendo que quase todos são obtidos de medidas de refletância espectrais do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. O seu valor é adimensional e varia no intervalo (-1, +1), cuja variação é refletida na condição da vegetação. Valores próximos a 1 indicam vegetação em ótima condição e valores menores indicam a presença de alguma anomalia à condição natural da vegetação. (SILVA et al 2006).

Rouse et al. (1973) ao propor os valores de -1 e +1, colocaram que, para os alvos terrestres o limite inferior torna-se aproximadamente zero (0) e o limite superior 0,80. Esses valores são realizados através da equação:

$$\text{NDVI} = (\rho_{\text{IVP}} - \rho_{\text{V}}) / (\rho_{\text{IVP}} + \rho_{\text{V}}) \quad (9)$$

Onde:

ρ_{IVP} : FRB no infravermelho próximo;

ρ_{V} : FRB no vermelho

Como ferramenta para o monitoramento da vegetação, o NDVI é usado para a construção de perfis sazonal e temporal das atividades da vegetação, permitindo com isso, comparações inter-anuais desses perfis. (PONZONI & SHIMABUCURU, 2007).

- **Índice de Cobertura Vegetal para a área em estudo**

As imagens foram escolhidas de acordo com as precauções estabelecidas quanto ao critério de trabalho com relação à passagem de imagens de satélites. Esses critérios são necessários devido ao padrão de mudanças ocorridos com a vegetação nos intervalos dos anos a serem analisados. Com base nisso, foram utilizadas na presente pesquisa imagens que correspondessem ao final da estação chuvosa no Estado do Ceará Consideraram-se os anos de 1986/89 e 2007 e as bandas 3 e 4 do satélite LANDSAT 5 MSS (Multi-Spectral Scanner Imagens) órbitas 216 e 217, pontos 063 e 064, datada de 25/09/86, 09/08/89 e 18/08/2007. Ambas apresentam valores próximos de refletância nos comprimentos de onda do vermelho e infravermelho. Nóbrega (2005) diz que quanto mais bandas espectrais dispuserem um sensor para a análise da cobertura vegetal, mais afirmações ele fornecerá.

Através do utilitário *Vegindex* do *software* IDRISI 32 Calculou-se o NDVI com o processamento das imagens já citadas. A imagem que foi gerada pelo NDVI, apresenta variações de (-1) até (+1) onde, as superfícies sem a proteção da cobertura vegetal, como solos expostos, áreas agricultáveis ou zonas urbanas apresentam valores aproximados a (-1) e, as áreas com cobertura vegetal densa, como florestas de grande porte apresentam valores (+1). É nessa perspectiva que os valores de NDVI entre (-1) e (+1) são colocados como a transição entre não florestais e florestais (EASTMAN, 2001).

Para a análise do ICV da área, foram utilizadas imagens que correspondessem ao final da estação chuvosa no Estado do Ceará, consideraram os anos de 1986/89 e 2007, com as bandas 3 e 4 do satélite LANDSAT 5 MSS (Multi-Spectral Scanner Imagens) , órbitas 216 e 217, pontos 063 e 064, datadas de 25/09/86, 09/08/89 e 18/08/2007. Através do utilitário *Vegindex* do *software* IDRISI 32. As imagens foram convertidas em NDVI, da qual se obteve os seguintes resultados: Para os períodos analisados referentes ao ICV¹ pode se verificar que entre os períodos de 1986/89 e 2007 aumentou. Isso se refletiu também em relação ao ISGAD de todos os municípios que diminuiu em relação ao 1986/89, porém, em relação ao ISGND, estes índices revelaram o aumento considerável da degradação antrópica na área. Tabela 5 e Figuras 17 e 18.

Tabela 5 – índices de ICV¹ E ICV² / ISGND² E ISGAD³

Local / Município	Área Km ²	ICV ¹		ISGND ²	ISGAD ³	
		Anos de 8689	Ano de 2007		Anos de 8689	Ano de 2007
Área Total	8.228,9	1,78	20,78	29,34	39,21	38,92
Alto Santo	1.245,6	1,73	22,98	12,41	28,81	24,75
Iracema	715,4	0,68	22,10	16,68	32,46	21,97
Jaguaretama	1.888,1	1,20	18,58	17,58	33,9	29,78
Jaguribara	748,4	1,40	20,55	21,47	36,20	32,56
Jaguaribe	1.779,6	3,13	19,70	31,64	44,02	40,95
S J do Jaguaribe	243,3	3,85	24,10	5,19	22,56	18,52
Solonópole	1.608,4	1,08	22,05	14,92	30,96	26,97

Elaborado pelo autor. 1. Índice de Cobertura Vegetal; 2. Índices de Suscetibilidade Geoambiental Natural à Degradação; 3. Índices de Suscetibilidade Geoambiental Antrópica à Degradação.



