

**Universidade Federal de Sergipe**  
**Departamento de Geografia**  
**Núcleo de Pós-graduação em Geografia - NPGeo**



**Estudo da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo**  
**Nonato – Piauí**

**Cláudia Maria Sabóia de Aquino**

**Aracaju, outubro, 2010**

**Estudo da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo  
Nonato – Piauí**

**Cláudia Maria Sabóia de Aquino**

**Tese apresentada ao Programa  
de Pós-graduação em Geografia  
(NPGeo) da Universidade  
Federal de Sergipe como  
requisito para obtenção do  
título de Doutor em Geografia.**

**Área de Concentração: Organização e Dinâmica  
dos Espaços Agrário e Regional**

**Orientador: Prof. Dr. José Antonio Pacheco de Almeida**

**Aracaju, 2010**

Aquino, Cláudia Maria Sabóia de  
A657e Estudo da degradação/desertificação no núcleo de São  
Raimundo Nonato – Piauí / Cláudia Maria Sabóia de Aquino.  
– São Cristóvão, 2010.  
202 f. il.: figs., tabs., gráfs.

Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós-  
Graduação em Geografia, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e  
Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2010.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Pacheco de Almeida.

1. Desertificação. 2. Climatologia. 3. Solo e clima. I.  
Título.

CDU 551.3.053

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
Núcleo de Pós-Graduação em Geografia - NPGEO

Cláudia Maria Sabóia de Aquino

Estudo da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí

Tese para obtenção do grau de Doutor em Geografia

BANCA EXAMINADORA:

---

Drº José Antonio Pacheco de Almeida (Orientador)  
Universidade Federal de Sergipe

---

Drª **Laura** Jane Gomes (Membro Externo)  
Universidade Federal de Sergipe  
Núcleo de Engenharia Florestal

---

Drº José Gerardo Bezerra de Oliveira (Membro Externo)  
Universidade Federal do Ceará

---

Drº Hélio Mário de Araújo (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Sergipe.

---

Drº José Eloízio da Costa (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Sergipe.

Aracaju – SE, \_\_\_/\_\_\_/2010.

## AGRADECIMENTOS

Foram muitos os que me ajudaram a concluir este trabalho. Meus sinceros agradecimentos:

A Deus, companhia constante ao longo desta e de todas as caminhadas da minha vida. Obrigada Senhor. Sem vossa ajuda, nada teria sido possível. Agradeço por tudo o que me concedestes até hoje e por tudo o que ainda me concedereis futuramente.

Ao professor Pacheco por aceitar a orientação deste estudo, pela confiança, apoio, transmissão de conhecimento e principalmente pelo bom convívio nesses quase quatro anos de trabalho.

A meu companheiro Renê pelo respeito incondicional a meus ideais profissionais. Agradeço-lhe também a compreensão e abdicação do pouco tempo que temos de convívio familiar, em prol da realização deste trabalho e ainda por cuidar de nosso tesouro (João Vítor) e de nosso lar, durante minhas viagens.

A meu pequeno grande Joãozinho, minha melhor criação, meu príncipe, razão do meu ser e existir, bem como, meu porto seguro em todas as minhas aventuras, até nas mais ousadas como este doutorado. Obrigada, filho, por “aceitar” e ter-se comportado de forma brilhante durante minha ausência, por dias e às vezes até por semanas.

Aos meus pais, pela sólida formação moral e ética a mim inculcida, que me impulsionou a continuidade nos estudos, meus eternos agradecimentos.

A meu casal 20 (Cleide Sabóia e Walter Júnior) irmãos camaradas e amigos em todas as horas.

Ao Zé Gerardo, por protagonizar comigo encontros valorosos e por sonhar comigo os meus sonhos. Zé, obrigado pela sua disponibilidade irrestrita na minha vida pessoal, acadêmica e profissional. Agradeço-lhe a contribuição e apoio integral na construção deste trabalho, pelas caronas da rodoviária e/ou do aeroporto até sua casa e depois a pousada e obrigada ainda por me acolher no seio da sua família e em sua vida. Ah! E parabéns por ser esta pessoa abençoada, porque só os abençoados conseguem sentir e dissipar felicidade, esperança, fé e alegria em tudo o que fazem.

A Marcelo Botão de Oliveira e Gerardo Filho pelas acolhidas em Fortaleza. Valeu, rapazes!

À minha “mãe sergipana” Dona Helena, a quem serei eternamente grata, pela acolhida e pela confiança em receber em sua casa uma “forasteira” piauiense.

Ao amigo Veloso Filho por ter sido a primeira pessoa a instigar-me no mundo da pesquisa e por acreditar que eu podia ser quem sou hoje. Veloso, obrigada pela confiança, amizade, incentivos constantes e ainda pelas contribuições após criteriosa leitura deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosemari Melo e Souza e Josefa Eliane Pinto, pelas valiosas contribuições na fase de qualificação, as quais nortearam os rumos que o estudo deveria seguir.

Ao amigo professor Carlos Sait, pelas palavras amigas que sempre me confortaram e fizeram-me acreditar que tudo daria certo e acabaria bem.

A admirável professora Marta Celina Linhares Sales com quem aprendi muito no pouco tempo que tivemos de convivência.

A Everton e Daniel do NPGEO pelas informações disponibilizadas sempre que delas necessitei.

A Alex ex-aluno da UFPI e motivo de orgulho, obrigado pelo apoio logístico concedido.

À Universidade Federal do Piauí por ter me concedido liberação de minhas atividades docentes para realização deste estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de 18 meses de bolsa de estudo.

Aos colegas professores do Departamento de Geografia e História.

Ao professor Sebastião Carlos do Departamento de Economia da UFPI, pela confiança em repassar os dados necessários que me permitiram acessar os relatórios e as estatísticas do Ministério do Desenvolvimento Social, bem como pelas valiosas sugestões.

A dona Helena de “Menelau”, de minha família, obrigada por cuidar de meu filho e da minha casa tão bem durante minhas viagens.

A professora Tânia do CSCJ pela correção ortográfica final do texto.

A todas as outras pessoas, às quais não me referi, mas que certamente também participaram da consolidação dessa conquista.

## RESUMO

A desertificação constitui um grave problema nos ambientes em que ocorre, qual seja as Terras Secas (áridas, semiáridas e subúmidas secas). Esse tipo de degradação afeta cerca de 1/4 da superfície terrestre, com implicações de ordem ambiental, econômica, política, social e cultural. No Brasil as áreas suscetíveis a esse processo localizam-se na região Nordeste caracterizada por baixos índices pluviométricos, elevadas temperaturas médias, acentuado déficit hídrico, solos rasos e pedregosos e vegetação xerofítica. O Núcleo de São Raimundo Nonato, objeto deste estudo, localizado no semi-árido piauiense constitui área suscetível à desertificação. Esta constatação conduziu ao estudo da degradação/desertificação desta área com o objetivo de avaliar o risco de degradação física e a degradação efetiva. O risco de degradação física foi avaliado a partir dos seguintes indicadores: índice climático, erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos e a declividade. A degradação efetiva foi avaliada considerando os indicadores anteriormente citados combinados ao NDVI dos anos de 1987 e 2007. Os resultados indicam que 8,3%, 81% e 10,7% da área apresentam risco de degradação física baixo, moderado e alto. A degradação efetiva, considerando o NDVI para 1987, indica que 70% e 30% da área apresenta respectivamente degradação moderada e alta. Para o ano de 2007, os dados indicam que 71% e 29% da área apresenta respectivamente degradação efetiva moderada e alta. Esses dados revelam uma situação de equilíbrio ecológico dinâmico com uma sutil tendência de melhoria nas condições de degradação ambiental, ou seja, no processo de desertificação da área de estudo, posto a redução da classe de alta degradação efetiva. O declínio e a estagnação econômica da área foram constatados quando da análise das principais culturas e do efetivo de rebanhos. Esses dados revelaram redução da área plantada, da produtividade e do efetivo dos rebanhos em número de cabeças e de unidades animais. A queda desses indicadores corrobora a afirmativa de melhoria das condições ambientais da área de estudo.

**Palavras-chave:** Desertificação, Degradação Física, Degradação Efetiva, Índice Climático, Erosividade das chuvas, Erodibilidade dos Solos, Declividade, NDVI.

## ABSTRACT

Desertification is a serious problem in environments where it occurs, namely in dry lands (arid, semi-arid and dry sub-humid areas). This type of degradation affects about one quarter of the land surface, with implications for environmental, economic, political, social and cultural order. The areas in Brazil susceptible to this process are located in the northeast region which is characterized by low rainfall index, high temperatures, severe water deficit, shallow and rocky soils and xerophytic vegetation. São Raimundo Nonato, which is the object of this study, is located in the semi-arid region of Piauí and is a susceptible area to desertification. This has led to the study of degradation / desertification in this area in order to assess the risk of physical deterioration and effective degradation. The risk of physical deterioration was evaluated using the following indicators: climate, rainfall erosivity, erodibility of soils and slopiness. The effective degradation was assessed by considering the indicators discussed above combined with the NDVI of the years 1987 and 2007. The results indicate that 8.3%, 81% and 10.7% of the area are at risk of a low, moderate and high physical deterioration. The effective degradation, taking into account the NDVI for 1987, indicates that 70% and 30% of the area have respectively moderate and high degradation. For the year 2007, the data indicate that 71% and 29% of the area have respectively moderate and high effective degradation. These data reveal a dynamic ecological equilibrium with a subtle trend of improvement in terms of environmental degradation, that is, in the process of desertification in the studied area, since there is a reduction of the class of high effective degradation. The decline and economic stagnation in the area were found during the analysis of major crops and effective livestock. These data revealed a decline in the planted area, productivity and effective livestock, both in number of heads and / or unit of animals. The decline of these indicators corroborates the statement of improvement of environmental conditions in the studied area.

**Key words:** Desertification, Physical Degradation, Effective Degradation, Climate Index, rainfall erosivity, Soil Erodibility, Slopiness, NDVI.



## Lista de Figuras

<b>Figuras</b>		<b>Páginas</b>
Figura 1	Áreas suscetíveis a desertificação, definidas segundo Brasil (2004)	17
Figura 2	Relação desertificação e erosão dos solos, adaptada de Roxo e Mourão (1998) e Aquino (2002).	21
Figura 3	Suscetibilidade a desertificação das Terras Secas do Piauí e do Núcleo de São Raimundo Nonato.	45
Figura 4	Municípios Integrantes do Núcleo de Degradação/desertificação de São Raimundo Nonato.	46
Figura 5	Distribuição dos períodos chuvosos no Estado do Piauí, segundo Medeiros (1999).	48
Figura 6	Precipitação total média anual no Núcleo de São Raimundo Nonato.	52
Figura 7	Evapotranspiração potencial total anual no Núcleo de São Raimundo Nonato.	54
Figura 8	Evapotranspiração real anual no Núcleo de São Raimundo Nonato.	55
Figura 9	Índice de Aridez (P/ETP) no Núcleo de São Raimundo Nonato.	56
Figura 10	Meses Secos no Núcleo de São Raimundo Nonato.	58
Figura 11	Gráficos ombrotérmicos dos postos pluviométricos Bom Jardim, Cavalheiro, Curral Novo e Estação.	59
Figura 12	Gráficos ombrotérmicos dos postos pluviométricos Juscelino Kubsticheck, Moreira, Riacho das Vacas e São Lourenço.	60
Figura 13	Índice efetivo de umidade (IM) no Núcleo de São Raimundo Nonato (Thornthwaite & Mather, 1955).	62
Figura 14	Unidades geológicas do Núcleo de São Raimundo Nonato (CPRM, 2006).	65
Figura 15	Feições geomorfológicas do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Brasil (1973).	66
Figura 16	Associações de solos do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Jacomine (1986).	68
Figura 17	Formações vegetais do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Brasil (1973).	70
Figura 18	Evolução da População no Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí.	76
Figura 19	Fluxograma da pesquisa para avaliação do risco de degradação física e da degradação efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato.	79
Figura 20	Esquema metodológico empregado na pesquisa para avaliação do risco de degradação física e da degradação efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato.	82
Figura 21	Unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.	91
Figura 22	Índice climático do Núcleo de São Raimundo Nonato.	99
Figura 23	Perfil topográfico Global Mapper, sentido NW – SE do Núcleo de São Raimundo Nonato.	101
Figura 24	Corte sentido NW – SE do Núcleo de São Raimundo Nonato.	102
Figura 25	Visão geral da área de estudo em 3D.	103
Figura 26	Erosividade das chuvas no Núcleo de São Raimundo Nonato.	108
Figura 27	Erodibilidade das associações de solos do Núcleo de São Raimundo Nonato.	113

<b>Lista de Figuras (Continuação)</b>		<b>Páginas</b>
Figura 28	Classes de relevo do Núcleo de São Raimundo Nonato.	116
Figura 29	Classes de altitude do Núcleo de São Raimundo Nonato.	118
Figura 30	Índice de vegetação normalizada (NDVI) do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.	119
Figura 31	Variação interanual (1987 e 2007) do NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato.	121
Figura 32	Instalações abandonadas da fazenda fontenelli no município de São Raimundo Nonato.	125
Figura 33	Índice de vegetação normalizada (NDVI) do Núcleo de São Raimundo Nonato nos meses de maio/junho e outubro do ano de 1987.	127
Figura 34	Variação sazonal (maio/junho e outubro) do NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato	128
Figura 35	Risco de degradação física no Núcleo de São Raimundo Nonato.	131
Figura 36	Degradação efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.	135
Figura 37	Front da Cuesta na área do Parque Nacional da Serra da Capivara.	136
Figura 38	Degradação efetiva alta com indícios de processo de desertificação em diferentes Unidades Geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.	137
Figura 39	Solo exposto recoberto por pedregosidade na unidade Superfície Pedimentada.	138
Figura 40	Degradação Efetiva Moderada em diferentes Unidades Geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.	139
Figura 41	Formações vegetais e uso da terra no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.	143
Figura 42	Diferentes formas de utilização da Terra na área de estudo	147
Figura 43	Valores percentuais dos tipos de cobertura vegetal e uso do solo nos anos de 1987 e 2007.	146
Figura 44	Porcentagem das classes de atividades econômicas desenvolvidas no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1985 e 1995/1996.	151
Figura 45	Porcentagem dos principais produtos agrícolas do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1989, 1995, 2001 e 2006.	153
Figura 46	Porcentagem de efetivos bovinos, ovinos e caprinos no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1989, 1995, 2001 e 2006.	163
Figura 47	Produção de mel em municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1994, 1995, 2001 e 2006.	167
Figura 48	Porcentagem de pessoas beneficiadas (INSS e PBF) nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato	170
Figura 49	Porcentagem do número de pessoas por domicílio segundo as faixas de renda do chefe de família para os municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato.	171

## Lista de Tabelas

<b>Tabelas</b>		<b>Páginas</b>
Tabela 1	Tipos de clima segundo a amplitude de variação do Índice de Aridez (P/ETP) da UNEP (1991).	14
Tabela 2	Resultado do balanço hídrico dos postos meteorológicos do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Thornthwaite (1955).	50
Tabela 3	Precipitação média e coeficiente de variação interanual das precipitações no Núcleo de São Raimundo Nonato.	51
Tabela 4	Classificação dos climas segundo o Índice Efetivo de Umidade (Im) de Thornthwaite & Mather (1955).	61
Tabela 5	Estrutura fundiária dos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí.	74
Tabela 6	População total, urbana e rural nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato, nos anos de 1970, 1980, 1991, 1996 e 2007.	77
Tabela 7	Distribuição das classes de severidade do clima nas unidades geoambientais, com os respectivos pesos e média ponderada empregada na fórmula descritiva.	98
Tabela 8	Erosividade da chuva (R) mensal, anual e a correspondente concentração (novembro a abril) nos postos pluviométricos do entorno e no interior do Núcleo de São Raimundo Nonato.	105
Tabela 9	Precipitação média mensal e a correspondente concentração (novembro a abril) nos postos pluviométricos do entorno e no interior do Núcleo de São Raimundo Nonato.	107
Tabela 10	Distribuição das classes de Erosividade nas unidades geoambientais, com os respectivos pesos e média ponderada empregada na fórmula descritiva.	108
Tabela 11	Média ponderada da Erodibilidade das associações de solos do Núcleo de São Raimundo Nonato com seu respectivo peso e classe.	110
Tabela 12	Distribuição das classes de erodibilidade nas unidades geoambientais e média ponderada empregada na fórmula descritiva.	114
Tabela 13	Distribuição das classes de declividade nas unidades geoambientais e média ponderada empregada na fórmula descritiva.	115
Tabela 14	Valores absolutos e relativos de NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007, com as respectivas classes de proteção.	120
Tabela 15	Distribuição absoluta e relativa dos níveis de NDVI na imagem de 1987 e seus correspondentes níveis na imagem de 2007.	122
Tabela 16	Distribuição percentual das classes de NDVI nas unidades geoambientais nos anos de 1987 e 2007, com as respectivas classes de proteção.	124
Tabela 17	Valores absolutos e relativos de NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato no ano de 1987 nos meses de maio/junho e outubro com as respectivas classes de proteção e peso.	128
Tabela 18	Unidades geoambientais identificadas na área de estudo com a respectiva percentagem de ocorrência nas classes de risco de degradação física	130
Tabela 19	Contribuição absoluta e relativa dos indicadores empregados na estimativa do risco de degradação física nas unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.	133