Figura 17 - Município de Jaguaribe. Set/2007
Fonte: Muniz (2007)



Figura 18 - Município de Jaguaribe.
 Abr/2008
Fonte: Muniz (2008)

Fazendo uma relação entre os números encontrados nas Tabelas 9 e 10, podemos fazer as seguintes observações: com relação às áreas ocupadas com diferentes culturas e rebanhos. Os valores encontrados nos primeiros níveis de NDVI (> 0 a $0,2$) se deve a diminuição significativa da cultura do algodão na área. Dados do IBGE 1995/96 e 2005 mostram que dos sete municípios estudados, apenas Solonópole cultiva em pequena escala essa cultura. Na segunda de NDVI ($0,2$ a $0,6$) pode ser justificado com o crescimento sustentado de áreas cultivadas com culturas tradicionais, e extensivas como milho e mamona e declínio do feijão e do algodão herbáceo e arroz de cerqueiro principalmente após 2004 com o final da construção do açude Castanhão e as políticas de gerenciamento das secas pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) e pela Secretaria de Recursos Hídricos (SRH). O comportamento na terceira faixa de NDVI ($0,6$ a $1,0$) pode ser atribuído ao aumento dos rebanhos. Tabelas 6 e 7. Figuras 19 e 20.

Tabela 6 – Faixa de NDVI área.

Faixa de NDVI	Níveis	Área (km²) 1986/89	Área (km²) 2007
0,8 a 1,0 (Alto)	5	7	1
0,6 a 0,8 (Medianamente Alta)	4	52	23
0,4 a 0,6 (Moderadamente Baixo)	3	59	280
0,2 a 0,4 (Baixo)	2	257	5625
> 0 a $0,2$ (Muito Baixo)	1	7452	1604

Fonte: Base de reclassificação NDVI

Esses dados mostram uma realidade vivida em função da implementação das políticas governamentais de sustentação das atividades rurais no estado, de apoio a produção e a articulação com a produção voltada para o mercado externo, assim, como também na pecuária com o aumento significativo do número de rebanho na área de pesquisa. No entanto, com a pecuária extensiva, o aumento do desmatamento da caatinga arbórea é auxiliado pela substituição do extrato herbáceo para a forragem necessária ao rebanho. São destaques nesse ramo agropecuário os municípios de Jaguaribe e Jaguaratama (IBGE, 2007). As Figuras 20 e 21 mostram os valores obtidos na faixa de NDVI referente aos municípios estudados.

Ocorrência / Municípios / Área									
Culturas e Rebanhos	Anos	Alto Santo	Iracema	Jaguaretama	Jaguaribara	Jaguaribe	S. J. do Jaguaribe	Solonopole	Total Área
Algodão Arbóreo*	1985	12	0	7	35	200	0	1058	1312
	2003	0	0	0	0	0	0	4	4
Algodão Hebráceo*	1985	698	1203	1123	283	1231	195	2341	7074
	2003	1380	816	515	194	375	84	192	3556
Feijão*	1985	1028	1152	723	397	921	612	1065	5898
	2003	1010	720	4000	805	1990	474	1212	10211
Milho*	1985	665	2142	760	240	1467	142	5185	10601
	2003	216	1600	7526	542	1881	216	3200	17184
Bovino**	1985	887	26495	41003	19623	52896	7120	46721	194745
	2003	29188	19411	51771	14007	48414	9025	26200	198016
Caprinos**	1985	7941	8667	16067	5367	10247	3951	13998	66238
	2003	9034	2513	18585	3277	13778	3679	8000	58866
Ovinos**	1985	12991	18844	43507	15543	30977	6369	40274	168505
	2003	15171	7170	64232	12344	42794	6171	28600	176482

Tabela 7 – Relação NDVI/ produção de culturas e número de rebanhos por municípios 1985/2007. **Fonte:** Censo agropecuário IBGE (1985), Anuário estatístico IPECE (2003)