**Lista de Tabelas (Continuação)****Páginas**

Tabela 20	Distribuição relativa das classes de degradação efetiva nas unidades geoambientais da área de estudo em 1987 e 2007.	134
Tabela 21	Análise da contribuição absoluta e relativa dos indicadores empregados na estimativa da degradação efetiva das unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.	140
Tabela 22	Distribuição absoluta e relativa dos tipos de vegetação/uso da terra nas unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.	144
Tabela 23	Distribuição absoluta e relativa dos tipos de vegetação/uso da terra na imagem de 1987 e seus correspondentes tipos na imagem de 2007.	148
Tabela 24	Utilização da terra no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1985 e 2006.	152
Tabela 25	Produção de feijão em grãos em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato.	154
Tabela 26	Produção de mandioca em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí.	155
Tabela 27	Produção de milho em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato.	156
Tabela 28	Produção de mamona em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato.	157
Tabela 29	Área plantada (há) e quantidade produzida de castanha de caju (toneladas) no Núcleo de São Raimundo Nonato.	159
Tabela 30	Síntese das variações entre os anos de 1989 e 2006 das áreas plantadas (culturas temporárias e permanentes) no Núcleo de São Raimundo Nonato.	160
Tabela 31	Área plantada, produção bruta, produtividade e sua variação entre os anos de 1986 e 2006 do Núcleo de São Raimundo Nonato.	161
Tabela 32	Efetivos bovino, ovino e caprino no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1991, 1995, 2001 e 2006.	162
Tabela 33	Síntese da variação dos rebanhos (bovino, caprino e ovino) entre os anos de 1991 e 2006 no Núcleo de São Raimundo Nonato.	164
Tabela 34	Produção de Mel nos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí nos anos de 1994, 1995, 2001 e 2006.	166
Tabela 35	Número de benefícios, total de beneficiados, % de beneficiados em relação à população total dos municípios (2005), valor total e valor médio (R\$) pago por beneficiário dos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato.	169
Tabela 36	Número absoluto e relativo de famílias e pessoas cadastradas e beneficiadas no PBF em 2008 nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato.	170
Tabela 37	Relação entre população estimada em 2008 e pessoas cadastradas no CadÚnico nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato.	172
Tabela 38	Valores de IDF para os municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato.	174

## Lista de Quadros

<b>Quadros</b>		<b>Páginas</b>
Quadro 1	Indicadores de desertificação propostos por Vasconcelos Sobrinho (1987)	26
Quadro 2	Indicadores de desertificação propostos por Matallo Júnior (2001)	27
Quadro 3	Indicadores de desertificação consensuados em Brasil (2004)	28
Quadro 4	Trabalhos realizados no Nordeste brasileiro na perspectiva da desertificação, escala de abrangência e indicadores empregados.	42
Quadro 5	Municípios integrantes do Núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato com os respectivos municípios de origem e ano de emancipação.	44
Quadro 6	Formações geológicas e litologias do Núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato – Piauí.	64
Quadro 7	Características das imagens Landsat com cobertura de nuvens < 10% utilizadas para a identificação de níveis de NDVI e tipologias de cobertura vegetal e uso da terra.	87

## LISTA DE SIGLAS

ASD – Áreas suscetíveis a Desertificação  
CadÚnico – Cadastro Único para Programas sociais do Governo Federal  
CCD – Convenção de Combate a Desertificação  
**CEPRO** - Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí  
CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE  
CONSLAD – Conferencia Nacional e Seminário Latino-Americano de Desertificação  
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
CSC - Superfície Conservada Cristalina  
D – Declividade  
DE – Degradação Efetiva  
ETP – Evapotranspiração Potencial  
ETR – Evapotranspiração Real  
FUMDHAM – Fundação Museu do Homem Americano  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IC – Índice Climático  
ICID – Conferencia Internacional sobre Variações Climáticas e Desenvolvimento sustentável no Semiárido  
ICV – Índice de Cobertura Vegetal  
IDF – Índice de Desenvolvimento Familiar  
IM – Índice Efetivo de Umidade  
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
**INSS - Instituto Nacional do Seguro Social**  
IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas e Sociais  
K – Erodibilidade dos solos  
MDE – Modelo Digital de Elevação  
MDS – Ministerio do Desenvolvimento Social  
MS – Meses Secos  
NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada  
PACD – Plano de ação Mundial contra a Desertificação  
PAE - Planos de Ações Estaduais  
PAM – Pesquisa Agropecuária Municipal  
PAN – Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca  
PAR – Programa de Ação Regional de Combate a Desertificação  
PAS – Programa de Ação Subregional de Combate a Desertificação  
PBF – Programa Bolsa Família  
PF – Planície Fluvial  
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente  
PPM – Pesquisa Pecuária Municipal  
R- Erosividade das Chuvas  
RDF – Risco de Degradação Física  
SCS- Superfície Conservada Sedimentar  
SP - Superfície Pediplanada  
SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste  
TSA – Trópico semiárido  
UNEP - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente  
VP- Vales Pedimentados e Interplanálticos

## SUMÁRIO

	Pág.
<b>Lista de Figuras</b>	
<b>Lista de Tabelas</b>	
<b>Resumo</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1. A abordagem sistêmica na Geografia e no planejamento ambiental</b>	<b>4</b>
1.1. Planejamento ambiental para fins de sustentabilidade das Terras Secas	9
<b>2. Resgate histórico, bibliográfico e metodológico do estudo da desertificação.</b>	<b>12</b>
2.1. Programa de Ação Nacional de Combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca – PAN BRASIL	16
2.2. Indicadores de desertificação	19
2.3. Estudo da desertificação no Nordeste brasileiro: Metodologias, escalas e indicadores.	30
2.4. Sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto aplicados na identificação de áreas degradadas e/ou desertificadas.	33
2.4.1. Detecção de mudanças: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e degradação ambiental.	38
<b>3. Área de estudo: Seleção, localização geográfica e caracterização geral.</b>	<b>44</b>
3.1. Caracterização geral da área de estudo	47
3.1.1. Condicionantes climáticos	47
3.1.2. Condicionantes geológicos e geomorfológicos	63
3.1.3. Condicionantes pedológicos e vegetacionais	67
<b>4. Ocupação, estrutura fundiária e evolução urbana do Núcleo de São Raimundo Nonato.</b>	<b>71</b>
<b>5. Procedimentos metodológicos e técnicos empregados na identificação das unidades geoambientais e na avaliação do risco de degradação física (RDF) e da degradação efetiva (DE) da área de estudo</b>	<b>78</b>
5.1. Identificação de unidades geoambientais no Núcleo de São Raimundo Nonato	80
5.2. Fórmula descritiva para a avaliação do risco de degradação física e da degradação efetiva do Núcleo de São Raimundo Nonato	80
5.3. Indicadores para avaliação do risco de degradação física (índice climático, erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos e declividade) do Núcleo de São Raimundo Nonato.	83
5.4. Indicadores para avaliação da degradação efetiva (detecção de mudanças: de NDVI, dos tipos de cobertura vegetal e uso da terra) no Núcleo de São Raimundo Nonato.	86
5.5. Levantamento sócio-econômico	89
<b>6. Resultados e discussão</b>	<b>90</b>
6.1. Unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato e suas características	90

## Sumário (Continuação)

6.1.1	Superfície Conservada Sedimentar	90
6.1.2	Superfície Pediplanada	93
6.1.3	Superfície Conservada Cristalina	94
6.1.4	Planície Fluvial	95
6.1.5	Vales Pedimentados e Interplanáticos	96
6.2	Análise dos indicadores empregados na avaliação do risco de degradação física e da degradação efetiva do Núcleo de São Raimundo Nonato	97
6.2.1	Índice Climático (IC)	97
6.2.2.	Erosividade da chuva (R)	104
6.2.3.	Erodibilidade das associações de solos (K)	110
6.2.4	Declividade (D)	115
6.2.5	Dinâmica interanual do NDVI	117
6.2.6	Dinâmica sazonal do NDVI	126
6.2.7	Risco de degradação física e degradação efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato	129
6.2.7.1	Risco de degradação física	129
6.2.7.2	Degradação Efetiva.	133
7.	<b>Dinâmica da cobertura vegetal, do uso da terra e variação dos aspectos sociais e econômicos do núcleo de São Raimundo Nonato.</b>	<b>142</b>
7.1	Dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra nos anos de 1987 e 2007	142
7.2	Variações econômicas e aspectos sociais	150
8.	<b>Considerações finais</b>	<b>179</b>
	Referências bibliográficas.	183
Anexo 1	Equação para cálculo do valor crítico do processo de Degradação Física	204
Anexo 2	Equação para cálculo do valor crítico do processo de Degradação Efetiva	205
Anexo 3	Equação para cálculo do valor crítico do processo de degradação da cobertura vegetal	206

Universidade Federal de Sergipe

Departamento de Geografia

Núcleo de Pós-graduação em Geografia - NPGEO





**Estudo da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo  
Nonato – Piauí**

**Cláudia Maria Sabóia de Aquino**

**Aracaju, outubro, 2010**

**Estudo da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo  
Nonato – Piauí**

**Cláudia Maria Sabóia de Aquino**

**Tese apresentada ao Programa  
de Pós-graduação em Geografia  
(NPGeo) da Universidade  
Federal de Sergipe como  
requisito para obtenção do  
título de Doutor em Geografia.**

**Área de Concentração: Organização e Dinâmica  
dos Espaços Agrário e Regional**

**Orientador: Prof. Dr. José Antonio Pacheco de Almeida**

**Aracaju, 2010**

Aquino, Cláudia Maria Sabóia de  
A657e Estudo da degradação/desertificação no núcleo de São  
Raimundo Nonato – Piauí / Cláudia Maria Sabóia de Aquino.  
– São Cristóvão, 2010.  
202 f. il.: figs., tabs., gráfs.

Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós-  
Graduação em Geografia, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e  
Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2010.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Pacheco de Almeida.

1. Desertificação. 2. Climatologia. 3. Solo e clima. I.  
Título.

CDU 551.3.053

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
Núcleo de Pós-Graduação em Geografia - NPGEO

Cláudia Maria Sabóia de Aquino

Estudo da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí

Tese para obtenção do grau de Doutor em Geografia

BANCA EXAMINADORA:

---

Drº José Antonio Pacheco de Almeida (Orientador)  
Universidade Federal de Sergipe

---

Drª **Laura** Jane Gomes (Membro Externo)  
Universidade Federal de Sergipe  
Núcleo de Engenharia Florestal

---

Drº José Gerardo Bezerra de Oliveira (Membro Externo)  
Universidade Federal do Ceará

---

Drº Hélio Mário de Araújo (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Sergipe.

---

Drº José Eloízio da Costa (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Sergipe.

Aracaju – SE, \_\_\_/\_\_\_/2010.

## AGRADECIMENTOS

Foram muitos os que me ajudaram a concluir este trabalho. Meus sinceros agradecimentos:

A Deus, companhia constante ao longo desta e de todas as caminhadas da minha vida. Obrigada Senhor. Sem vossa ajuda, nada teria sido possível. Agradeço por tudo o que me concedestes até hoje e por tudo o que ainda me concedereis futuramente.

Ao professor Pacheco por aceitar a orientação deste estudo, pela confiança, apoio, transmissão de conhecimento e principalmente pelo bom convívio nesses quase quatro anos de trabalho.

A meu companheiro Renê pelo respeito incondicional a meus ideais profissionais. Agradeço-lhe também a compreensão e abdicção do pouco tempo que temos de convívio familiar, em prol da realização deste trabalho e ainda por cuidar de nosso tesouro (João Vítor) e de nosso lar, durante minhas viagens.

A meu pequeno grande Joãozinho, minha melhor criação, meu príncipe, razão do meu ser e existir, bem como, meu porto seguro em todas as minhas aventuras, até nas mais ousadas como este doutorado. Obrigada, filho, por “aceitar” e ter-se comportado de forma brilhante durante minha ausência, por dias e às vezes até por semanas.

Aos meus pais, pela sólida formação moral e ética a mim inculcada, que me impulsionou a continuidade nos estudos, meus eternos agradecimentos.

A meu casal 20 (Cleide Sabóia e Walter Júnior) irmãos camaradas e amigos em todas as horas.

Ao Zé Gerardo, por protagonizar comigo encontros valorosos e por sonhar comigo os meus sonhos. Zé, obrigado pela sua disponibilidade irrestrita na minha vida pessoal, acadêmica e profissional. Agradeço-lhe a contribuição e apoio integral na construção deste trabalho, pelas caronas da rodoviária e/ou do aeroporto até sua casa e depois a pousada e obrigada ainda por me acolher no seio da sua família e em sua vida. Ah! E parabéns por ser esta pessoa abençoada, porque só os abençoados conseguem sentir e dissipar felicidade, esperança, fé e alegria em tudo o que fazem.

A Marcelo Botão de Oliveira e Gerardo Filho pelas acolhidas em Fortaleza. Valeu, rapazes!

À minha “mãe sergipana” Dona Helena, a quem serei eternamente grata, pela acolhida e pela confiança em receber em sua casa uma “forasteira” piauiense.

Ao amigo Veloso Filho por ter sido a primeira pessoa a instigar-me no mundo da pesquisa e por acreditar que eu podia ser quem sou hoje. Veloso, obrigada pela confiança, amizade, incentivos constantes e ainda pelas contribuições após criteriosa leitura deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosemari Melo e Souza e Josefa Eliane Pinto, pelas valiosas contribuições na fase de qualificação, as quais nortearam os rumos que o estudo deveria seguir.

Ao amigo professor Carlos Sait, pelas palavras amigas que sempre me confortaram e fizeram-me acreditar que tudo daria certo e acabaria bem.

A admirável professora Marta Celina Linhares Sales com quem aprendi muito no pouco tempo que tivemos de convivência.

A Everton e Daniel do NPGEO pelas informações disponibilizadas sempre que delas necessitei.

A Alex ex-aluno da UFPI e motivo de orgulho, obrigado pelo apoio logístico concedido.

À Universidade Federal do Piauí por ter me concedido liberação de minhas atividades docentes para realização deste estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de 18 meses de bolsa de estudo.

Aos colegas professores do Departamento de Geografia e História.

Ao professor Sebastião Carlos do Departamento de Economia da UFPI, pela confiança em repassar os dados necessários que me permitiram acessar os relatórios e as estatísticas do Ministério do Desenvolvimento Social, bem como pelas valiosas sugestões.

A dona Helena de “Menelau”, de minha família, obrigada por cuidar de meu filho e da minha casa tão bem durante minhas viagens.

A professora Tânia do CSCJ pela correção ortográfica final do texto.

A todas as outras pessoas, às quais não me referi, mas que certamente também participaram da consolidação dessa conquista.

## RESUMO

A desertificação constitui um grave problema nos ambientes em que ocorre, qual seja as Terras Secas (áridas, semiáridas e subúmidas secas). Esse tipo de degradação afeta cerca de 1/4 da superfície terrestre, com implicações de ordem ambiental, econômica, política, social e cultural. No Brasil as áreas suscetíveis a esse processo localizam-se na região Nordeste caracterizada por baixos índices pluviométricos, elevadas temperaturas médias, acentuado déficit hídrico, solos rasos e pedregosos e vegetação xerofítica. O Núcleo de São Raimundo Nonato, objeto deste estudo, localizado no semi-árido piauiense constitui área suscetível à desertificação. Esta constatação conduziu ao estudo da degradação/desertificação desta área com o objetivo de avaliar o risco de degradação física e a degradação efetiva. O risco de degradação física foi avaliado a partir dos seguintes indicadores: índice climático, erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos e a declividade. A degradação efetiva foi avaliada considerando os indicadores anteriormente citados combinados ao NDVI dos anos de 1987 e 2007. Os resultados indicam que 8,3%, 81% e 10,7% da área apresentam risco de degradação física baixo, moderado e alto. A degradação efetiva, considerando o NDVI para 1987, indica que 70% e 30% da área apresenta respectivamente degradação moderada e alta. Para o ano de 2007, os dados indicam que 71% e 29% da área apresenta respectivamente degradação efetiva moderada e alta. Esses dados revelam uma situação de equilíbrio ecológico dinâmico com uma sutil tendência de melhoria nas condições de degradação ambiental, ou seja, no processo de desertificação da área de estudo, posto a redução da classe de alta degradação efetiva. O declínio e a estagnação econômica da área foram constatados quando da análise das principais culturas e do efetivo de rebanhos. Esses dados revelaram redução da área plantada, da produtividade e do efetivo dos rebanhos em número de cabeças e de unidades animais. A queda desses indicadores corrobora a afirmativa de melhoria das condições ambientais da área de estudo.

**Palavras-chave:** Desertificação, Degradação Física, Degradação Efetiva, Índice Climático, Erosividade das chuvas, Erodibilidade dos Solos, Declividade, NDVI.