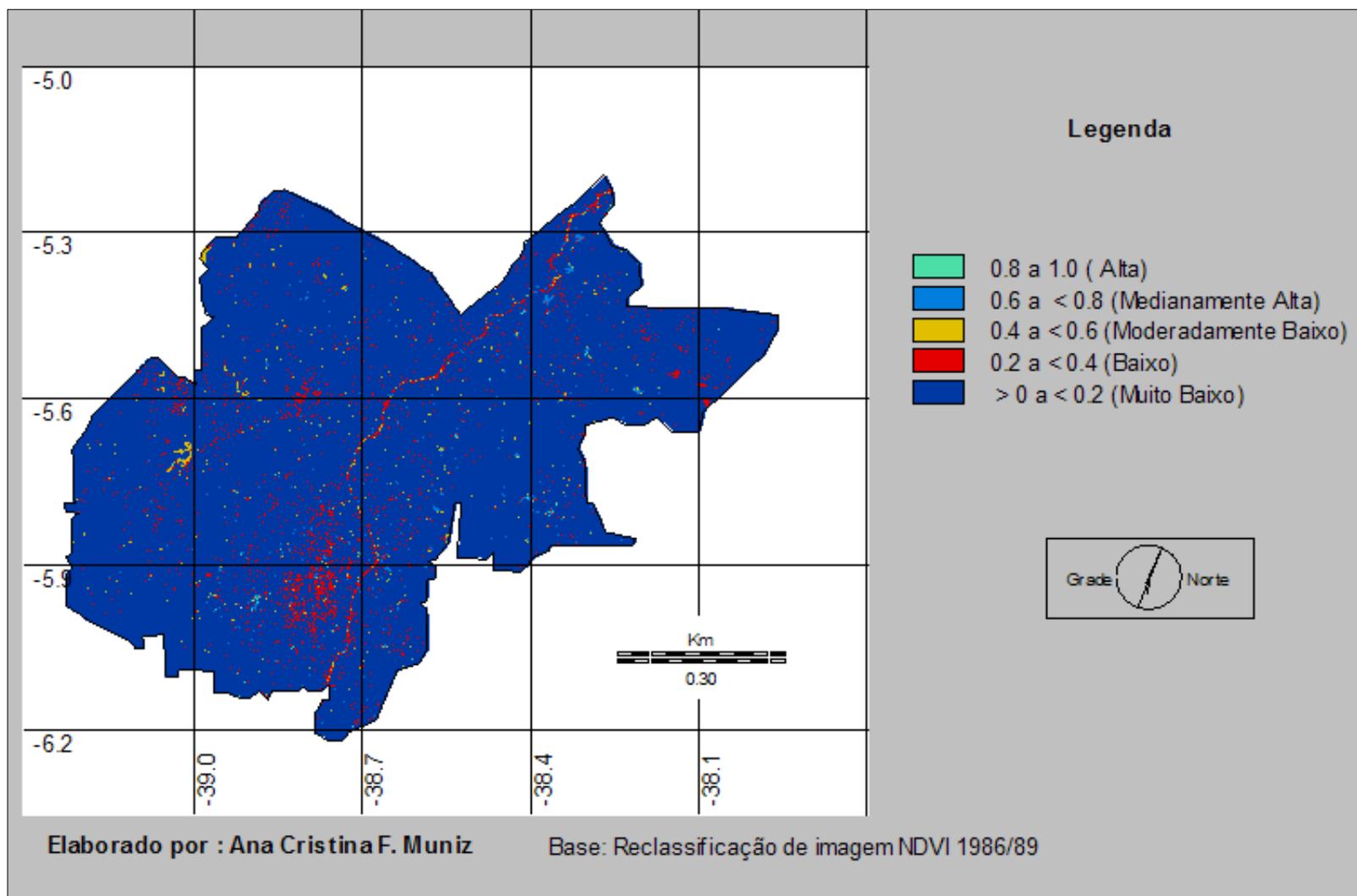


Figura 19 - Faixa de NDV 1986/1989.

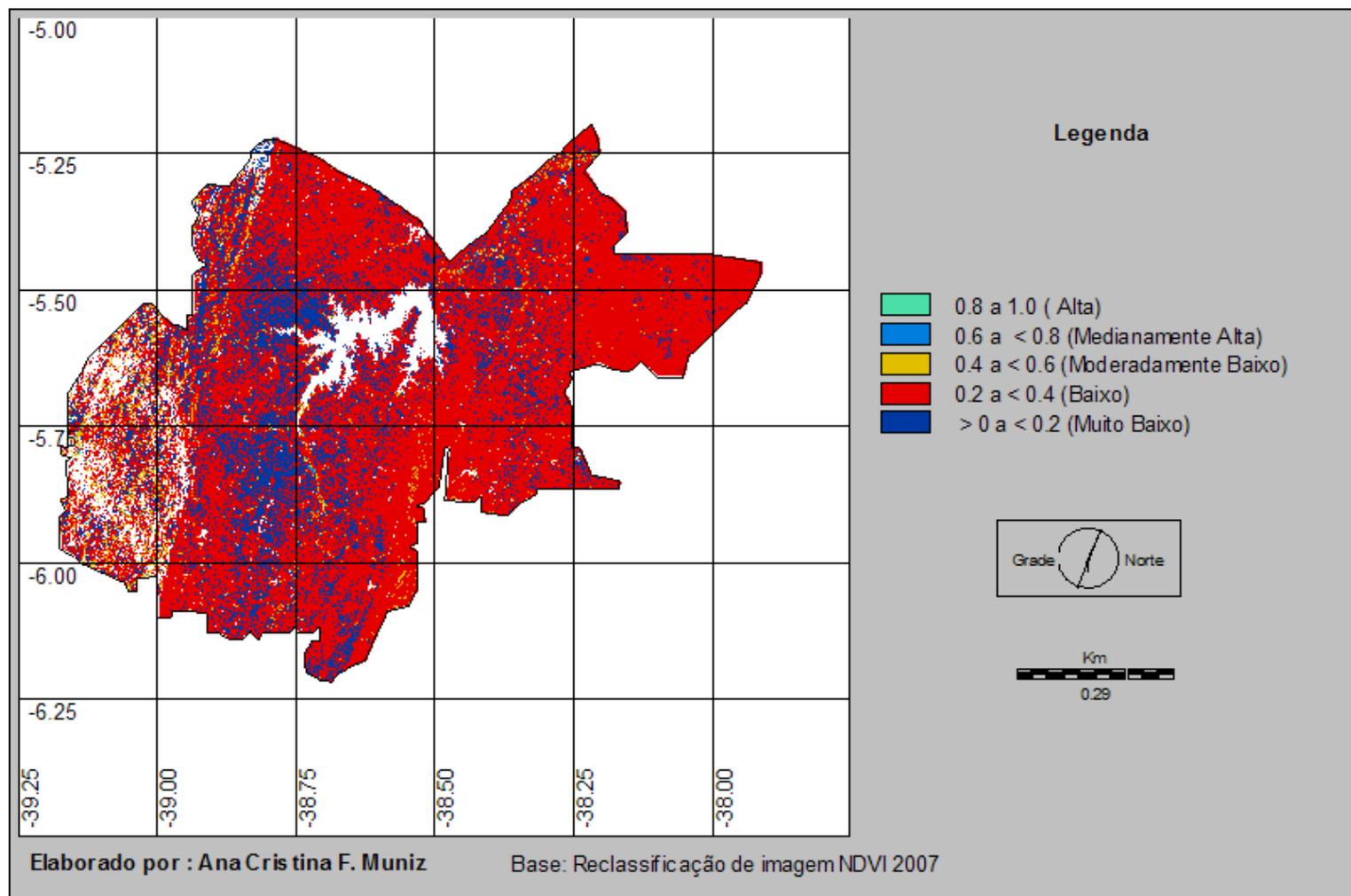


Figura 20 – Faixa de NDVI 2007.

6. RESULTADOS

6.1 Avaliação do índice de Suscetibilidade Geoambiental Natural à Degradação (ISGND) e do Índice de Suscetibilidade Geoambiental Antrópico à Degradação (ISGAD)

Conforme a United Nations Environmental Program – UNEP (1999), a degradação do meio ambiente implica redução de potencial da disponibilidade de ativos produtivos por uma combinação de processos que atuam sobre os recursos naturais. Estes processos incluem principalmente a erosão, provocada pela água ou pelo vento e a redução em longo prazo da diversidade biológica da vegetação e da fauna natural, assim como a salinização e sodificação dos solos. (UNEP, 1999).

No presente estudo foi utilizado o termo “Degradação” para se fazer uma análise das condições ambientais da área de estudo. Para tanto, fez-se uso de parâmetros cujo objetivo foi avaliar o Índice de Suscetibilidade Geoambiental à Degradação (ISGD), indicados sob dois aspectos: 1 - Índice de Suscetibilidade Geoambiental Natural à Degradação (ISGND) expressa pela seguinte combinação:

$$\text{ISGND} = \text{IC} + \text{K} + \text{R} + \text{CR} \quad (10)$$

Onde:

IC = Índice Climático, obtido como produto entre o Índice Efetivo de Umidade (I_m) e o total de Meses Secos computados no Balanço Hídrico.

K = Erodibilidade do solo,

R = Erosividade da Chuva,

CR = Classes de Relevô.

b) Índice de Suscetibilidade Geoambiental antrópica à Degradação (ISGAD), expresso pela combinação:

$$\text{ISGAD} = \text{ISGND} + \text{ICV} \quad (11)$$

Computado para o início e final do período experimental onde,

ISGAD é definido como anteriormente,

ICV = Índice de Cobertura Vegetal, que corresponde ao NDVI estimado para o início e final do período experimental.

6.1.1 Cálculo do ISGND da área de estudo

Para se calcular o ISGND da área de estudo, foi utilizada uma fórmula para ponderação dos índices de: Erosividade, Erodibilidade, Índice Climático e Classes de Relevo.

Para a tabulação dos dados, foi utilizado o software IDRIZI 32, através do ícone *Database Query* no módulo *Área*, se tabulou os dados da área em km². Em seguida os mesmos foram importados para o Programa *Prompt de Comando*. Com isso, obtivemos o cálculo da média e o somatório dos índices do risco de degradação física dos municípios estudados. Tabela tal.

Para demonstrar esses resultados em valores, fez-se uso da equação da reta, utilizada para a forma descritiva e adaptada a área de pesquisa, onde o valor mínimo a ser obtido é 4 (soma de todos os índices iguais a 1), expressando o melhor estado de conservação dos recursos naturais da área. O valor máximo a ser obtido é 21 (soma de todos os índices com valores mínimos) representando a maior porcentagem de degradação, no qual os resultados mostram o risco de degradação física obtido na área. A equação utilizada foi a seguinte:

$$Y = a + bx \quad 4b + a = 0 \quad (12)$$

$$\text{Se: } y = 0 \quad \text{Se: } y = 100 \quad 21b + a = 100 \quad (13)$$

$$x = 4 \quad x = 21 \quad a = 5,88$$

$$4b + a = 0 \quad 21b + a = 100 \quad \text{então } b = 23,52$$

Assim, a equação da reta obtida foi: $y = 5,88 x - 23,52$ (14)

Através dos dados colhidos na pesquisa podemos observar que os índices mais altos de Erosividade foram localizados nos municípios de Jaguaribe e Jaguaribara respectivamente com 3.896 e 3.271. Os resultados também evidenciaram um índice de degradação por unidade de área maior também nesses dois municípios: Jaguaribe com 31.47% e Jaguaribara com 21.47%. Os resultados comentados podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8 – Calculo dos índices utilizados na área.