## ABSTRACT

Desertification is a serious problem in environments where it occurs, namely in dry lands (arid, semi-arid and dry sub-humid areas). This type of degradation affects about one quarter of the land surface, with implications for environmental, economic, political, social and cultural order. The areas in Brazil susceptible to this process are located in the northeast region which is characterized by low rainfall index, high temperatures, severe water deficit, shallow and rocky soils and xerophytic vegetation. São Raimundo Nonato, which is the object of this study, is located in the semi-arid region of Piauí and is a susceptible area to desertification. This has led to the study of degradation / desertification in this area in order to assess the risk of physical deterioration and effective degradation. The risk of physical deterioration was evaluated using the following indicators: climate, rainfall erosivity, erodibility of soils and slopiness. The effective degradation was assessed by considering the indicators discussed above combined with the NDVI of the years 1987 and 2007. The results indicate that 8.3%, 81% and 10.7% of the area are at risk of a low, moderate and high physical deterioration. The effective degradation, taking into account the NDVI for 1987, indicates that 70% and 30% of the area have respectively moderate and high degradation. For the year 2007, the data indicate that 71% and 29% of the area have respectively moderate and high effective degradation. These data reveal a dynamic ecological equilibrium with a subtle trend of improvement in terms of environmental degradation, that is, in the process of desertification in the studied area, since there is a reduction of the class of high effective degradation. The decline and economic stagnation in the area were found during the analysis of major crops and effective livestock. These data revealed a decline in the planted area, productivity and effective livestock, both in number of heads and / or unit of animals. The decline of these indicators corroborates the statement of improvement of environmental conditions in the studied area.

**Key words:** Desertification, Physical Degradation, Effective Degradation, Climate Index, rainfall erosivity, Soil Erodibility, Slopiness, NDVI.



## Lista de Figuras

<b>Figuras</b>		<b>Páginas</b>
Figura 1	Áreas suscetíveis a desertificação, definidas segundo Brasil (2004)	17
Figura 2	Relação desertificação e erosão dos solos, adaptada de Roxo e Mourão (1998) e Aquino (2002).	21
Figura 3	Suscetibilidade a desertificação das Terras Secas do Piauí e do Núcleo de São Raimundo Nonato.	45
Figura 4	Municípios Integrantes do Núcleo de Degradação/desertificação de São Raimundo Nonato.	46
Figura 5	Distribuição dos períodos chuvosos no Estado do Piauí, segundo Medeiros (1999).	48
Figura 6	Precipitação total média anual no Núcleo de São Raimundo Nonato.	52
Figura 7	Evapotranspiração potencial total anual no Núcleo de São Raimundo Nonato.	54
Figura 8	Evapotranspiração real anual no Núcleo de São Raimundo Nonato.	55
Figura 9	Índice de Aridez (P/ETP) no Núcleo de São Raimundo Nonato.	56
Figura 10	Meses Secos no Núcleo de São Raimundo Nonato.	58
Figura 11	Gráficos ombrotérmicos dos postos pluviométricos Bom Jardim, Cavalheiro, Curral Novo e Estação.	59
Figura 12	Gráficos ombrotérmicos dos postos pluviométricos Juscelino Kubsticheck, Moreira, Riacho das Vacas e São Lourenço.	60
Figura 13	Índice efetivo de umidade (IM) no Núcleo de São Raimundo Nonato (Thornthwaite & Mather, 1955).	62
Figura 14	Unidades geológicas do Núcleo de São Raimundo Nonato (CPRM, 2006).	65
Figura 15	Feições geomorfológicas do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Brasil (1973).	66
Figura 16	Associações de solos do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Jacomine (1986).	68
Figura 17	Formações vegetais do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Brasil (1973).	70
Figura 18	Evolução da População no Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí.	76
Figura 19	Fluxograma da pesquisa para avaliação do risco de degradação física e da degradação efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato.	79
Figura 20	Esquema metodológico empregado na pesquisa para avaliação do risco de degradação física e da degradação efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato.	82
Figura 21	Unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.	91
Figura 22	Índice climático do Núcleo de São Raimundo Nonato.	99
Figura 23	Perfil topográfico Global Mapper, sentido NW – SE do Núcleo de São Raimundo Nonato.	101
Figura 24	Corte sentido NW – SE do Núcleo de São Raimundo Nonato.	102
Figura 25	Visão geral da área de estudo em 3D.	103
Figura 26	Erosividade das chuvas no Núcleo de São Raimundo Nonato.	108
Figura 27	Erodibilidade das associações de solos do Núcleo de São Raimundo Nonato.	113

<b>Lista de Figuras (Continuação)</b>		<b>Páginas</b>
Figura 28	Classes de relevo do Núcleo de São Raimundo Nonato.	116
Figura 29	Classes de altitude do Núcleo de São Raimundo Nonato.	118
Figura 30	Índice de vegetação normalizada (NDVI) do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.	119
Figura 31	Variação interanual (1987 e 2007) do NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato.	121
Figura 32	Instalações abandonadas da fazenda fontenelli no município de São Raimundo Nonato.	125
Figura 33	Índice de vegetação normalizada (NDVI) do Núcleo de São Raimundo Nonato nos meses de maio/junho e outubro do ano de 1987.	127
Figura 34	Variação sazonal (maio/junho e outubro) do NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato	128
Figura 35	Risco de degradação física no Núcleo de São Raimundo Nonato.	131
Figura 36	Degradação efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.	135
Figura 37	Front da Cuesta na área do Parque Nacional da Serra da Capivara.	136
Figura 38	Degradação efetiva alta com indícios de processo de desertificação em diferentes Unidades Geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.	137
Figura 39	Solo exposto recoberto por pedregosidade na unidade Superfície Pedimentada.	138
Figura 40	Degradação Efetiva Moderada em diferentes Unidades Geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.	139
Figura 41	Formações vegetais e uso da terra no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.	143
Figura 42	Diferentes formas de utilização da Terra na área de estudo	147
Figura 43	Valores percentuais dos tipos de cobertura vegetal e uso do solo nos anos de 1987 e 2007.	146
Figura 44	Porcentagem das classes de atividades econômicas desenvolvidas no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1985 e 1995/1996.	151
Figura 45	Porcentagem dos principais produtos agrícolas do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1989, 1995, 2001 e 2006.	153
Figura 46	Porcentagem de efetivos bovinos, ovinos e caprinos no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1989, 1995, 2001 e 2006.	163
Figura 47	Produção de mel em municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1994, 1995, 2001 e 2006.	167
Figura 48	Porcentagem de pessoas beneficiadas (INSS e PBF) nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato	170
Figura 49	Porcentagem do número de pessoas por domicílio segundo as faixas de renda do chefe de família para os municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato.	171

## Lista de Tabelas

<b>Tabelas</b>		<b>Páginas</b>
Tabela 1	Tipos de clima segundo a amplitude de variação do Índice de Aridez (P/ETP) da UNEP (1991).	14
Tabela 2	Resultado do balanço hídrico dos postos meteorológicos do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Thornthwaite (1955).	50
Tabela 3	Precipitação média e coeficiente de variação interanual das precipitações no Núcleo de São Raimundo Nonato.	51
Tabela 4	Classificação dos climas segundo o Índice Efetivo de Umidade (Im) de Thornthwaite & Mather (1955).	61
Tabela 5	Estrutura fundiária dos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí.	74
Tabela 6	População total, urbana e rural nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato, nos anos de 1970, 1980, 1991, 1996 e 2007.	77
Tabela 7	Distribuição das classes de severidade do clima nas unidades geoambientais, com os respectivos pesos e média ponderada empregada na fórmula descritiva.	98
Tabela 8	Erosividade da chuva (R) mensal, anual e a correspondente concentração (novembro a abril) nos postos pluviométricos do entorno e no interior do Núcleo de São Raimundo Nonato.	105
Tabela 9	Precipitação média mensal e a correspondente concentração (novembro a abril) nos postos pluviométricos do entorno e no interior do Núcleo de São Raimundo Nonato.	107
Tabela 10	Distribuição das classes de Erosividade nas unidades geoambientais, com os respectivos pesos e média ponderada empregada na fórmula descritiva.	108
Tabela 11	Média ponderada da Erodibilidade das associações de solos do Núcleo de São Raimundo Nonato com seu respectivo peso e classe.	110
Tabela 12	Distribuição das classes de erodibilidade nas unidades geoambientais e média ponderada empregada na fórmula descritiva.	114
Tabela 13	Distribuição das classes de declividade nas unidades geoambientais e média ponderada empregada na fórmula descritiva.	115
Tabela 14	Valores absolutos e relativos de NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007, com as respectivas classes de proteção.	120
Tabela 15	Distribuição absoluta e relativa dos níveis de NDVI na imagem de 1987 e seus correspondentes níveis na imagem de 2007.	122
Tabela 16	Distribuição percentual das classes de NDVI nas unidades geoambientais nos anos de 1987 e 2007, com as respectivas classes de proteção.	124
Tabela 17	Valores absolutos e relativos de NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato no ano de 1987 nos meses de maio/junho e outubro com as respectivas classes de proteção e peso.	128
Tabela 18	Unidades geoambientais identificadas na área de estudo com a respectiva percentagem de ocorrência nas classes de risco de degradação física	130
Tabela 19	Contribuição absoluta e relativa dos indicadores empregados na estimativa do risco de degradação física nas unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.	133

**Lista de Tabelas (Continuação)****Páginas**

Tabela 20	Distribuição relativa das classes de degradação efetiva nas unidades geoambientais da área de estudo em 1987 e 2007.	134
Tabela 21	Análise da contribuição absoluta e relativa dos indicadores empregados na estimativa da degradação efetiva das unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.	140
Tabela 22	Distribuição absoluta e relativa dos tipos de vegetação/uso da terra nas unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.	144
Tabela 23	Distribuição absoluta e relativa dos tipos de vegetação/uso da terra na imagem de 1987 e seus correspondentes tipos na imagem de 2007.	148
Tabela 24	Utilização da terra no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1985 e 2006.	152
Tabela 25	Produção de feijão em grãos em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato.	154
Tabela 26	Produção de mandioca em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí.	155
Tabela 27	Produção de milho em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato.	156
Tabela 28	Produção de mamona em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato.	157
Tabela 29	Área plantada (há) e quantidade produzida de castanha de caju (toneladas) no Núcleo de São Raimundo Nonato.	159
Tabela 30	Síntese das variações entre os anos de 1989 e 2006 das áreas plantadas (culturas temporárias e permanentes) no Núcleo de São Raimundo Nonato.	160
Tabela 31	Área plantada, produção bruta, produtividade e sua variação entre os anos de 1986 e 2006 do Núcleo de São Raimundo Nonato.	161
Tabela 32	Efetivos bovino, ovino e caprino no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1991, 1995, 2001 e 2006.	162
Tabela 33	Síntese da variação dos rebanhos (bovino, caprino e ovino) entre os anos de 1991 e 2006 no Núcleo de São Raimundo Nonato.	164
Tabela 34	Produção de Mel nos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí nos anos de 1994, 1995, 2001 e 2006.	166
Tabela 35	Número de benefícios, total de beneficiados, % de beneficiados em relação à população total dos municípios (2005), valor total e valor médio (R\$) pago por beneficiário dos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato.	169
Tabela 36	Número absoluto e relativo de famílias e pessoas cadastradas e beneficiadas no PBF em 2008 nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato.	170
Tabela 37	Relação entre população estimada em 2008 e pessoas cadastradas no CadÚnico nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato.	172
Tabela 38	Valores de IDF para os municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato.	174

## Lista de Quadros

<b>Quadros</b>		<b>Páginas</b>
Quadro 1	Indicadores de desertificação propostos por Vasconcelos Sobrinho (1987)	26
Quadro 2	Indicadores de desertificação propostos por Matallo Júnior (2001)	27
Quadro 3	Indicadores de desertificação consensuados em Brasil (2004)	28
Quadro 4	Trabalhos realizados no Nordeste brasileiro na perspectiva da desertificação, escala de abrangência e indicadores empregados.	42
Quadro 5	Municípios integrantes do Núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato com os respectivos municípios de origem e ano de emancipação.	44
Quadro 6	Formações geológicas e litologias do Núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato – Piauí.	64
Quadro 7	Características das imagens Landsat com cobertura de nuvens < 10% utilizadas para a identificação de níveis de NDVI e tipologias de cobertura vegetal e uso da terra.	87

## LISTA DE SIGLAS

ASD – Áreas suscetíveis a Desertificação  
CadÚnico – Cadastro Único para Programas sociais do Governo Federal  
CCD – Convenção de Combate a Desertificação  
**CEPRO** - Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí  
CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE  
CONSLAD – Conferencia Nacional e Seminário Latino-Americano de Desertificação  
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
CSC - Superfície Conservada Cristalina  
D – Declividade  
DE – Degradação Efetiva  
ETP – Evapotranspiração Potencial  
ETR – Evapotranspiração Real  
FUMDHAM – Fundação Museu do Homem Americano  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IC – Índice Climático  
ICID – Conferencia Internacional sobre Variações Climáticas e Desenvolvimento sustentável no Semiárido  
ICV – Índice de Cobertura Vegetal  
IDF – Índice de Desenvolvimento Familiar  
IM – Índice Efetivo de Umidade  
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
**INSS - Instituto Nacional do Seguro Social**  
IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas e Sociais  
K – Erodibilidade dos solos  
MDE – Modelo Digital de Elevação  
MDS – Ministerio do Desenvolvimento Social  
MS – Meses Secos  
NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada  
PACD – Plano de ação Mundial contra a Desertificação  
PAE - Planos de Ações Estaduais  
PAM – Pesquisa Agropecuária Municipal  
PAN – Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca  
PAR – Programa de Ação Regional de Combate a Desertificação  
PAS – Programa de Ação Subregional de Combate a Desertificação  
PBF – Programa Bolsa Família  
PF – Planície Fluvial  
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente  
PPM – Pesquisa Pecuária Municipal  
R- Erosividade das Chuvas  
RDF – Risco de Degradação Física  
SCS- Superfície Conservada Sedimentar  
SP - Superfície Pediplanada  
SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste  
TSA – Trópico semiárido  
UNEP - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente  
VP- Vales Pedimentados e Interplanálticos

## SUMÁRIO

	Pág.
<b>Lista de Figuras</b>	
<b>Lista de Tabelas</b>	
<b>Resumo</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1. A abordagem sistêmica na Geografia e no planejamento ambiental</b>	<b>4</b>
1.1. Planejamento ambiental para fins de sustentabilidade das Terras Secas	9
<b>2. Resgate histórico, bibliográfico e metodológico do estudo da desertificação.</b>	<b>12</b>
2.1. Programa de Ação Nacional de Combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca – PAN BRASIL	16
2.2. Indicadores de desertificação	19
2.3. Estudo da desertificação no Nordeste brasileiro: Metodologias, escalas e indicadores.	30
2.4. Sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto aplicados na identificação de áreas degradadas e/ou desertificadas.	33
2.4.1. Detecção de mudanças: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e degradação ambiental.	38
<b>3. Área de estudo: Seleção, localização geográfica e caracterização geral.</b>	<b>44</b>
3.1. Caracterização geral da área de estudo	47
3.1.1. Condicionantes climáticos	47
3.1.2. Condicionantes geológicos e geomorfológicos	63
3.1.3. Condicionantes pedológicos e vegetacionais	67
<b>4. Ocupação, estrutura fundiária e evolução urbana do Núcleo de São Raimundo Nonato.</b>	<b>71</b>
<b>5. Procedimentos metodológicos e técnicos empregados na identificação das unidades geoambientais e na avaliação do risco de degradação física (RDF) e da degradação efetiva (DE) da área de estudo</b>	<b>78</b>
5.1. Identificação de unidades geoambientais no Núcleo de São Raimundo Nonato	80
5.2. Fórmula descritiva para a avaliação do risco de degradação física e da degradação efetiva do Núcleo de São Raimundo Nonato	80
5.3. Indicadores para avaliação do risco de degradação física (índice climático, erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos e declividade) do Núcleo de São Raimundo Nonato.	83
5.4. Indicadores para avaliação da degradação efetiva (detecção de mudanças: de NDVI, dos tipos de cobertura vegetal e uso da terra) no Núcleo de São Raimundo Nonato.	86
5.5. Levantamento sócio-econômico	89
<b>6. Resultados e discussão</b>	<b>90</b>
6.1. Unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato e suas características	90

## Sumário (Continuação)

6.1.1	Superfície Conservada Sedimentar	90
6.1.2	Superfície Pediplanada	93
6.1.3	Superfície Conservada Cristalina	94
6.1.4	Planície Fluvial	95
6.1.5	Vales Pedimentados e Interplanáticos	96
6.2	Análise dos indicadores empregados na avaliação do risco de degradação física e da degradação efetiva do Núcleo de São Raimundo Nonato	97
6.2.1	Índice Climático (IC)	97
6.2.2.	Erosividade da chuva (R)	104
6.2.3.	Erodibilidade das associações de solos (K)	110
6.2.4	Declividade (D)	115
6.2.5	Dinâmica interanual do NDVI	117
6.2.6	Dinâmica sazonal do NDVI	126
6.2.7	Risco de degradação física e degradação efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato	129
6.2.7.1	Risco de degradação física	129
6.2.7.2	Degradação Efetiva.	133
7.	<b>Dinâmica da cobertura vegetal, do uso da terra e variação dos aspectos sociais e econômicos do núcleo de São Raimundo Nonato.</b>	<b>142</b>
7.1	Dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra nos anos de 1987 e 2007	142
7.2	Variações econômicas e aspectos sociais	150
8.	<b>Considerações finais</b>	<b>179</b>
	Referências bibliográficas.	183
Anexo 1	Equação para cálculo do valor crítico do processo de Degradação Física	204
Anexo 2	Equação para cálculo do valor crítico do processo de Degradação Efetiva	205
Anexo 3	Equação para cálculo do valor crítico do processo de degradação da cobertura vegetal	206



## INTRODUÇÃO

A história da humanidade, marcada pela relação homem e natureza ao longo dos tempos e em face do aprimoramento científico e tecnológico, tem evidenciado significativas mudanças no meio ambiente, ocasionando impactos de diferentes naturezas na biosfera.

Um primeiro momento de reflexão acerca das preocupações com o meio ambiente remonta a 1968 com a criação do Clube de Roma que incorporou, no bojo das discussões ambientais, questões sociais, políticas, ecológicas e econômicas para fins de uso racional dos recursos, culminando com a elaboração do Relatório Limites do Crescimento que abalou a convicção da infinitude dos recursos naturais.

Um outro marco das discussões ambientais foi a Conferência das Nações Unidas Para o Meio Ambiente realizada no ano 1972 em Estocolmo cujo objetivo era a compreensão plena dos problemas globais. Na ocasião foram evidenciadas as primeiras preocupações a nível macro com as regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas do globo suscetíveis à desertificação, de acordo com Brasil (1996).

A redução da biodiversidade, a intensificação de processos erosivos, a diminuição da cobertura vegetal, a redução dos recursos hídricos e ainda o comprometimento da qualidade dos mesmos, quer resultantes de eventos cíclicos de seca quer do uso inadequado do solo, são algumas evidências de degradação ambiental em regiões semiáridas, a exemplo do Nordeste Brasileiro, e que de acordo com o conceito de desertificação proposto pela ONU e constante na Convenção de Combate a Desertificação podem ser estudados na perspectiva da desertificação, um problema sério e que agrava a pobreza estrutural da referida região.

Quanto à desertificação no mundo, os principais países atingidos são: Portugal, Namíbia, China e Brasil (Nascimento, 2006). Em nosso país, o processo de desertificação evidencia-se na região semiárida do nordeste, em uma área de aproximadamente 788.064 km<sup>2</sup> correspondendo a 48% da região (Nascimento, 2006).

No tocante a estudos regionais, considerando a temática da desertificação, Ferreira (1994) e o Ministério do Meio Ambiente indicam Gilbués, no Piauí, como um núcleo de desertificação, com expressivo grau de comprometimento, no entanto, considerando o Índice de Aridez (IA) proposto pelo UNEP (1991), constata-se que a região em questão não se enquadra como área suscetível à desertificação, posto apresentar valores de IA variando de 0,76 a 0,96, fugindo assim ao escopo proposto pela Convenção de Combate a Desertificação que utiliza valores entre 0,005 e 0,65 para a identificação das áreas do globo suscetíveis a desertificação.

Pautado nessa constatação e nos resultados de Aquino (2002) que indicam do ponto de vista climático (Índice de Aridez) 45,3% das terras piauienses como suscetíveis à desertificação em diferentes níveis, optou-se pelo estudo do núcleo de São Raimundo Nonato, objetivando uma avaliação cuidadosa da relação entre o risco físico de degradação/desertificação e as atividades humanas, que denotam a degradação efetiva da área, considerando uma análise multitemporal.

Os objetivos a que se propõe a pesquisa são os seguintes:

**Geral:**

1. Aprofundar a partir do fornecimento de um conjunto de informações ambientais e econômicas os estudos de degradação ambiental/desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato para fins de apoio ao combate à desertificação.

**Específicos:**

1. Identificar unidades geoambientais para a área de estudo considerando a abordagem integrada;
2. Analisar o risco de degradação física da área de estudo e das unidades geoambientais considerando os seguintes parâmetros: erosividade da chuva, erodibilidade dos solos, declividade do terreno e o índice climático;
3. Analisar o risco de degradação efetiva da área de estudo e das unidades geoambientais considerando além dos parâmetros citados anteriormente, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI);
4. Avaliar de maneira têmporo-espacial as variações da degradação efetiva considerando a dinâmica do NDVI entre os anos de 1987 e 2007.

5. Indicar áreas com diferentes níveis de degradação que possam evidenciar indícios de processo de desertificação;
6. Avaliar de maneira têmporo-espacial as variações na cobertura vegetal e no uso do solo relacionando-as ao avanço ou recuo da degradação na área de estudo;
7. Avaliar as relações entre a degradação efetiva do Núcleo de São Raimundo Nonato e os dados socioeconômicos disponíveis no IBGE para os municípios que compõem a área de estudo;
8. Recomendar ações e medidas visando ao uso racional dos recursos naturais e a consequente melhoria da qualidade de vida da população residente na área de estudo.

Acreditamos que o alcance dos objetivos apresentados podem subsidiar os tomadores de decisões na esfera política-administrativa, dar suporte aos planos de desenvolvimento e ainda ao monitoramento ambiental, evidenciando as áreas com maior urgência de intervenção no Núcleo de São Raimundo Nonato.

# **1. A ABORDAGEM SISTÊMICA NA GEOGRAFIA E NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

Diante da insuficiência metodológica e conceitual apresentada pelo Marxismo para as questões ambientais, a Teoria Sistêmica emerge na contemporaneidade como o método mais eficaz nos estudos relacionados ao meio ambiente.

Embora a tentativa de compreensão e entendimento do espaço geográfico de forma integrada (totalidade), ou seja, em uma perspectiva de conjunto da estrutura da superfície da terrestre, remonte a orientação naturalista de Alexandre Von Humboldt considerado por Troppe & Galina (2006) como holista, sistêmica e cientificista, foi Ludwig von Bertalanffy que em 1930 formulou as bases da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) com aplicações na biologia e na termodinâmica.

A abordagem sistêmica preconizada por Ludwig Von Bertalanffy objetiva a formulação de princípios universais aplicáveis aos sistemas em geral, quer de natureza física, biológica ou sociológica, bem como a compreensão das relações existentes entre eles. Nesta perspectiva, sistema é definido como complexos de elementos em interação. (Bertalanffy, 1973).

A Teoria Geral dos Sistemas fundamenta-se na ideia de totalidade, a partir de interações dinâmicas manifestadas na diferença de comportamento das partes quando isoladas ou quando em configuração superior (Bertalanffy, 1973). Assim, aparecem sistemas de várias ordens (física, biológica ou sociológica), que não são compreensíveis mediante a investigação de suas partes isoladamente, constata-se assim uma tendência no sentido da integração nas ciências naturais e sociais.

As concepções de Bertalanffy influenciaram de forma determinante a chamada Nova Geografia, o emprego do arcabouço teórico-metodológico da TGS permitiu a dinamização da Geografia Física. A Paisagem passou a ser estudada segundo sua funcionalidade e com interesse na organização derivada do jogo de interações e interdependência entre os elementos e atributos constituintes da mesma (Marques Neto, 2008).

A Escola Soviética de Geografia foi palco privilegiado do emprego e discussão da TGS. Nomes como os de Dokoutchaev, Grigoriev e Sotchava, constituem referência no emprego da abordagem integrada na Geografia, culminando com a criação, por este último, do termo Geossistema em 1962.

Sotchava (1977) definiu o geossistema como um sistema natural, composto por fatores bióticos e abióticos. Consta-se pela definição serem os atributos naturais a base para a identificação dos Geossistemas.

Outra definição de Sotchava (1977) para os geossistemas é a seguinte: são formações naturais experimentando o impacto dos ambientes social e econômico. Coloca também que os estudos dos sistemas ambientais não podem estar dissociados dos aspectos antrópicos do ambiente, reconhecendo assim a influência dos fatores antrópicos na dinâmica e estrutura dos geossistemas. Vale ressaltar que embora haja o reconhecimento da influência dos fatores antrópicos é notória a prevalência, às vezes “exagerada”, dos aspectos ambientais quando do emprego desta teoria na Geografia.

A Geografia Francesa do Pós-Guerra tendo como precursor Georges Bertrand (1972), aprimorou a discussão pertinente aos Geossistemas a partir do estabelecimento de uma classificação dos fenômenos geográficos divididos em: i) Unidades Superiores (zona, domínio e região) e ii) Unidades Inferiores (Geossistema, Geofácia e Geótopo). O sistema taxonômico proposto por Bertrand (*Op.cit.*) possibilitou a classificação dos geossistemas em função da escala permitindo uma análise espaço-temporal, considerando fatores biogeográficos e socioeconômicos

Georges Bertrand (1972) considera o Geossistema como uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados a algumas centenas de quilômetros quadrados. Afirma que é nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas, mais interessantes aos geógrafos, posto ser esta escala compatível com a escala humana.

Bertrand (*Op.cit.*) conceituou Geossistemas como um sistema aberto, hierarquicamente organizado formado pela combinação dinâmica e dialética de fatores

físicos, biológicos e antrópicos. O autor inova ao propor um modelo conceitual que contemple de forma integrada i) um potencial ecológico (geomorfologia, clima e hidrologia), ii) uma exploração biológica natural (vegetação, solo e fauna) e iii) ação antrópica propiciando o estudo integrado da paisagem.

Inspirado na teoria da bioestasia de Erhart (1967) e considerando três elementos i) o sistema de evolução, ii) o estágio atingido em relação ao “clímax”, e o iii) sentido geral da dinâmica (progressiva, regressiva, estabilidade), Bertrand (*Op.cit.*) propôs uma tipologia dinâmica que classifica os geossistemas em dois grandes grupos: os geossistemas em bioestasia e os geossistemas em resistasia.

Os geossistemas em bioestasia correspondem a paisagens nas quais a atividade geomorfogenética é fraca ou nula. O sistema de evolução é dominado pelos agentes e pelos processos bioquímicos, com predomínio da pedogênese. A intervenção antrópica pode provocar uma dinâmica regressiva da vegetação e dos solos, mas ela nunca compromete gravemente o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica. (Bertrand,*Op.cit.*).

Nos geossistemas em resistasia, a geomorfogênese (erosão, transporte, e acumulação de detritos) domina a dinâmica global das paisagens e modifica de forma significativa o potencial ecológico. (Bertrand,*Op.cit.*).

Tricart (1977), considerando a dinâmica da paisagem, propôs o conceito de “Balanço Morfogênético”. Este resumidamente pode ser definido como sendo a relação entre a formação de solo (pedogênese) e a remoção de detritos por meio dos processos erosivos (morfogênese), com consequente modificação das formas de relevo. Considerando a dinâmica deste balanço, o referido autor estabeleceu os seguintes ambientes ecodinâmicos: estáveis, de transição e instáveis.

Nos ambientes estáveis, a componente vertical (processos de meteorização) se sobressai, com tendência a aumento da espessura do solo em face da fraca atividade do potencial erosivo com tendência a pedogênese. Nos ambientes de transição, pode haver predomínio de processos morfogenéticos (meios instáveis) ou pedogenético (meios estáveis). Nos ambientes instáveis, verifica-se intensa atividade do potencial erosivo,

com predomínio das componentes paralelas (escoamento, ação eólica, movimentos do regolito, etc.), culminando com a remoção de detrito das vertentes, rebaixamento do modelado e a conseqüente deterioração do ambiente e da capacidade produtiva dos recursos naturais.

No Brasil, nomes como o de Monteiro (2001), Chistofolletti (1978, 1979 e 1999), Veado & Troppmair (2001), Troppmair (2004), Troppmair & Galina (2006), Ab'Saber (1977) destacam-se pela aceitação e utilização da abordagem Geossistêmica na Geografia, que permitiu uma maior compreensão das paisagens brasileiras.

Troppmair (2004, p. 102) define Geossistema como “um espaço que se caracteriza pela homogeneidade dos seus componentes, suas estruturas, fluxos e relações que, integrados, formam o sistema do ambiente físico e onde há exploração biológica”. Diante da presente definição o autor deixa implícito que os Geossistemas são influenciados tanto por fenômenos naturais quanto econômicos e sociais, posto não definir as estruturas, fluxos e relações ocorrentes nos Geossistemas ou Sistemas Geográficos.

Christofolletti (1999) concebe os Geossistemas como sistemas ambientais constituídos por elementos físicos e biológicos da natureza analisados em uma perspectiva geográfica, contemplando as relações e inter-relações entre os sistemas ambientais e os sistemas socioeconômicos.

Christofolletti (*Op.cit.*) afirma serem os sistemas ambientais físicos abertos, ligados a um território e caracterizados por possuírem certa morfologia (estruturas espaciais, verticais e horizontais), por um funcionamento (energia solar, gravitacional, ciclos biogeoquímicos, processos morfogenéticos e pedogenéticos) e comportamento específicos (mudanças em seqüência temporal), contudo, estes não são necessariamente homogêneos.

Ab'Saber (1977) destaca-se pelos estudos realizados no semiárido, enfocando a temática da desertificação, processo resultante de variações climáticas e de ações humanas, que conduz ao empobrecimento dos ecossistemas e conseqüente redução da produtividade agrícola com comprometimento da qualidade de vida das populações das

áreas afetadas, evidenciando assim a complexidade deste fenômeno e a exigência de abordagem integrada.

Na literatura os termos Sistemas Geográficos, Complexo Natural Territorial, Sistema Natural e ainda Sistemas Ambientais Físicos são empregados pelos autores acima citados como sinônimos de Geossistemas. Na presente pesquisa, far-se-á uso do termo Unidades Geoambientais para fazer referência às diferentes unidades que personificam as estruturas das paisagens do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Nascimento & Sampaio (2004/2005) afirmam o uso corrente da abordagem sistêmica em Geografia na medida em que segundo os autores (*Op.cit.*), ainda não se conseguiu desenvolver outro método adequado que contemple as diferentes tendências de evolução e dinâmicas da paisagem.

Considerando que na contemporaneidade as fronteiras culturais, históricas, políticas, econômicas e sociais deixaram de existir, é fundamental o emprego do arcabouço teórico e metodológico das abordagens integradoras para fins de conservação, uso racional e desenvolvimento do espaço geográfico.

As valorosas contribuições da abordagem geossistêmica para a compreensão do espaço geográfico não a exime de críticas, dentre as quais destacamos:

- i) O caráter subjetivo empregado na seleção de procedimentos a serem utilizados na identificação dos sistemas ambientais (geossistemas), o que torna as delimitações geográficas arbitrárias;
- ii) A forte carga natural que paira nos estudos realizados sob a ótica dos geossistemas, a começar pelos procedimentos selecionados para a identificação dos mesmos (geológico geomorfológico e/ou topomorfológico). A ausência de uma tipologia de paisagem que contemple as paisagens fortemente humanizadas (urbana) confirma o acentuado caráter natural dos geossistemas;



- iii) A amplitude conceitual proposta por Bertrand (1972) considerando o geossistema como composto por ação antrópica, exploração biológica e potencial ecológico, segundo Vicente & Perez (2003), dificultou a aplicação desde modelo desde seu lançamento. No entanto acreditamos que de todas as teorias apresentadas até agora à Geografia a TGS é a que de maneira própria e eficiente responde melhor às questões vividas pela sociedade, tais como os problemas relacionados ao meio ambiente.
  
- iv) Embora considerando as críticas que permeiam a Teoria Geral dos Sistemas, o pragmatismo a ela associado, torna-a um instrumental fundamental a ser empregado nas análises integrativas do complexo físico-geográfico, ou seja, no entendimento das relações entre a natureza e a sociedade humana para fins de planejamento e conservação ambiental.

Os processos de degradação ambiental, dentre eles a desertificação que tem como causa as variações climáticas e ações antrópicas, exemplificam a necessidade da abordagem sistêmica para a compreensão das relações e inter-relações que se estabelecem nas Terras Secas (regiões áridas e semiáridas e subúmidas secas) sujeitas a este processo.

## 1.1 PLANEJAMENTO AMBIENTAL PARA FINS DE SUSTENTABILIDADE DAS TERRAS SECAS

Desde os tempos primevos, o homem preocupa-se com o planejamento do espaço. Santos (2004) destaca como exemplo pioneiro o planejamento advindo das aldeias mesopotâmicas a cerca de 4000 a.C, contudo, somente a partir de 1850 com as descobertas científicas por parte de estudiosos da história natural como Darwin, Linnaeus e Wallace é que as preocupações com o ambiente assumiram um caráter científico.

Em tempos hodiernos, o crescimento dos centros urbanos com o conseqüente comprometimento dos recursos naturais culminou com a emergência daquilo que Ross

(1995) chamou de “moda do ambientalismo”. O autor (*Op.cit.*) a definiu como uma tomada de consciência de que é necessário preservar, conservar, recuperar e explorar a natureza com modernismo tecnológico e com adoção de políticas estratégicas que não vejam somente o hoje, mas que projetem e protejam o futuro.

Dentre os eventos que marcam a emergência desse ambientalismo, destacam-se a publicação do livro *Primavera Silenciosa*, de Raquel Carson, a publicação do Relatório *Limites do Crescimento* elaborado pelo Clube de Roma e a Conferência de Estocolmo (1972), com ênfase, na ocasião, para a criação do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas.