Municípios	Índices				Total	Ocorrência Área (%)
	Erosividade	Erodibilidade	Classes de Relevo	Índice Climático		
Alto Santo	2.165	1.000	1.946	1.000	6.111	12.41
Iracema	1.992	1.000	2.846	1.000	6.838	16.68
Jaguetama	2.381	1.847	7.770	1.000	6.991	17.58
Jaguaribara	3.271	1.053	2.328	1.000	7.652	21.47
Jaguaribe	3.896	1.398	2.272	1.816	9.382	31.47
S.J. Do Jaguaribe	1.000	1.000	1.884	1.000	4.884	5.19
Solonópole	1.280	1.985	2.274	1.000	6.539	14.92

Elaborado pela autora. Origem dos dados: Calculado pelo Método de Análise Regressão Múltiplo.

6.1.2 Calculo do ISGAD para Área de Estudo

O valor de X ($X_{a86/89}$) e (X_{a2007}) para cálculo do ISGAD na equação $y = 5,88 X_a - 23,52$ foi obtido como a soma dos valores de (y) computados para cálculo do ISGND com os valores ICV, que são os valores X_p do NDVI ponderados obtidos das imagens LANDSAT 5

do início (1986/89) ($X_{p86/89}$) e do final (2007) (X_{p2007}) do período experimental. Os valores do ISGAD para os períodos 1986/89 e 2007 estão indicados na Tabela 16.

O valor obtido para os referidos períodos mostrou um paralelo dentre os municípios analisados. Com relação ao aumento do nível de degradação, podemos observar que em 1986/89 com exceção de Jaguaribe, todos os outros municípios tinham um valor percentual alto de ISGAD. Para 2007 a tendência de todos esses municípios foi diminuir o ISGAD, enquanto que Jaguaribe aumentou.

Se formos avaliar os dados obtidos na pesquisa podemos observar que esse resultado com relação ao município de Jaguaribe, comprova pesquisas realizadas pela FUNCEME desde 2002, a qual salienta na sua pesquisa que Jaguaribe, dos municípios mapeados no Sertão do Médio Jaguaribe, é o local com maior alteração no que se refere à conservação. Esses resultados são atribuídos a forma de uso e ocupação da terra, que privilegia economicamente a pecuária extensiva. Tabela 9.

Tabela 9 - Cálculo do ISGAD para área de estudo

Município	Y	$X_{p86/89}$	$X_{a86/89}$	ISGAD 86/89	X_{p2007}	X_{a2007}	ISGAD 2007
Alto Santo	6.111	4,931	11,042	41,41	4,081	10,192	36,41
Iracema	6.838	4,937	11,811	45,93	4,446	9,419	31,86
Jaguaretama	6.991	9,952	16,943	76,11	4,257	11,248	42,62
Jaguaribara	7.652	4,944	12,956	52,66	4,180	11,832	46,05
Jaguaribe	9.382	4,973	11,811	45,93	4,212	13,594	56,41
S.J. do Jaguaribe	4.884	4,846	9,730	33,69	4,036	8,882	28,71
Solonópole	6.539	4,957	11,496	44,08	4,118	10,657	39,14

Elaborado pela autora. Origem dos dados: Calculado pelo Método de Análise Regressão Múltiplo.

CONCLUSÕES

Através da análise dos resultados da presente pesquisa podemos fazer algumas considerações:

I - O nível de proteção de ICV para a área de estudo aumentou entre os intervalos de 1986/89 e 2007, fazendo com que o ISGND mais alto dentre os sete municípios ficasse com Jaguaribe (31,64%);

II - Com relação ao ISGAD podemos verificar que os resultados analisados em relação à ação antrópica mostraram que para os intervalos entre 1986/89, os índices de degradação em media, foi alto para todos os municípios, porém, as áreas com maiores cultivos e maior número de rebanhos permaneceram com índices altos respectivamente se destacando nesse contexto Jaguaritama, Jaguaribara, Jaguaribe e Solonópole;

III - Os valores dos Índices de Cobertura Vegetal, obtidos através da fórmula descritiva obtidos para cada município mostraram que o nível de proteção da cobertura vegetal aumentou no intervalo entre 1986/89 e 2007, evoluindo de forma significativa em todos os municípios, mas mesmo assim, ainda podemos citar que o padrão de utilização da terra Na área de estudo de acordo com os dados obtidos em campo, ainda deixa muito a desejar, não contribuindo para a conservação da vegetação, dos recursos hídricos e do solo.