O ambientalismo que se instala redescobre o homem como parte da natureza, reconhece a fragilidade humana e analisa os problemas de forma universal. Estas mudanças de concepção constituem, segundo Santos (2004) os prenúncios do planejamento ambiental. No Brasil a instituição da Política Nacional de Meio Ambiente exemplifica a adoção de uma proposta de planejamento ambiental para fins de ordenamento territorial.

O espaço objeto de estudo da Geografia constitui-se palco privilegiado das relações e inter-relações entre sociedade e natureza, bem como, das estratégias de planejamento ambiental.

Almeida (1993) define planejamento ambiental como:

“Conjunto de metodologias e procedimentos que avalia as contraposições entre as diferentes aptidões e usos dos territórios. Examina, portanto, as características do meio em que se desenvolvem as atividades humanas” (...) para fins de adequação de ações a potencialidades, vocação local e à capacidade de suporte (limites) dos ambientes.

Partindo da definição de Almeida (*Op.cit.*) constata-se a necessidade do emprego da abordagem sistêmica a partir de uma análise integrada dos fatores bióticos, abióticos e antrópicos para fins de identificação de sistemas ambientais

naturais, com a conseqüente avaliação de suas potencialidades e limitações. A Sales (1998) coube o pioneirismo na identificação de unidades geoambientais no Núcleo de Desertificação de Gilbués, área no estado do Piauí indicada pelo Ministério do Meio Ambiente como suscetível à desertificação.

A autora (*Op.Cit.*), em seu trabalho, caracteriza as unidades geoambientais da área de estudo, em seguida apresenta as limitações das mesmas. O trabalho de Sales (1998) eminentemente geográfico fornece subsídios para o planejamento ambiental de Gilbués.

A realização da I Conferência das Nações Unidas sobre a Desertificação, que resultou na criação do Plano de Ação Mundial contra a Desertificação (PNUMA); a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente que destinou um capítulo da Agenda 21 para discutir a desertificação, a elaboração da Convenção Internacional das Nações Unidas de Combate a Desertificação, a Resolução CONAMA 238 e ainda a criação do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação, constituem em escala macro exemplos de diretrizes e estratégias de planejamento orientado em uma perspectiva ambiental para fins de sustentabilidade das Terras Secas suscetíveis à desertificação.

## **2. RESGATE HISTÓRICO, BIBLIOGRÁFICO E METODOLÓGICO DO ESTUDO DA DESERTIFICAÇÃO.**

Historicamente a problemática da desertificação remonta a civilizações antigas, a exemplo dos mesopotâmicos e dos fenícios. Entretanto, nas últimas cinco décadas, a temática ganhou destaque, constituindo-se um tema de primeira ordem, colocando a sociedade em estado de alerta, face às perdas da capacidade produtiva das terras secas e a crise alimentar que ora se configura.

Um fenômeno conhecido como Dust Bowl (tigela de areia) que ocasionou intensa degradação de solos no meio oeste americano, nos anos de 1930, inaugurou as preocupações relacionadas à desertificação e aos impactos sociais e econômicos resultantes deste processo nas regiões áridas e semiáridas do globo, inserindo a temática da desertificação na agenda política internacional.

Outro marco na discussão relativa à desertificação remonta à década de 1960, quando no período compreendido entre 1967-1970 a região do Sahel na África foi afetada por intensa seca, que vitimou milhares de pessoas e animais.

Esses dois eventos despertaram o interesse pela temática da desertificação nos meios acadêmicos e políticos, inserindo definitivamente o tema na agenda política internacional (Brasil, 2004).

Durante a realização da Conferência de Estocolmo em 1972, considerando a gravidade das conseqüências da desertificação, decidiu-se na oportunidade pela realização da I Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (UNCOD) realizada em 1977 em Nairóbi, no Quênia. Na ocasião, a desertificação foi considerada como um problema de primeira magnitude, tendo sido definida como:

O empobrecimento dos ecossistemas áridos, semiáridos e alguns subúmidos pelo impacto das atividades do homem. A desertificação é o resultado do abuso da Terra (Rhodes, 1992).

O não estabelecimento de um indicador para identificação das áreas suscetíveis a desertificação, combinado a inexistência de limites de aridez e ainda a não consideração dos aspectos climáticos na definição resultaram, em 1991, na elaboração de uma nova definição para o fenômeno da desertificação.

Dentre as várias contribuições da Conferência de Estocolmo destacam-se, segundo MMA (2008):

- a) a consolidação do tema em nível mundial;
- b) a introdução das regiões com climas áridos e semiáridos no cenário das discussões, mostrando que os recorrentes problemas de pobreza e meio ambiente necessitavam de um enfrentamento direto por parte da comunidade internacional;
- c) a criação do Plano de Ação Mundial contra a Desertificação (PACD).

Os resultados alcançados a partir da realização da Conferência de Nairóbi foram mais do que modestos, fato que levou os países com problemas de desertificação, especialmente os da África, a elaborarem uma Convenção sobre desertificação. Esta Convenção foi realizada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92).

A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação representou um marco de inflexão nas discussões, posto ter definido o alcance do termo desertificação e o critério para identificação das áreas sujeitas a este processo. Na ocasião, desertificação foi definida como:

“A degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas” (Brasil, 1996, p. 9).

Por degradação da terra entende-se a redução ou perda, nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, da produtividade biológica ou econômica das terras agrícolas de sequeiro, das terras agrícolas irrigadas, das pastagens naturais, das pastagens semeadas, das florestas e das matas nativas devido aos sistemas de utilização

da terra ou a um processo natural (secas) ou combinação de processos, incluindo os que resultam da atividade do homem e das suas formas de ocupação do território, tais como:

- I. a erosão do solo causada pelo vento e/ou pela água;
- II. a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo, e
- III. a destruição da vegetação por períodos prolongados, com consequente redução da qualidade de vida das populações afetadas (Brasil, 1996)

Abraham et al. (2006) consideram que a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação representa um ponto de ruptura com o plano conceitual e metodológico dos estudos de desertificação, que até então, empregando uma visão setorial e analítica, priorizava o suporte físico em detrimento dos aspectos sociais e econômicos. Foram introduzidos, nas discussões relativas à desertificação, conceitos orientados na abordagem sistêmica, considerando de forma conjunta as dimensões físico-naturais dos fenômenos às dimensões sociais, econômicas, culturais e políticas.

A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação considera como *zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas* todas as áreas – com exceção das polares e das subpolares – com Índice de Aridez (IA) entre 0,05 e 0,65.

O Índice de Aridez é estimado pelo quociente entre a precipitação média anual (P) e a evapotranspiração potencial total anual (ETP). Os tipos de clima com suas respectivas amplitudes de aridez são apresentados no Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de clima segundo a amplitude de variação do Índice de Aridez (P/ETP) da UNEP (1991).

Zonas climáticas	Amplitude do Índice de Aridez (IA)
Hiper-árido	< 0,005
Árido	0,05 – 0,20
Semiárido	0,21-0,50
Subúmido seco	0,51-0,65
Subúmido e úmido	>0,65

Fonte: UNEP (1991).

De acordo com a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, as áreas susceptíveis à desertificação no Brasil (doravante ASD) estão localizadas na

Região Nordeste, com predomínio de climas semiáridos e subúmidos secos, com Índice de Aridez variando entre 0,21 a 0,65. Estas terras secas tem em comum o fato de serem caracterizadas pela ausência, escassez, quantidade limitada e ainda pela má distribuição das precipitações pluviométricas, associadas a elevadas taxas de evaporação.

No estado do Piauí, estudo realizado por Aquino (2006), aplicando o cálculo do Índice de Aridez evidenciou que 45,3% das terras do Estado são terras secas e, portanto, suscetíveis à desertificação. Estas terras secas do Piauí evidenciam um frágil equilíbrio dinâmico dos componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, recursos hídricos, etc.), resultante da intensa variabilidade climática a que estão submetidas.

A definição proposta por Brasil (1996), de acordo com Sales (2003), permite que as discussões sobre degradação ambiental em terras secas (zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas) do globo sejam realizadas na perspectiva da desertificação.

Esta compreensão permitiu que na América Latina e, em especial, no Brasil, houvesse uma maior difusão de trabalhos acadêmicos e científicos, abordando esta temática, comprovadamente registrados em várias publicações de congressos, convenções e conferências a exemplo da Conferência Internacional sobre Variações Climáticas e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido (ICID) e ainda a Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano de Desertificação (CONSLAD) ambas realizadas em Fortaleza em 1992 e 1994 respectivamente.

Abraham & Torres (2007) consideram que em seu caráter de estrutura supranacional a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação apresenta uma organização político-administrativa baseada em três níveis de desagregação:

- Nível regional (**PAR**) resultante de consenso internacional, englobando as seguintes áreas: África, Ásia, América Latina e Caribe, Europa Mediterrânea e a Europa Oriental;
- Nível sub-regional coincide com as áreas geográficas que extrapolam os limites nacionais e que apresentam problemas comuns que deveriam ser enfrentados pelos vários países a partir de um programa de ação sub-regional (**PAS**). No

caso da América Latina e Caribe são reconhecidas as sub-regiões da Mesoamérica e México, Caribe e Sudamérica;

- Nível nacional coincide com as fronteiras de cada país (**PAN**), considerando as distintas áreas microrregionais e tendo no enfoque participativo uma ferramenta efetiva para a implantação de estratégias de planejamento e controle da desertificação.

## 2.1 PROGRAMA DE AÇÃO NACIONAL DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA SECA – PAN BRASIL

O Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN Brasil lançado oficialmente em agosto de 2004 fundamentou-se nos pressupostos de documentos importantes a exemplo da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (1996), da Agenda 21, da Declaração do Semiárido, da Conferência Nacional do Meio Ambiente e ainda nas estratégias e macro objetivos de desenvolvimento sustentável constantes no Plano Plurianual (PPA 2004-2007).

O PAN Brasil tem como objetivo identificar os fatores que contribuem para a desertificação e ainda as medidas de ordem prática necessárias ao seu combate e à mitigação dos efeitos da seca. O PAN Brasil deve especificar o papel do governo, das comunidades locais e dos detentores de terra, bem como, determinar quais os recursos disponíveis e os necessários para combater a desertificação.

Para efeitos de atuação do PAN Brasil foram consideradas áreas suscetíveis à desertificação (ASD):

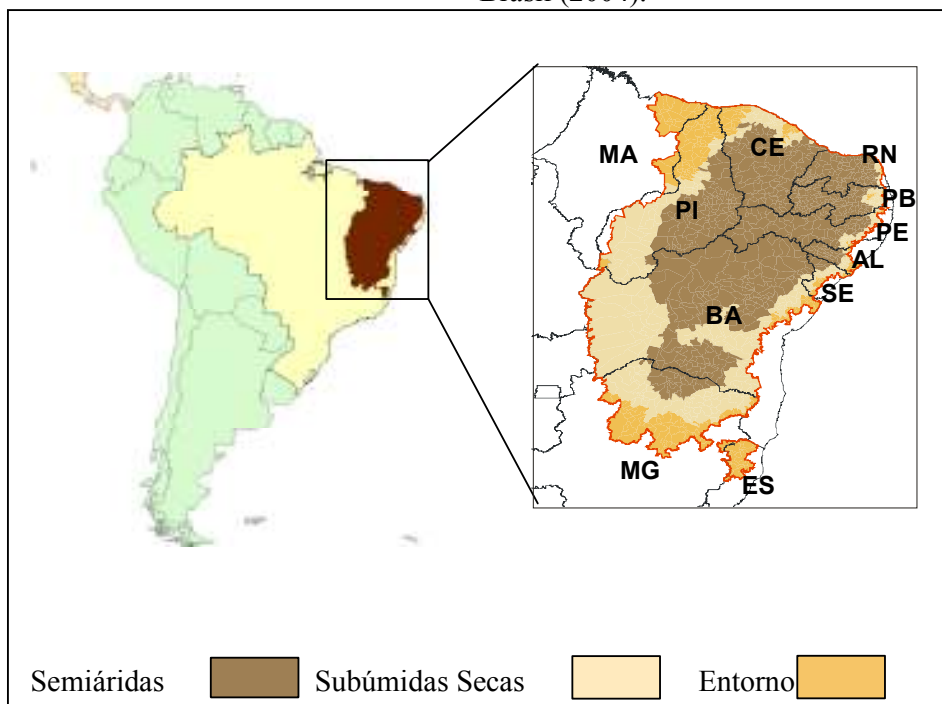
- a) Os núcleos de desertificação;
- b) As áreas semiáridas e subúmidas secas;
- c) As áreas do entorno às áreas semiáridas e subúmidas secas;

A Figura 1 apresenta as ASD consideradas para efeitos de atuação do Pan-Brasil. Estas áreas representam 1.338.076 km<sup>2</sup> (15,72% do território brasileiro) e



abrigam uma população de mais de 31.6 milhões de habitantes (18,65% da população do país). (Brasil, 2004).

Figura 1 – Áreas Suscetíveis a Desertificação, definidas segundo.  
Brasil (2004).



Fonte: Brasil (2004)

Acreditamos haver um exagero, de ordem eminentemente política, na delimitação das ASD, fato que fica comprovado quando se observa que áreas do entorno das terras secas (semiáridas e subúmidas secas) foram enquadradas como sujeitas a desertificação.

No caso do Piauí, foram incluídos 71 municípios do entorno das terras secas, são eles: Agricolândia, Água Branca, Alto Longá, Altos, Angical do Piauí, Barras, Barreiras do Piauí, Barro Duro, Batalha, Beneditinos, Boa Hora, Bom Princípio do Piauí, Boqueirão do Piauí, Brasileira, Buriti dos Lopes, Cabeceiras do Piauí, Cajueiro da Praia, Campo Largo do Piauí, Campo Maior, Capitão de Campos, Caraúbas do Piauí, Caxingó, Cocal, Cocal de Telha, Cocal dos Alves, Coivaras, Curralinhos, Demerval Lobão, Domingos Mourão, Esperantina, Hugo Napoleão, Ilha Grande, Jardim do Mulato, Jatobá do Piauí, Joaquim Pires, Joca Marques, José de Freitas, Lagoinha do Piauí,

Lagoa Alegre, Lagoa de São Francisco, Lagoa do Piauí, Luís Correia, Luzilândia, Madeiro, Matias Olímpio, Miguel Alves, Miguel Leão, Monsenhor Gil, Morro do Chapéu do Piauí, Murici dos Portelas, Nossa Senhora de Nazaré, Nossa Senhora dos Remédios, Novo Santo Antônio, Olho d'Água do Piauí, Palmeirais, Parnaíba, Passagem Franca do Piauí, Piracuruca, Piripiri, Porto, Prata do Piauí, Santo Antônio dos Milagres, São Gonçalo do Piauí, São João da Fronteira, São João do Arraial, São José do Divino, São Miguel da Baixa Grande, São Pedro do Piauí, Sigefredo Pacheco, Teresina e União.

Os critérios para inclusão destes municípios no PAN Brasil foram: i) terem apresentado algum tipo de degradação ambiental, especialmente relacionado a eventos cíclicos de secas; ii) integrarem listas de municípios atendidos pelos programas de emergência administrados pela SUDENE e iii) fazerem parte da área do bioma caatinga.

Os critérios elencados fogem ao escopo da CCD, na medida em que incluem municípios piauienses localizados em área litorânea a exemplo de Parnaíba e Luís Correia, denunciando a falta de cientificidade e seriedade no trato da problemática da desertificação.

Como forma de orientar os debates para fins de construção do Pan-Brasil, foram estabelecidos quatro eixos temáticos, a saber: i) combate à pobreza e à desigualdade; ii) ampliação sustentável da capacidade produtiva; iii) preservação, conservação e manejo sustentável de recursos naturais; e iv) gestão democrática e fortalecimento institucional (Brasil, 2004).

O eixo temático pertinente ao combate à pobreza e à desigualdade fundamenta-se nas ideias de Lemos (1999 e 2001). Este autor ressalta a estreita relação entre a pobreza e os processos de desertificação. Segundo Lemos (*Op.cit.*), o elevado estado de pobreza que prevalece em praticamente todos os municípios nordestinos contribui de forma decisiva para a degradação ambiental, podendo conduzir a processos de desertificação.

No que se refere a essa discussão, ressalvas devem ser feitas posto que, ao tempo em que a condição de pobreza tende a pressionar a base de recursos naturais, ocasionando a desertificação, o processo de desertificação que impõe perdas de solo,

comprometimento dos recursos hídricos, perda de biodiversidade e conseqüentemente queda da produtividade também acentua a condição de pobreza da população.

No tocante às ações de implementação dos programas de combate à desertificação nos Estados nordestinos, vale ressaltar serem as mesmas discrepantes e em alguns casos incipientes, sobretudo no que se refere a aspectos institucionais e recursos humanos capazes de pôr em funcionamento sistemas integrais de avaliação e monitoramento da desertificação. Lacerda & Lacerda (2004) indicam que o Estado que mais avançou na implementação dos programas de avaliação, monitoramento e combate à desertificação foi o Ceará, seguido de Pernambuco, já os que menos avançaram foram Piauí e Sergipe.