IV- Esses resultados são atribuídos aos seguintes fatores: a) diminuição do estrato arbóreo e arbustivo verificados nas primeiras faixas de NDVI (7 para 1) e a quase extinção da cultura do algodão herbáceo em mais de 90% da área; b) crescimento ocorrido no intervalo dos anos supracitados na segunda faixa de NDVI (59 para 280 e 257 para 5625), que se deve, provavelmente, ao aumento das áreas cultivadas com culturas tradicionais e extensivas como o milho e o feijão; c) redução ocorrida na terceira faixa de NDVI (7.452 para 1.604) ocorre, possivelmente, em consequência da eliminação da cobertura vegetal natural arbustiva/arbórea e sua substituição pela extrato herbáceo para produção de forrageiras, que surge em decorrência do aumento das atividades agropecuárias e seu aumento na demanda por alimento para os rebanhos;

V - A eliminação da cobertura vegetal natural arbustivo-arbórea e sua substituição pelo extrato herbáceo, se acompanhada por superpastoreio pode conduzir, a médio e longo prazo à eliminação da cobertura vegetal e levar a processos de degradação/desertificação assim como, a perda da capacidade de suporte dessa área, pois constatada a suscetibilidade a degradação/desertificação, a forma inadequada de uso e ocupação do solo, pode agravar esse processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, C. M. S. **Suscetibilidade Geoambiental das terras do Estado do Piauí à Desertificação**. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- AQUINO, C. M. S., OLIVEIRA, J. G. B. SALES. M. L. **As Terras secas do estado do Piauí suscetíveis à desertificação e suas características climáticas**. In Congresso Internacional Sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2002, Política, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, EDUFC, 2002.
- AB SABER, A. N. **A problemática da desertificação e da savanização no Brasil Intertropical**, Geomorfologia, Instituto de Geografia, USP, São Paulo, 1977.
- BARRETO, F. R. S. & LEPRUN J. C. **Avaliação das Perdas de Solo e Água por Erosão no Nordeste Brasileiro**. Áridas, Brasília, p.18.1994.
- CONTI, J. B. A. In: **Clima e Meio Ambiente**. Desertificação no mundo. São Paulo: Atual Editora, 1998.p. 64-75.
- _____, **Desertificação como Problema Ambiental**. III Simpósio de Geografia Física. Nova Friburgo, UFRJ, Rio de Janeiro, p. 189-194.
- FERREIRA, D. G. Rodrigues, V. **A Desertificação no Nordeste do Brasil II: Diagnóstico e Perspectiva**. Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação, Fundação Grupo Esquel Brasil, Fortaleza, 1994.
- FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Áreas Degradadas Suscetíveis a Processos de Desertificação**. FUNCEME, Fortaleza/2002.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org) **Geomorfologia e meio Ambiente**. 3, ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- GURGEL, H. C., FERREIRA, N. J, LUIZ, A. J. B. **Análise da Variabilidade Espacial e Temporal do NDVI sobre o Brasil**, Anais XSBSR, Foz do Iguaçu, 21-26 abril 2001, INPE, p. 1617-1624, Sessão Técnica, Oral. 2001

JACOMINE, P. K.T. (et al) **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará**. Recife: DPP, AGMA/DNPEA-SUDENE/DRN, 1973. Vol.1 e Vol 2.(boletim de pesquisa).

LEMOS J. J. S. **Desertificação e Pobreza no semi-árido do Nordeste**. In: **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. SENNA, T. O.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Edit.). Fortaleza: UFC/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Viçosa, 2000. 406p.

LEPSCH, I. F., BELLINAZZI, JR. R. BERTOLLINI, D. .; ESPINDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.4ª aproximação**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1991.

LUSTOSA, J. P. G., OLIVEIRA, J. G. B., NASCIMENTO, N. R. S. **Aplicação da Micropedologia nos estudos sobre os processos de desertificação em Irauçuba/Ceará**. 57ª Reunião Anual da SBPC, 2005 – UECE, 2005.

LOMBARDI NETO, F. MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantina*. Campinas, v51, n2, p 189-196, 1992.

MMA, Ministério do Meio Ambiente – **Convenções das Nações Unidas de Combate a Desertificação**. Brasília (Projeto – Plano Nacional de Combate a Desertificação), 1998.

MATALLO JUNIOR, H. **A Desertificação no Brasil**. In: **Agricultura Sustentável e o semi-árido** SENNA, T. O.; ASSIS JÚNIOR, R. N. ; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Edit). Fortaleza, UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação**. 2ª edição, Editora: Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa/MG 2003 p. 307.

MELO, E. T. **Diagnóstico Físico Conservacionista da Microbacia do Riacho dos Cavalos – Crateús – Ceará**. 2008. Dissertações (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós- Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará/UFC: 2008.

NOLETO, T.M.S.J. **Suscetibilidade Geoambiental das terras secas da microrregião de Sobral/Ceará à desertificação**. 2002 Dissertações (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará/UFC: 2005. (Comunicação pessoal).

NIMER, E. **Desertificação: mito ou realidade**. Rio de Janeiro: Revista de Geografia, IBGE. V. 50, n.º. 1, 1988.

OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L., **Programa para calculo do balanço hídrico pelo método de Thornthwaite**. Fortaleza, 1995.

OLIVEIRA, V. P. BEZERRA, C. L. **Análise Geoambiental e Evidencias de Processos de Degradação dos Recursos Naturais de Tauá- Ceará**. Congresso Brasileiro do Meio Ambiente, 10 a 13 de Dezembro/2000. Fortaleza /Ceará.

OLIVEIRA, J. G. B. de (et al). **Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará: Estudo de Áreas do Sertão Central**. Fortaleza: Relatório Técnico. CNPq/PDCT – NE, UFC/SUEP/NECO-BIRD, 1989.

OLIVEIRA, V.P.V. **Zoneamento Geoambiental do Sertão de Quixeramobim – Ce**. Coleção Mossoroense. Série C – V.DXX – 1990.

PIMENTA, M. T.; SANTOS, M. J.; **A Suscetibilidade à Desertificação: definição a partir de índices**. Revista Florestal, vol. XI, n, 1, p. 27-34, 1998.

PNUMA – **Evaluation general de los procesos alcanzados em la ejecucion del plan de accion para combatir la desertificacion, 1978-1984**.

POSONE, F. J. , SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2007.

RADAMBRASIL – Folhas As. 24/25 – Jaguaribe/Natal - Brasil, MME, **Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 23, 1981b**.

RIZI, R. FONSECA, E. L. **Análise da variação espacial e temporal do NDVI NO Estado do Rio Grande do Sul através de imagens AVHRR**. Anais XSBSR, Foz do Iguaçu, 21-26 abril 2001, INPE, p. 1735-1737, Sessão Pôster. 2001.

RODRIGUES, V. **Desertificação: problemas e soluções**. In: **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido** SENNA, T. O.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Edit.). Fortaleza: ICID, 1992.

RODRIGUES, V. **Pesquisa dos Estudos e Dados Existentes sobre Desertificação no Brasil. Plano Nacional de Combate à Desertificação**. Brasília: MMA. Projeto BRA 93/03611997.

ROCHA, J. V. LOMBARDI NETO, BACELLAR, A. A. A. F. **Metodologia para Determinação do Fator Comprimento de Rampa(L) para a Equação Universal da Perda dos Solos.** Caderno de Informações Georeferenciadas – CIG, v 1, n 2, 1997. (NOTA Técnica 1).

ROMKENS, M. J. M., R. A. YOUNG, J. W. A. POESEN, D. C. MCCOOL. S. A. ELSWAIFY e J.M BRADFORD – **Soil Erodibility Factor (K)**, in RENARD, K. G.; G. R. FODSTER, G A. WEESIES, D K. MCCOOL E D. C. YODER (Coordinators) – **Predicting Soil Loss Equation (RUSLE)** – USDA/ARS – **Agriculture Handbook** – Washington, 1997.

ROXO, M. J. MOURÃO, J. M. **Desertificação: a percepção pública do fenômeno.** Revista Florestal, v. XI n. 1, p. 27-34, 1998.

SALES, M. C. L. **Estudos climáticos, morfopedológicos e fito-ecológicos no Núcleo de Desertificação de Irauçuba-Ceará.** 2003. Tese. (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____ **Degradação Ambiental em Gibués, Piauí.** Mercator – Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, Ano 02, n. 04, 2003.

_____ Evolução dos estudos de desertificação no nordeste brasileiro. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 11, p. 115 – 126. 2003.

SOARES, A.M. L, F.R.B. LEITE, J.J.S. LEMOS M.L.R. MARTINS, R.D.M. MERA E V.P.V. OLIVEIRA - **Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Ceará** – in GOMES, G.M. H. R. SOUZA e A. R. MAGALHÃES – **Desenvolvimento Sustentável no Nordeste.** Brasília, IPEA, 1995.

SILVA, J. B. da, CAVALCANTI, T. C. **Atlas Escolar – Ceará.** João Pessoa: Grafset, 2000.

SILVA, R. C. **Erodibilidade dos Solos do Ceará.** Tese Professor Titular/UFC, 1994.

SILVA, M. L. N. **Índices de Erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos das regiões dos cerrados** – 1ª Aproximação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, vol. 21, p. 427-434. 1997

THORTHWAITE, C. W. MATHER, J. R. **The water a rational classification of Climate.** **The Geographical Review, New York, XXXVIII, p. 55-94, 1948.**

THORTHWAITE, C. W. MATHER, J. R **The water balance. Publication in Climatology.** Ceterton, New Jesey, v. VIII, p 1. 1955. 84p.

_____. **Instruções and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance.** Publications in Climatology, Centerton, New Jersey, v. X, n 3, 1957.

TUCCI, C.E.M., (org) **Hidrologia: ciência e aplicação** Porto Alegre: ABRH/EDUSP, 1993. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. p. 182-193.

UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations Plano f action to combat desertification.** Nairobi, UNEP, 1991.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Áreas em desertificação ocorrentes no Nordeste do Brasil: sua formação e sua contenção.** Recife: SUDENE, 1983.