Essa constatação, mesmo que em nível escalar diferenciado, está de acordo com Abraham & Torres (2007) que afirmam que os países da América Latina e Caribe mostram diferenças internas muito consideráveis que se manifestam no grau de avanço dos respectivos PAN, no uso efetivo de indicadores, no grau de desenvolvimento dos suportes institucionais, nas capacidades humanas existentes, na geração de dados e finalmente na possibilidade de colocar em funcionamento sistemas integrais de avaliação e monitoramento da desertificação.

## 2.2. INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO

As zonas que apresentam climas áridos, semiáridos e subúmido secos são basicamente utilizadas para cultivo sob irrigação, agricultura de sequeiro nos solos de balanço hídrico mais favorável para produção e para pastoreio extensivo. Segundo Rodrigues (1987), Rhodes (1992) e Ferreira et al. (1994), dentre as causas da desertificação podem ser destacadas:

- Intensa coleta ou corte de plantas para alimentos, fins medicinais, energéticos, de construção civil, reduzindo o material genético;
- Desmatamento indiscriminado, atingindo grandes extensões, encostas, nascentes, área de solo incipiente ou pobre;
- Queimadas periódicas e sistemáticas dissociadas da utilização de técnicas de manejo ou controle;

- Sobrepastoreio, ignorando a capacidade de suporte do ambiente;
- Mineração;
- Falta de políticas de uso da terra para proceder o zoneamento das áreas e disciplinar o uso e a ocupação dos solos;
- Elevadas concentrações populacionais, sobrecarregando os recursos;
- Falta de ajustes das atividades antrópicas às naturais em face das flutuações do ambiente.

Dentre as conseqüências da desertificação podem ser relacionadas (Nimer, 1988 e Instituto Desert, 2001):

- I. Impactos sobre os recursos naturais - empobrecimento da flora e da fauna nativas, degradação dos solos (erosão acelerada, redução da capacidade de retenção de água), degradação dos recursos hídricos (assoreamento dos cursos d'água e reservatórios e redução do lençol freático) e degradação da cobertura vegetal;
- II. De natureza socioeconômica - redução da produção animal e agrícola, desestruturação da economia, diminuição de renda e consumo e empobrecimento da população, que migra para os centros urbanos em busca de melhores condições de vida, crescente poluição dos núcleos urbanos.

A ideia da erosão dos solos como um indicador de processos de desertificação foi partilhada ainda por Boaventura (1986) e é também reforçada pela Convenção das Nações Unidas de Combate a desertificação. A erosão dos solos é a manifestação mais evidente da desertificação como destaca a Figura 2.

A erosão dos solos pela água é um processo complexo que depende de conjunto de fatores a saber: quantidade, intensidade e duração da chuva, natureza do solo (textura), declividade da superfície do terreno e formas de uso da terra.

Como forma de prever as perdas de solos pela erosão hídrica Wischemeier & Smith (1958) desenvolveram uma equação empírica baseada nos seguintes fatores:

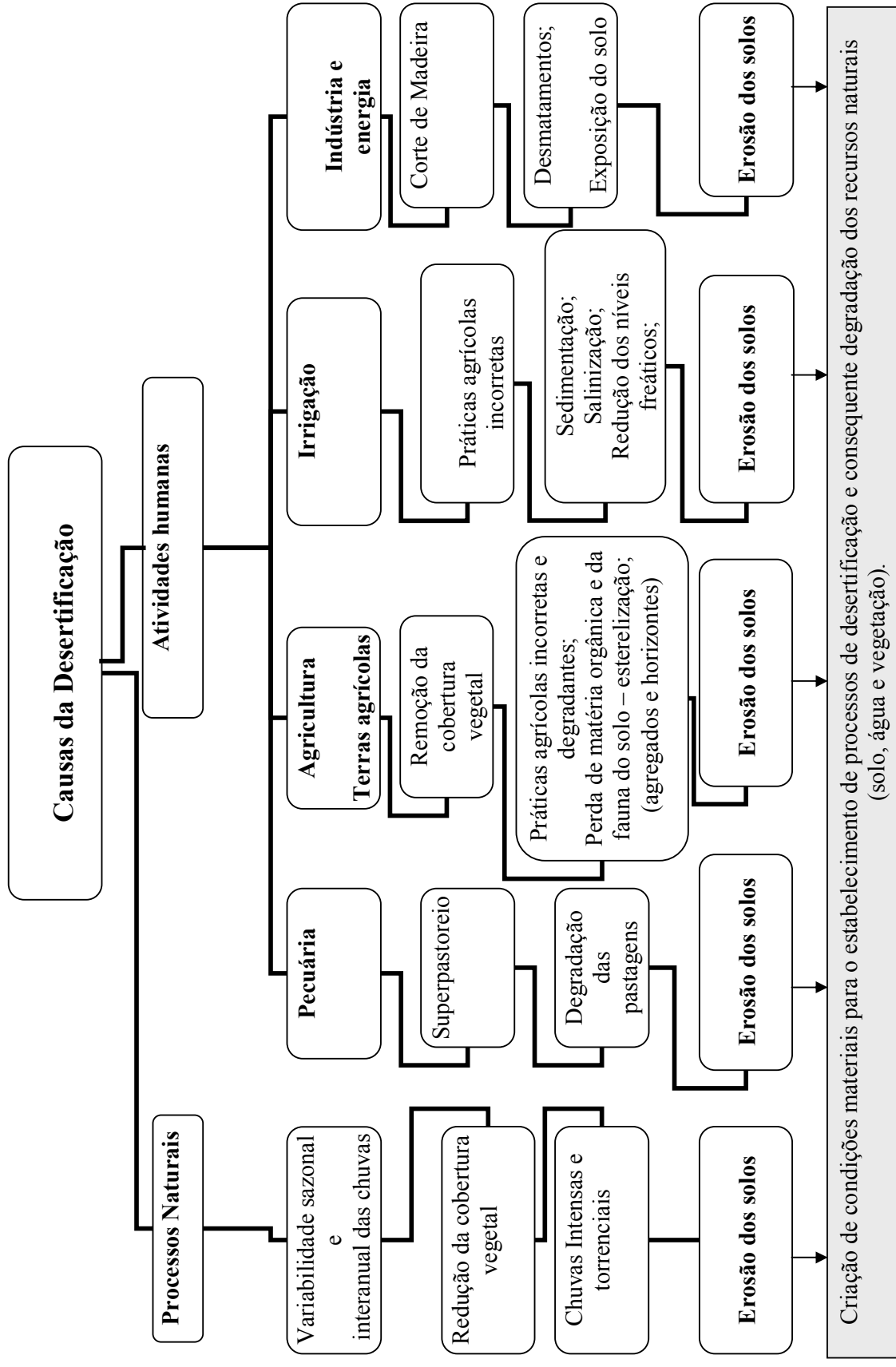


Figura 2 - Relação desertificação e erosão dos solos, adaptada de Roxo e Mourão (1998) e Aquino (2002).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P, \text{ onde}$$

A é a média anual de perda de solo, em t/ha;

R é o fator erosividade da chuva;

K é o fator erodibilidade do solo;

L é o fator relativo ao comprimento da encosta em metros;

S é o fator relativo à declividade da encosta em percentagem;

C é o fator relativo ao uso e manejo do solo;

P é o fator relativo à prática conservacionista adotada.

Dentre os fatores mencionados a cima empregados para estimar perdas de solo por erosão, destacam-se como os mais utilizados a erosividade das chuvas (R), a erodibilidade dos solos (K) e a declividade do terreno.

O fator erosividade da chuva é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva de erodir o solo de um terreno sem cobertura vegetal (Lombardi Neto & Moldenhauer, 1992 e Bertoni & Lombardi Neto, 1999).

A erosividade expressa o potencial da água para desagregar o solo e transportar o material desagregado por meio do escoamento superficial que a chuva causa. Este potencial da água para desagregar o solo, depende tanto da distribuição do tamanho das gotas como da intensidade da precipitação (Lal & Elliot, 1994), sendo, portanto, função das características físicas da precipitação, tais como intensidade, duração e tamanho das gotas.

Hudson (1981) definiu a erodibilidade como a vulnerabilidade ou suscetibilidade do solo a erosão e é a recíproca de sua resistência ao processo. Assim, um solo com alto valor de erodibilidade sofrerá mais erosão do que um solo com baixo valor de erodibilidade, se considerada a mesma precipitação e cobertura vegetal.

A erodibilidade do solo é a propriedade que exprime a suscetibilidade que cada solo apresenta em relação ao potencial erosivo das chuvas, ou seja, a maior ou menor

resistência que os solos oferecem à desagregação e ao transporte provocado pela água quer pelo impacto das gotas de chuva quer pelo escoamento superficial (Lima, 2003).

A erodibilidade do solo está ligada diretamente às propriedades que influenciam a velocidade de infiltração, permeabilidade e a capacidade total de armazenamento de água, e ainda àquelas responsáveis pela resistência à desagregação e ao transporte do solo pela chuva e pelo escoamento superficial (Bertoni & Lombardi Neto, 1999 e Lima, 2003).

Constata-se que as causas e conseqüências da desertificação são múltiplas e variadas, daí emerge a necessidade de informações que permitam um real dimensionamento, bem como, a distribuição geoespacial das áreas afetadas por este processo, fato que tem culminado no desenvolvimento de metodologias de indicadores de desertificação.

A necessidade de emprego de indicadores segue a orientação geral da Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (1977) e foi corroborada como uma indicação da *Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África* que afirma a necessidade de:

Apoiar e ampliar ainda mais os programas e projetos bilaterais e multilaterais destinados a definir, realizar, avaliar e financiar a coleta, análise e intercâmbio de dados e de informação, incluindo, entre outros elementos, séries integradas de indicadores físicos, biológicos, sociais e econômicos (Brasil, 1996).

Segundo Abraham & Torres (2007) a organização político-administrativa da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação baseada em três níveis de desagregação: regional (PAR), subregional (PAS) e nacional (PAN) recomenda o emprego de uma metodologia de avaliação e monitoramento comum a todos os países suscetíveis a desertificação, baseada no uso de indicadores consensuados.

Abraham & Torres (2007), definem os indicadores como uma descrição do estado e da tendência do processo de desertificação, de modo que poderiam constituir-se ferramentas valiosas posto que permitem:

- Representar a complexidade e características que alcançam os processos de desertificação em cada país, sub-região e região, dando conta da gravidade dos processos de empobrecimento social, econômico e ambiental;
- Observar e determinar a sustentabilidade dos sistemas e prever suas tendências;
- Ativar a comunicação e participação nos diferentes níveis, consolidando a formulação e pondo em prática os PAN, PAS e PAR, otimizando sua administração para obter resultados mais eficientes;
- Contribuir com a retroalimentação das experiências internacionais de luta contra a desertificação.

Tomasoni (2006) afirma que o indicador corresponde a um delineamento da realidade, uma tentativa de mensuração de fenômenos de natureza diversa que ajudam no acompanhamento de realidades mais complexas. Podem ser de ordem quantitativa ou qualitativa e buscam evidenciar as transformações ocorridas em um dado sistema. Assim, o referido autor considera serem os indicadores uma importante ferramenta de análise espacial.

Mabbutt (1986) baseado em Berry e Ford (1977), Reining, (1978) e Dregne (1983) classificam os indicadores de desertificação em 3 tipos: i) por escala de monitoramento (global, regional, nacional e local); ii) por classes de variáveis (físicos, biológicos ou agrícolas e sociais) e iii) pelos tipos de uso da terra.

No Brasil, o pioneirismo nas discussões e definição de indicadores de desertificação coube a Vasconcelos Sobrinho (1982). O referido autor afirma que a identificação de indicadores proporciona melhor conhecimento do desencadeamento do processo de desertificação, já que permite avaliar a vulnerabilidade da área, prever o começo do processo antes que ele se inicie e ainda monitorar o processo nas áreas com



tendência à desertificação. Os indicadores propostos por Vasconcelos seguem a orientação geral da Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (1977) e são apresentados no Quadro 1.

Matallo Júnior (1999, 2001) afirma que o “sistema de indicadores,” embora que insuficiente é o único instrumento disponível para a compreensão da desertificação. Considera que o indicador deve refletir algo básico e fundamental, deve também ser quantificável e sensível a mudanças, mostrando tendências ao longo do tempo.

Matallo Júnior (*Op.cit.*), pautado nestas ideias, propôs uma extensa e criteriosa metodologia que agrupa os indicadores em dois grandes grupos: Indicadores de Situação e Indicadores de Desertificação. Os indicadores de situação são aqueles relacionados a dados climáticos, econômicos e sociais. O outro grupo de indicadores de desertificação relaciona-se a índices de vegetação, solos e recursos hídricos. Vale ressaltar que estes indicadores são desmembrados pelo autor em um número significativo de variáveis, conforme quadro 2.

Quadro 1 – Indicadores de desertificação propostos por Vasconcelos Sobrinho (1978)

Indicadores físicos	Indicadores Biológicos - Agrícolas				Indicadores Sociais		
	Vegetação	Fauna	Uso da Terra	Parâmetros Biológicos- Humanos	Parâmetros de processos sociais	Tipos de assentamento	
a) grau de salinização e alcalinização	a) Cobertura vegetal	a) espécies chaves	a) agricultura por irrigação	a) estrutura da população e taxas demográficas	a) conflito	a) assentamento recente	
b) profundidade das águas subterrâneas e qualidade da água	b) Biomassa acima da superfície	b) populações de animais domésticos	b) agricultura de sequeiro	b) índices de nutrição	b) imigração e emigração	b) expansão do assentamento	
c) profundidade dos solos	c) espécies chaves: distribuição e frequência	c) composição de rebanhos	c) pastoreio	c) índice de saúde pública	c)	c) diversificação do assentamento	
d) número de tormentas de pó e de areia		d) produção	d) corte e eliminação da cobertura vegetal para combustível e construção			d) abandono do assentamento	
e) presença de crosta no solo			e) mineração				
f) Quantidade de matéria orgânica no solo			f) instalação de turismo e de recreio				
g) Volume dos sedimentos nas correntes de água							
h) Área de cobertura de vegetação e turbidez das águas superficiais							

Vasconcelos Sobrinho (1978)

Quadro 2 - Indicadores de Desertificação propostos por Matallo Júnior (1999 e 2001)

<b>Indicadores de Situação</b>		
<b>Clima</b>	<b>Método</b>	<b>Periodicidade</b>
Precipitação	Coleta em Estações meteorológicas	Diário
Insolação	Coleta em estações meteorológicas	Diário
Evapotranspiração	Coleta em estações meteorológicas	Diário
<b>Sociais</b>		
Estrutura de Idades	Censo demográfico	Decenal
Taxa de Mortalidade Infantil	Censo e Pesquisa hospitalar	A cada 10 anos para o censo e 2 anos para a pesquisa hospitalar
Nível Educacional	Pesquisa educacional	Decenal ou quinquenal
<b>Econômico</b>		
Renda Per Capita	Pesquisa amostral domiciliar	A cada 2 anos
Uso do Solo Agrícola	Censo Agropecuário	Decenal
<b>Biológicos</b>		
Cobertura Vegetal	Imagens orbitais	A cada 5 anos; ou a determinar.
Estratificação da Vegetação	Pesquisa de campo por amostra de território	A determinar
Composição Específica	Pesquisa de campo por amostra de território	A determinar
Espécies Indicadoras	Pesquisa de campo por amostra de território	A determinar
<b>Físicos</b>		
Índice de Erosão	Imagens orbitais	A cada 5 anos
Redução de disponibilidade hídrica	Monitoramento hídrico	Anual ou a determinar
<b>Indicadores de Desertificação</b>		
<b>Indicadores Agrícolas</b>	<b>Método</b>	<b>Periodicidade</b>
Uso do solo agrícola	Imagens orbitais	A cada 5 anos
Rendimento dos Cultivos	Pesquisa Agrícola	A cada 1 ou 2 anos
Rendimento da Pecuária	Coleta de informação sobre a produção animal	A cada 1 ou 2 anos
<b>Outro</b>		
Densidade Demográfica	Censo	Decenal

Fonte: Matallo Júnior (1999, 2001).

Brasil (2004) apresenta uma metodologia baseada em indicadores de ordem física, biológica-agrícola e socioeconômica para avaliar o processo de desertificação. Os indicadores de desertificação consensuados segundo Brasil (2004) são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Indicadores de Desertificação consensuados em Brasil (2004).

Indicadores de desertificação consensuados		
Indicadores de desertificação	Abrangência	Como medir
Cobertura vegetal	Nacional	% Área cobertura/área total
Biomassa da caatinga	Nacional	Massa foliar toneladas/ha ou m3/ha
Biodiversidade vegetal	Local	Inventário florístico (espécie/ha)
Desmatamento	Nacional	Varição da cobertura
Presença de espécies indicadoras	Local	Inventário florístico (espécie/ha)
Consumo produtos vegetais -Lenha/consumo	Nacional	Tonelada/ha/ano
Consumo produtos vegetais -consumo/oferta	Nacional	Tonelada/ha/ano
Fauna (diversidade, densidade,distribuição)	Local	Inventário faunístico
Uso do solo	Nacional	Área/classe
Grau de erosão	Nacional	Tipo de classe/ha
Grau de salinização	Local	Classe
Área salinizada	Nacional	Área salinizada/área total irrigada
Sobrepastoreo	Nacional	(Carga animal/ha)/capacidade de suporte
Albedo de superfície	Nacional	I/R classe/área
Oferta/Demanda - Stress hídrico - IPH	Nacional	Vazão (m3/s) m3/hab/ano(classe)
Água armazenada à céu aberto	Nacional	Estimativa volume (área/há)
Qualidade da água	Local	Índice de qualidade da água (IQA 9 parametros)
Assoreamento/Sedimentação	Local	Descarga sólida/descarga líquida
Mananciais superficiais ( vazão - tempo)	Local	m3/s - (vazão rios
Poços (vazão - tempo)	Local	Teste de bombeamento (m3/h) DNPM
Densidade demográfica (urbana, rural)	Nacional	hab/km2
Taxa de migração líquida	Nacional	$TM=(M/(((E+R)/2)*N)*1000$
Taxa média de crescimento populacional anual	Nacional	$(Pt2 - Pt1) -1$
Estrutura da idade	Nacional	$P(0 - 19 \text{ anos})/Pt*100$
PEA/ Gênero	Nacional	$P(20 - 59 \text{ anos})/Pt*100$ $P(60 \text{ anos})Pt*100$
% de mulheres chefes de famílias	Nacional	$(\text{Mulheres chefes de família}/\text{total famílias})*100$
Renda agrícola das famílias/renda total por famílias	Nacional	$(\$ \text{ agrícola família}/\$ \text{ família})$
Auto consumo%	Local	$\$ \text{ auto consumo}/\$ \text{ produção}$
Incidência de pobreza	Nacional	IDH Índice de pobreza
Enfermidades maior incidência (veiculação hídrica)	Nacional	nº de atendimento SUS
Saneamento (serviço sanitário)	Nacional	% de residências rurais que possuem
Mortalidade infantil	Local	Mortos até 5 anos/1000
Escolaridade	Local	Média de anos na escola
Estrutura fundiária	Local	Distribuição de classes das propriedades Quantos Proprietários Coeficiente de GINI
Índice de aridez	Nacional	Quociente entre precipitação e Evapotranspiração potencial

Fonte: Brasil (2004)

Nomes como os de Kazmierczak (1998), Sampaio et al. (2002) e Carvalho (2001) também constituem referência no tocante à proposição de indicadores de desertificação. A lista de Sampaio et al. (*Op.cit.*) agrega indicadores relacionados i) a formas de utilização das áreas; ii) a solos e sua degradação; iii) à vegetação e suas modificações; iv) a rebanhos e sua produção; e v) à economia da pecuária.

É notória a semelhança entre os indicadores propostos por Berry e Ford (1977), Vasconcelos Sobrinho (1978), Reining, (1978), Dregne (1983) Mattalo Júnior (1999, 2001), Sampaio et al. (2002) e Brasil (2004), essa semelhança resulta das recomendações constantes na CCD, para fins de implantação de um sistema padronizado de pesquisa e monitoramento da desertificação.

Corroborando e ampliando as ideias pioneiras de Vasconcelos Sobrinho (1982), Nascimento (2006) e Abraham & Torres (2007) afirmam que a utilização dos indicadores permite aos países suscetíveis a processos de desertificação avaliar o estado dos recursos, sua tendência de uso e degradação, determinar as possibilidades de introduzir medidas corretivas e de supervisionar as ações empreendidas na luta contra a desertificação.

Dentre as vantagens no uso de indicadores, podem ser destacadas a facilidade no manejo da informação, a comparação dos processos que se desenvolvem em distintas regiões e países e ainda o monitoramento do processo de aplicação da Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação, tanto em seu funcionamento interno como em suas principais linhas de ação (Abraham & Torres, 2007).

Abraham & Torres (2007), em trabalho recente, avaliaram, a partir de questionários semiestruturados, o uso de indicadores em 33 países da América Latina e Caribe. As principais categorias investigadas foram: i) grau de adoção e uso de indicadores no país e na região; ii) grau de êxito dos projetos implementados; iii) escala de trabalho; iv) tipo de informação predominante; v) disseminação da informação e vi) experiências acumuladas a partir da participação em PAN, PAS e PAR. No tocante à primeira categoria, os resultados indicaram que essa metodologia tem ganhado um importante consenso na América Latina e no Caribe. Os dados também demonstraram que em sua grande maioria os indicadores existentes se limitam a valorar as dimensões

físico-biológicas da desertificação e, em geral, eles têm sido pensados para as escalas nacionais. São limitados os indicadores disponíveis para as dimensões socioeconômicas e, muito particularmente, para as escalas locais. As autoras convocam os países membros da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação a adotarem metodologias de medição e avaliação unificadas que tornem possível comparar os processos a grandes escalas.

### 2.3. ESTUDO DA DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO: METODOLOGIAS, ESCALAS E INDICADORES.

Os primeiros estudos sistematizados sobre a temática da desertificação no Brasil são de autoria do ecólogo Vasconcelos Sobrinho que, em uma seqüência de publicações que se estendem de 1978 a 1982, apresentou conceitos de desertificação, identificou núcleos de desertificação no Nordeste brasileiro e ainda propôs uma metodologia baseada em indicadores para o estudo das áreas afetadas por esta problemática, conforme destacado em item anterior.

Com o resgate dos trabalhos resumidos a seguir, objetiva-se destacar as metodologias, empregadas relacionando-as às respectivas escalas e enfatizando os indicadores empregados nos estudos de degradação/ desertificação no nordeste do Brasil.

No âmbito geográfico, um nome que se destaca pelos estudos realizados no semiárido, enfocando a temática da desertificação, é o de Ab' Saber. Este autor, empregando a metodologia sistêmica, identificou nove geótopos áridos: Altos Pelados, Vales e Encostas Secas, Lajedos-Mares de Pedra, *inselbergs* e campos de *inselbergs*, Áreas de Paleodunas Quaternárias, Áreas de Topografias Ruiniformes e Cornijas Rochosas Desnudas com Aridez Rochosa Característica, Áreas de Revolvimento Anômalo da Estrutura Superficial da Paisagem, Malhadas ou Chão Pedregosos e Áreas Degradadas por Raspagem ou Empréstimos de Terra. Estes geótopos áridos resultam de uma predisposição geo-ecológica, na maioria das vezes acentuada por ações antrópicas diretas ou indiretas (Ab' Saber, 1977).

O trabalho de NIMER (1980) constitui-se referência nos estudos de desertificação no Brasil, posto seu pioneirismo na elaboração de um mapa com a indicação das áreas mais predispostas à desertificação no Brasil. Para a realização do trabalho, o autor utilizou dados relativos à duração e época de ocorrência dos períodos secos e a variabilidade pluviométrica.

Em 1988 o mesmo autor, em seu trabalho intitulado “Desertificação: realidade ou Mito?,” discute aspectos conceituais da desertificação e ainda apresenta uma proposta metodológica baseada na utilização de aspectos climatológicos, geomorfológicos e pedológicos de maneira sobreposta, para identificar a potencialidade natural à desertificação do semiárido brasileiro.

Ferreira et al. (1994) sugeriram 19 indicadores de desertificação a partir de metodologia proposta por Rodrigues et al. (1992), a saber: densidade demográfica; sistema fundiário; mineração; qualidade da água; salinização; tempo de ocupação; mecanização; estagnação econômica; pecuarização; erosão; perda de fertilidade; áreas de preservação; defensivos agrícolas; área agrícola; bovinocultura; caprinocultura; ovinocultura; evolução demográfica; e suscetibilidade à desertificação. A presença de um maior número de indicadores evidenciava maior Suscetibilidade à Desertificação a nível de microrregião. Vale ressaltar que esta proposta superestimou as áreas no Estado do Piauí suscetíveis à desertificação, na medida em que avaliou níveis de desertificação em regiões de clima subúmido e úmido, fugindo assim ao escopo da CCD. A tendência de superestimação das áreas suscetíveis à desertificação no Brasil continua presente nos estudos referentes a esse tema a exemplo do trabalho realizado por Brasil (2004), já referido anteriormente.

Sá et al. (1994) e Sá (2002) apresentaram um diagnóstico da degradação ambiental/desertificação na região mais seca do Trópico SemiÁrido (TSA), considerada como aquela que congrega as extensões de caatinga, com pluviometria inferior a 500 mm/ano. Os Estados do Nordeste inseridos no TSA mais seco foram enquadrados em quatro categorias, cada uma representando um nível diferente de degradação/desertificação. Esses níveis foram estabelecidos a partir do estudo das associações de solos. O tipo de solo é, assim, no referido estudo, o principal indicador da intensidade da degradação ambiental verificada no TSA mais seco. Concluem os

autores que o nível de degradação severo aparece principalmente nas áreas com solos do tipo Bruno-não-cálcico, o nível de degradação acentuado relaciona-se às áreas de solos litólicos, evidenciando que as áreas mais comprometidas pela degradação são as que apresentam solos de alta fertilidade que foram e/ou estão sendo intensamente explorados. Essa conclusão chama atenção para a implantação de planejamento racional do uso do solo no TSA.

Conti (1995), considerando uma metodologia de séries temporais sob uma ótica ambiental, realizou análises estatísticas de tendência, variabilidade interanual e ciclicidade em 297 séries temporais de precipitação pluvial representativas dos estados nordestinos. A área de estudo foi correspondente ao domínio semiárido brasileiro, com precipitação pluvial igual ou inferior à demarcada pela isoietas de 800 mm/ano. O trabalho objetivou identificar áreas onde se verificassem indícios de desertificação através da redução das médias anuais de precipitação e de altos coeficientes de variação interanual.

Em 2003 Conti esquematizou uma classificação, onde identificou duas modalidades de desertificação: i) natural ou climática e ii) antrópica ou ecológica, considerando treze indicadores. Os indicadores naturais ou climáticos propostos foram: elevação da temperatura média; agravamento do déficit hídrico do solo; aumento do escoamento superficial; intensificação da erosão eólica; redução das precipitações; aumento da amplitude térmica diária e diminuição da umidade relativa do ar. Os indicadores ecológicos propostos foram: desaparecimento de árvores e arbustos lenhosos (desmatamento); aumento das espécies espinhosas (xerofíticas); elevação do albedo, ou seja, maior refletividade na faixa do infravermelho; mineralização do solo em encostas com mais de 20° de inclinação (perda de húmus); forte erosão do manto superficial (voçorocamento) e invasão maciça de areias.

Lemos (2000), com base em tratamento estatístico (equações de regressão), identificou as áreas mais intensamente degradadas do Nordeste do Brasil, considerando que a degradação ambiental está conduzindo a processos de desertificação. As áreas estudadas foram aquelas identificadas no relatório final da Conferência Internacional sobre Impactos de Variações Climáticas e Desenvolvimento Sustentável em Regiões



Semiáridas (ICID) realizada em 1992. Nesse estudo, foram estabelecidas relações entre pobreza e degradação ambiental. Foi considerado que o elevado estado de pobreza que prevalece nos municípios do semiárido nordestino contribui de forma decisiva para o agravamento da degradação do meio ambiente. Os indicadores usados na pesquisa foram: produtividade da terra, considerando as lavouras de milho e feijão; capacidade de suporte das pastagens; mão de obra por unidade de área de lavoura e aumento/redução da cobertura vegetal.

Na atualidade, um grande número de pesquisadores está empregando imagens orbitais para identificar a percentagem de cobertura vegetal, bem como, as diferentes formas de uso e ocupação do solo, relacionando-os à degradação ambiental e consequente desencadeamento de processos de desertificação no Nordeste brasileiro.

Parada e Faúndez (s/d) afirmam que é prática comum considerar indicadores baseados em dados de detecção remota como constituindo uma classe de indicadores de grande utilidade nos estudos de degradação/desertificação.

## 2.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E SENSORIAMENTO REMOTO APLICADOS NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E/OU DESERTIFICADAS.

A intensa dinamicidade dos processos e fatores de ordem natural que atuam na superfície da terra, aliada à totalidade das atividades humanas especialmente após a Primeira Revolução Industrial têm culminado em intensos processos de degradação ambiental, que ensejam diagnósticos precisos e rápidos para posterior intervenção e minimização dos mesmos.

Na atualidade, os sistemas de informação geográfica (SIG's) aliados ao emprego de imagens orbitais constituem ferramentas indispensáveis para a detecção, avaliação e monitoramento dos problemas relacionados ao meio ambiente, isso devido à integração e sobreposição de diferentes dados, em diferentes escalas, permitido pelos sistemas de

informação geográfica, facilitando a tomada de decisões e reorientações, quando necessárias, de políticas de uso e ocupação do solo.

Segundo Conti (2003), o pioneirismo na aplicação das técnicas de sensoriamento remoto às pesquisas sobre desertificação no Brasil coube à Magda Adelaide Lombardo e a Vítor Celso de Carvalho que em co-autoria escreveram em 1979 o trabalho intitulado “Análise Preliminar das Potencialidades das Imagens LANDSAT para Estudos de Desertificação”.

No Nordeste, Vasconcelos Sobrinho foi o primeiro pesquisador a empregar de fato as imagens LANDSAT MSS de 1976 e 1978 nos estudos de desertificação. O referido autor, a partir de interpretação visual, identificou oito núcleos de desertificação na região semi-árida de Pernambuco (Accioly et al. 2002b).

Barros et al. (2008) avaliaram entre os anos de 2002 e 2008 a quantidade de trabalhos enfocando a temática da desertificação nos anais de oito eventos realizados no país. Constataram que o Simpósio de Sensoriamento Remoto foi o que mais apresentou trabalhos considerando a temática da desertificação, evidenciando assim está o estado da arte dos estudos de desertificação diretamente atrelado às técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

O emprego das técnicas de sensoriamento remoto nos estudos de áreas degradadas no Nordeste Brasileiro podem ser comprovadas a partir dos trabalhos de Candido (2000), Oliveira-Galvão (2001), Accioly et al. (2002a, 2002b, 2005), Costa et al. (2002), Moraes Neto et al. (2002), Araújo et al. (2003), Braga et al. (2003), Silva Neto (2004), Sousa (2004), Silva et al. (2004), Lopes et al. (2004), Moura et al. (2005), Pacheco et al. (2006), Barbosa et al. (2007), Silva et al. (2007), Carvalho & Almeida Filho (2007) e Sousa (2007).

Os trabalhos sumariados a seguir evidenciam o emprego destas ferramentas nos estudos de degradação/desertificação

Candido (2000) avaliou a degradação ambiental de parte do Seridó Oriental Paraibano. Em sua metodologia empregou técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), estimando a degradação físico-química e biológica fundamentado em metodologia proposta por Ferreira et. al. (1994). Elaborou o mapa de degradação ambiental da área de estudo, indicando quatro (4) níveis de degradação: baixo, moderado, grave e muito grave. Os parâmetros que utilizou foram: vegetação, topografia, solo, geologia, ecologia, mecanização, área agrícola, densidade populacional e pecuarização. Os resultados que obteve em seu trabalho confirmaram a gravidade dos processos de desgaste que ocorrem nas terras no Estado da Paraíba, uma vez que 94,86% e 2,24% da área evidenciaram, respectivamente, índices grave e muito grave de degradação ambiental.

Oliveira-Galvão (2001), empregando indicadores socioeconômicos e ambientais (pecuária, agricultura, irrigação, exploração dos recursos florestais, mineração, urbanização, erosão, salinização, pluviosidade, hidrogeologia, relevo, cobertura vegetal, uso do solo, dentre outros) combinados em sistema de informação geográfica e técnicas de sensoriamento remoto, avaliou a suscetibilidade ambiental à desertificação no nordeste brasileiro. Identificou níveis de suscetibilidade variando de muito baixa, baixa, moderada, elevada e muito elevada. A distribuição entre as classes apresentadas anteriormente foi a seguintes: 1%, 37%, 49%, 13%, menos de 1% respectivamente.

Accioly et al. (2002b), utilizando imagens LANDSAT/ETM+ com passagem em maio de 2000, avaliaram a desertificação em uma área piloto do núcleo de desertificação de Seridó, a partir de dois indicadores: a produtividade de biomassa e o albedo. A análise do mapa de fitomassa indicou: i) áreas com avançado estágio de desertificação ou desertificadas (fitomassa inferior a 5 Mg há<sup>-1</sup>); ii) áreas preservadas (fitomassa igual ou superior a 20 Mg há<sup>-1</sup>) e iii) áreas em diferentes estágios de desertificação (fitomassa entre 5 e 20 Mg há<sup>-1</sup>). O albedo foi avaliado entre os anos de 1994 e 1999. Verificou-se que o albedo aumentou em áreas ocupadas principalmente por solos Bruno-não-cálcico, Litólicos e nas áreas de afloramento rochoso. Estes resultados estão de acordo com os de Sá et al. (1994) e Sá (2002) que afirmam serem as áreas de solos do tipo Bruno-não-cálcico e Litólicos as mais comprometidas pela degradação.