_____. **Processo de Desertificação no Nordeste Brasileiro.** Brasília

ANEXOS

ANEXO A– Postos selecionados para área de estudo

Postos	Lat.	Log.	Altitude	P	ETP	MS	Im	Ia (Unep)	T	R
Coroatá	-39.33	-5.03	90	578	1777	11	-66.6	0.33	26.6	3322
Feiticeiro	-38.81	-5.78	180	978	1693	8	-42.2	0.58	27.2	4979
Prudente de Moraes	-39.31	-5.34	180	666	1672	9	-60.2	0.40	27.1	4987
Riacho do Sangue	-38.96	-5.68	160	729	1707	9	-57.3	0.43	27.3	5082
Uruqué	-39.16	-5.14	214	693	1624	9	-57.3	0.43	26.7	5105
Itabatinga	-39.16	-5.56	160	702	1697	9	-58.6	0.41	27.3	5106
Jaguaribe	-38.61	-5.88	120	659	1748	9	-62.3	0.38	27.6	5176
Milha	-39.18	-5.68	180	727	1692	9	-57.0	0.43	27.2	5187
Iço	-38.84	-6.41	160	696	1739	10	-60.0	0.40	27.6	5191
S. J. do Jaguaribe	-38.28	-5.28	60	697	1764	9	-60.5	0.48	27.0	5220
Carnaúbas	-38.59	-5.28	90	728	1749	9	-58.4	0.42	27.6	5257
Pau dos Ferros	-38.21	-6.11	175	672	1673	9	-59.8	0.40	27.1	5287
Limoeiro do Norte	-38.03	-5.31	35	694	1764	9	-60.7	0.39	27.7	5324
Curral Novo	-38.86	-6.03	92	756	1808	9	-58.2	0.42	26.5	5337
Morada Nova	-38.38	-5.09	50	736	1775	9	-58.5	0.41	27.7	5458
Nova Floresta	-38.91	-5.94	160	753	1705	9	-55.8	0.44	27.4	5470
Tataíra	-39.26	-5.91	100	813	1806	9	-55.0	0.45	28.0	5513
Orós	-38.91	-6.26	188	734	1698	9	-56.8	0.43	27.3	5534
Quixeramobim	-39.29	-5.19	187	774	1656	9	-52.1	0.47	27.0	5559
Gov. de Sept Rosado	-37.59	-5.46	36	734	1737	9	-57.7	0.42	27.5	5634
Velame	-38.58	-5.61	80	750	1789	9	-58.1	0.42	27.8	5831
Ema	-38.34	-5.76	210		1625	9	-47.9	0.50	26.7	5861
Pereiro	-38.46	-6.04	600		1096	4	14.5	0.91	23.8	7953

ANEXO B – Média ponderada da erodibilidade das associações de solos

Tipos	Associações	Fator K
NC5	Bruno não Calcico + Litólicos Eutróficos + Planossolo Solódico	0.0292
NC14	Bruno não Calcicos Indiscriminados + Litólicos Eutróficos + Planossol Solódico	0.0334
NC39	Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico + Litólicos Eutróficos + Podzólico Amarelo Equivalente Eutrófico	0.02772
PE41	Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico + Podzólico Vermelho Amarelo equivalente eutrófico + Solos litólicos Eutróficos	0.0277
PV3	Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico + Podzólico Vermelho Amarelo equivalente eutrófico + Solos litólicos Eutróficos	0.01751
PV4	Podzólico Vermelho Amarelo + Areias Quartizosas Distróficas + Regosol Eutrófico	0.02235
PL6	Planossol Solódico + Solonert Solodizado + Litólicos Eutróficos	0.0952
Re11	Litólicos Eutróficos+Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico	0.02805
Re16	Litólicos Eutróficos + Bruno não Cálculo	0.03645
Re20	Litólicos Eutróficos + Planosol Solodico	0.10125
Re23	Litólicos Eutróficos + Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico + Afloramentos de Rochas	0.0272
Re24	Litólicos Eutróficos + Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico + Afloramentos de Rochas	0.01465
Re26	Litólicos Eutróficos + Afloramento de Rochas	0.02855
Red5	Litólicos Eutróficos e Distróficos + Bruno Não Calcicos Indiscriminados + Podzólico Vermelho Amarelo	0.1463
Red6	Litólicos Eutróficos E Distróficos + Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico + Afloramento de Rocha	0.0162
Red9	Litólicos Eutróficos e Distróficos + Bruno Não Cálculo Solonetz Solodizado	0.04205
Red10	Litólicos Eutróficos e Distróficos + Bruno Não Calcicos Lonetz Solodizado	0.07155
Ae4	Solos Aluviais Eutróficos + Halomórficos Indiscriminados + Vertissol + Planossol Solódico	0.0396
Ae4	Solos Aluviais Eutróficos + Halomórficos Indiscriminados + Vertissol + Planossol Solódico	0.0396
CE	Cambisol Eutrófico + Latosol Vermelho Amarelo Eutrófico+ Litólicos Eutróficos	0.0319

Fonte: Calculo da erodibilidade sobre os perfis de solos descritos por Jacomine (1973)



Açude Castanhão Nov/2007



Leito do rio Jaguaribe. Set/2007



Visão da barragem do Castanhão/2008



Nova Jaguaribara /2008



Área próxima ao município de Jaguaribe/2008.