Silva Neto (2004) analisou comparativamente os impactos dos eventos ENOS na dinâmica da produção agropecuária, nos níveis de degradação ambiental e sua influência na construção social dos riscos ao desastre seca para os municípios de Sumé, Prata, Ouro Velho e Amparo no estado da Paraíba. Conduziu estudos das relações entre os índices de precipitações anuais, os anos ENOS e seus efeitos na produção agropecuária para o período de 1970 a 2000. Elaborou mapas temáticos que retratam a evolução espaço-temporal da degradação ambiental, através da análise de imagens TM/Landsat dos anos 1984, 1987, 1996, 1999 e 2001. Considerando a densidade da vegetação e os níveis de erosão, identificou seis níveis diferentes de comprometimento ambiental, variando de degradação muito baixa a muito alta e ainda os núcleos de desertificação. O autor constatou a influência dos eventos ENOS no processo de êxodo rural, bem como, nas condições pluviométricas da região, que age de forma positiva ou negativa nos níveis da produção agropecuária, caracterizando as condições de alta vulnerabilidade da população rural.

Moraes Neto et al. (2002) avaliaram a degradação das terras nas regiões oeste e norte da cidade de Campina Grande (PB) a partir da utilização de imagens de satélite, ferramenta que tornou possível o acompanhamento periódico da cobertura vegetal e uso da terra para avaliação da dinâmica de ocupação e degradação. Os autores utilizaram imagem LANDSAT-TM/5. Os resultados indicaram que a área de estudo encontra-se seriamente comprometida e em estado bastante avançado de degradação, em função da ação antrópica.

Souza et al. (2004) analisaram a desertificação na bacia do Taperoá, localizada na parte central do Estado da Paraíba. A pesquisa apoiou-se nos seguintes eixos: climático, biológico, hidropedológico e socioeconômico. Para a análise da vegetação e sua evolução espacial, foram utilizadas fotografias aéreas de 1967 e imagens LANDSAT-TM/5 de 1990 e 1996. Concluíram que a severidade climática da região, combinada com a ocorrência de desmatamento para uso agropecuário, tem favorecido a propensão a desertificação na área de estudo.

Pacheco et al. (2006) utilizando séries temporais de imagens de satélite (1989 a 2003), avaliaram o risco à desertificação em uma área geográfica denominada de região de Xingó. Os autores utilizaram como indicadores de desertificação a cobertura vegetal,

o solo exposto e ainda a densidade populacional. Constataram aumento de 91,3% de solo exposto, diminuição de 68,7% da caatinga arbustiva e aumento de 70% das áreas urbanas ou antropizadas.

Sousa et al. (2007), a partir do emprego de processamento digital de imagens, avaliaram o processo de degradação/desertificação das terras e as vulnerabilidades do município de Cabaceiras – Paraíba. Considerando imagens dos anos de 1987 e 2004, os autores constataram um avanço espaço-temporal dos níveis de degradação, bem como, vulnerabilidades sociais, econômicas, tecnológicas e as secas superiores a 45%.

No Piauí, os trabalhos enfocando a desertificação foram apresentados em uma revisão bibliográfica por Aquino (2006), com destaque para o trabalho de Sales (1998), que segundo Conti (2003), tem a originalidade de analisar um exemplo pontual, em região subúmida, situada na periferia do semiárido.

Barbosa et al. (2007), a partir do emprego de imagens de satélite TM/LANDSAT-5 dos anos de 1987 e 2003, estudaram a degradação das terras no município de Picos – Piauí. A definição dos níveis de degradação das terras, baseou-se na avaliação da dinâmica do uso, posto que para os autores a desertificação constitui-se um processo essencialmente social. A análise da dinâmica do uso da terra mostrou que no ano de 2003 em comparação com o ano de 1987 houve decréscimo (em km<sup>2</sup>) das seguintes classes de uso: cobertura vegetal densa; densa a semidensa; semidensa a rala; solo exposto + vegetação rala e pasto. Para o mesmo período, foram observados acréscimos (em km<sup>2</sup>) das classes de cobertura vegetal semidensa; vegetação rala + solo exposto, bem como nas áreas de culturas agrícolas. Identificaram 7 níveis de degradação das terras: muito baixo; baixo; moderado/baixo; moderado; moderado/grave; grave; muito grave, com predominância dos níveis de degradação moderado/baixo, moderado, moderado/grave e grave. Destacam que os resultados devem ser considerados como um alerta do risco de desertificação aos governantes e às autoridades no âmbito federal, estadual e municipal.

Carvalho & Almeida Filho (2007), usando imagens do sensor TM do Landsat-5, estimaram a extensão da área em processo de desertificação no município de Gilbués. Compararam imagens da estação seca (junho) e início da estação chuvosa (novembro) e

evidenciaram um aumento de cerca de 25% na extensão da área degradada (de solos desprotegidos) da estação de chuva para estação seca. Recomendam a análise de uma série histórica de imagens Landsat – TM dos últimos vinte ou trinta anos para avaliação do processo de desertificação.

Silva et al. (2007), utilizando imagens do satélite CBERS-2, mapearam áreas de exposição do solo na microbacia do Rio Sucuruí, no município de Gilbués. Constataram que 71,85% da área está sob processo de degradação dos solos, de acordo com os autores, resultado da exposição ao intemperismo climático.

#### 2.4.1 Detecção de Mudanças Ambientais Relacionadas à Degradação/Desertificação a partir do Índice de Vegetação por diferença Normalizada (NDVI).

Nos últimos anos, os danos ambientais resultantes do aumento das atividades humanas levaram pesquisadores de todo o mundo a desenvolver e aplicar sensores de alta resolução espectral para fins de monitoramento e gerenciamento ambiental a partir de técnicas de detecção de mudança digital.

A detecção de mudança digital é um processamento computadorizado definido como o reconhecimento de alterações nos padrões característicos de determinado alvo nas imagens, em um espaço de tempo (Santos et. al 2005). Carvalho Júnior e Silva (2007) definiram detecção de mudança digital como uma nova metodologia para análise de séries temporais capaz de identificar mudanças no estado de um objeto, ou nas feições da superfície terrestre, entre diferentes datas. Essa abordagem promoveu um grande avanço no estudo de vegetação que utiliza medições das características espectrais da cobertura da superfície de um mesmo local em diferentes períodos, para fins de identificação de desmatamento, mudança no uso do solo, estudos de desertificação, monitoramento de seca, etc.

A cobertura vegetal que influencia os processos de escoamento, o regime das águas e as características do solo com consequente desencadeamento de processos erosivos, têm merecido a atenção dos estudiosos, que na atualidade empregam imagens orbitais de sensoriamento remoto para fins de análise e detecção de mudanças

relacionadas à cobertura vegetal a partir do emprego de índices, sendo o mais empregado o Índice de Vegetação por diferença Normalizada (NDVI).

O NDVI depende das características espectrais associadas com os processos biofísicos das plantas. Dentro da folha, a radiação pode ser absorvida ou refletida e o grau de reflexão ou absorção é uma função do comprimento de onda. Folhas verdes absorvem a maior parte da radiação na faixa do visível (0,4 – 0,7mm) e refletem a maior parte dela no infravermelho próximo (0,7 – 1,05mm) (Santos & Negri, 1997).

O NDVI é a diferença da refletância no infravermelho próximo (banda 4 do sensor temático do Landsat 5 e 7) e a refletância no vermelho (banda 3 do sensor temático do Landsat 5 e 7); esta diferença é então normalizada pela soma das duas refletâncias como segue:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$$

Onde:

NDVI é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR é a refletância no Infravermelho próximo;

R é a é a refletância no vermelho próximo.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada varia de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior o vigor da vegetação, mais densa a cobertura vegetal e maior a atividade fotossintética (Santos & Negri, 1997). Nuvens, água e neve tem reflectâncias maiores no visível que no infravermelho, resultando em NDVI com valores negativos. Rochas e solo exposto (superfície não vegetada) têm reflectâncias similares no vermelho e infravermelho, culminando com resultados de NDVI próximos a zero (Lourenço & Landim, 2004).

Gurgel (2003) destaca as seguintes aplicações para o NDVI: monitoramento de cultivo agrícola regional, estudos de desertificação, monitoramento de seca,

monitoramento ambiental terrestre e estudos globais de balanços de água e energia. Os trabalhos sumariados a seguir exemplificam alguns dos principais usos do NDVI.

Para Santos & Negri (1997) mudanças na vegetação estão associadas a mudanças na precipitação, partindo desta premissa os autores (*Op.cit.*) avaliaram as variações no NDVI ao longo do gradiente de precipitação no Nordeste Brasileiro. Constataram haver uma relação exponencial entre o NDVI e a precipitação em regiões com regime de pluviosidade de 800 a 1000mm/ano a exemplo do Nordeste do Brasil.

Vicens et al. (2001), a partir de duas imagens orbitais do satélite LANDSAT 5 TM obtidas em diferentes fases do ciclo anual (maio e setembro), analisaram as variações do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), posteriormente comparando o índice de cobertura vegetal, obtido a partir do NDVI, com o balanço hídrico em área localizada no Norte do Espírito Santo. Constataram um decréscimo geral dos valores de NDVI na imagem correspondente ao período seco (setembro), com valores ao redor de 0,20. Afirmam que a variação das magnitudes da queda dos valores de NDVI nas formações vegetais resultam dentre outros aspectos de particularidades fenológicas, de condições de umedecimento da paisagem, da capacidade de absorção de água no solo e irrigação das culturas.

Braga et al. (2003), aplicando técnicas de Componentes Principais e Análise de Agrupamento a dados mensais de NDVI e da precipitação pluvial do período de 1981-1991, indicaram uma forte dependência do NDVI com relação à precipitação, associando-os ao regime de chuva da região Nordeste do Brasil.

Gurgel et al. (2003), a partir de imagens de satélite do período de janeiro de 1982 a dezembro de 1993, utilizando a técnica de classificação baseada na análise de agrupamento analisou a variabilidade anual e interanual do NDVI (tipologias de vegetação) sobre o Brasil, relacionando-as com a variabilidade climática. Concluíram que para a região Nordeste a vegetação de caatinga apresenta ciclo anual bem definido, com um período seco marcante, sendo que os valores mais elevados de NDVI ocorrem entre os meses de abril e maio, que é o final da época das chuvas, e os menores valores ocorrem em setembro e outubro. Os autores afirmam que em regiões com um período seco bem definido, como é o caso de grande parte do Nordeste Brasileiro, o NDVI



apresentou pouca variabilidade durante os períodos secos, e ligeiro decréscimo no período chuvoso.

Freire & Pacheco (2005) empregando o NDVI como um indicador de desertificação, avaliaram a diminuição da cobertura vegetal da caatinga e o avanço do solo exposto na região de Xingó. Constataram um aumento de 91,3% de solo exposto no período de 1989 e 2003, evidenciando assim problemas relacionados à desertificação.

Empregando técnicas de sensoriamento remoto Andrade et al. (2007) a partir do emprego do NDVI identificaram áreas em processo de desertificação no município de Serra Branca – Paraíba. A partir do mapa temático de NDVI obtiveram os seguintes valores quantitativos: 55% da área são representados por vegetação (rala, semi-densa e densa) e em 45% da área predominam solos expostos e exauridos em face do emprego de métodos rudimentares de utilização da terra.

Analisando a relação entre mudança climática, precipitação pluvial, temperatura da superfície do mar e NDVI para os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, Santos & Brito (2007) constataram a forte relação da dinâmica da vegetação, principalmente da caatinga, com os eventos de precipitação. Identificaram o NDVI do sertão como mais dependente dos extremos de precipitação do que o bioma mata atlântica.

Os trabalhos de Santos & Negri (1997), Vicens et al. (2001), Braga et al. (2003), Gurgel et al. (2003) e Santos & Brito (2007) não discutem a temática da desertificação, contudo a constatação de que o “Índice de Vegetação – NDVI” derivado de imagens de satélite é um dos indicadores recomendados pela ONU para avaliar a desertificação permite inferir que o emprego da relação entre dados mensais de NDVI e de precipitação pluvial possam contribuir na identificação de áreas mais propensas a degradação, notadamente aquelas de menor cobertura vegetal e sob ação de chuvas torrenciais a exemplos das ocorrentes no semiárido brasileiro.

O Quadro 4 apresenta de forma sintética a relação de alguns trabalhos realizados no Nordeste brasileiro, na perspectiva da desertificação, a escala de abrangência do trabalho e os indicadores utilizados.

Quadro 4 - Trabalhos realizados no Nordeste Brasileiro na perspectiva da desertificação, escala de abrangência e indicadores empregados.

Autor/ano	Escala de abrangência	Indicadores utilizados
Vasconcelos Sobrinho (1978 e 1982)	Regional	Bio-indicadores, variação dos elementos do clima e condições sócio-econômicas.
Aziz ab'saber (1977)	Nacional	Abordagem sistêmica, com ênfase no aspecto geomorfológico.
Edmon Nimer (1980)	Nacional	Regime pluviométrico, duração da estação biologicamente seca e variabilidade pluviométrica ano a ano.
Ferreira et al. (1994)	Regional	Índice de aridez da unep e indicadores sócio-econômicos
José Bueno Conti (1995)	Regional: semiárido delimitado pela isoietas de 800 mm/ano.	Isoieta de 800mm/ano, análise de séries temporais da pluviosidade, variabilidade interanual e ciclicidades
Sá et al. (1994)	Regional	Associações de solos
Sales (1998)	Local	Abordagem sistêmica
Lemos (2000)	Regional	Condições sócio-econômicas
Oliveira-Galvão (2001)	Regional – com posterior escalonamento local	Indicadores físicos, biológicos, sociais e econômicos.
Accioly et al. (2002b)	Local	Produtividade de biomassa e o albedo
Candido (2000)	Local	Físicos-biológicos (vegetação, topografia, solo, geologia, ecologia) sociais e econômicos (mecanização, área agrícola, densidade populacional e pecuarização).
Moraes Neto et al. (2002)	Local	Cobertura vegetal e uso da terra
Silva Neto (2004)	Regional	Índices de precipitações anuais, cobertura vegetal e uso da terra.
Souza et al. (2004)	Local	Climáticos, biológicos, hidropedológicos e sócioeconômicos
Freire & Pacheco (2005)	Regional	NDVI
Pacheco et al. (2006)	Regional	Cobertura vegetal, o solo exposto e ainda a densidade populacional.
Barbosa et al. (2007)	Local	Uso da terra
Carvalho & Almeida Filho (2007)	Local	Solos e uso da terra
Silva et al. (2007)	Local	Solos e uso da terra
Andrade et al (2005)	Local	NDVI
Sousa et al. (2007)	Regional	Cobertura vegetal/NDVI, sociais e econômicos

Organizado por Aquino (2009)

Da sucinta revisão de literatura realizada depreende-se:

- i) A consolidação do emprego da abordagem sistêmica na Geografia como arcabouço teórico e metodológico objetivando a organização do espaço pautada nas diferenças estruturais, funcionais e processuais dos sistemas ambientais para fins de sustentabilidade.
- ii) Que a evolução do conhecimento a partir do aprimoramento do desenvolvimento científico e tecnológico proporciona sucessivas alterações conceituais e metodológicas nas várias áreas do conhecimento. No tocante à temática da desertificação, constata-se ao longo de sua evolução histórica o emprego de um número expressivo de conceitos, metodologias, indicadores para evidenciar e/ou avaliar a ocorrência deste processo em diferentes níveis escalares, culminando na obtenção de resultados diferentes e, por vezes, discrepantes. Esta constatação é reforçada pela afirmativa de Abraham et al. (2006) de que dentre os múltiplos problemas que emergem nos estudos da desertificação, os de índole metodológica ocupam papel de destaque.
- iii) A incipiente utilização de indicadores socioeconômicos. Para Mabbutt (1986) a dificuldade no emprego de indicadores humanos e socioeconômicos por ele denominados de indicadores indiretos, resulta da dependência destes aos regimes climáticos altamente variáveis nas terras secas. Uma outra dificuldade encontrada no emprego destes indicadores identificada por Torres, et al. (2008) diz respeito ao fato de que os mesmos estão disponíveis apenas em escala nacional, dificultando seu emprego em escala local;
- iv) A consolidação do emprego do geoprocessamento e das técnicas de sensoriamento remoto nos estudos de desertificação, contudo vale ressaltar que estas são ferramentas interessantes com as quais seria desejável contar, porém não são suficientes, constituindo-se um meio e não um fim em si mesmas, sendo de fundamental importância a sensibilidade humana no trato das informações.
- v) A incipiente utilização das técnicas de sensoriamento remoto para avaliação da degradação/desertificação para o estado do Piauí.

### 3. ÁREA DE ESTUDO: SELEÇÃO, LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CARACTERIZAÇÃO GERAL.

A escolha da área de estudo apoiou-se em estudo de Aquino (2002) que após criteriosa avaliação das terras secas do Piauí, utilizando a metodologia sistêmica, identificou os Núcleos de Castelo do Piauí e São Raimundo Nonato, como os de maior suscetibilidade a desertificação no Estado, conforme Figura 3.

Considerando ser o Núcleo de São Raimundo Nonato estratégico para o desenvolvimento do Estado por abrigar o Parque Nacional da Serra da Capivara, optou-se pelo mesmo, para realização de estudo de indicadores biofísicos que permitam avaliar o risco e a ocorrência do processo de desertificação na área de estudo.

A área geográfica de estudo localiza-se na porção sudeste do Estado do Piauí, integrando a microrregião de São Raimundo Nonato. Distribui-se de forma descontínua entre as coordenadas de 8° 57'65" a 9° 59'03" de latitude Sul e 42° 06'44" a 43° 03'25" de longitude Oeste, totalizando uma área de aproximadamente 6.988 km<sup>2</sup>.

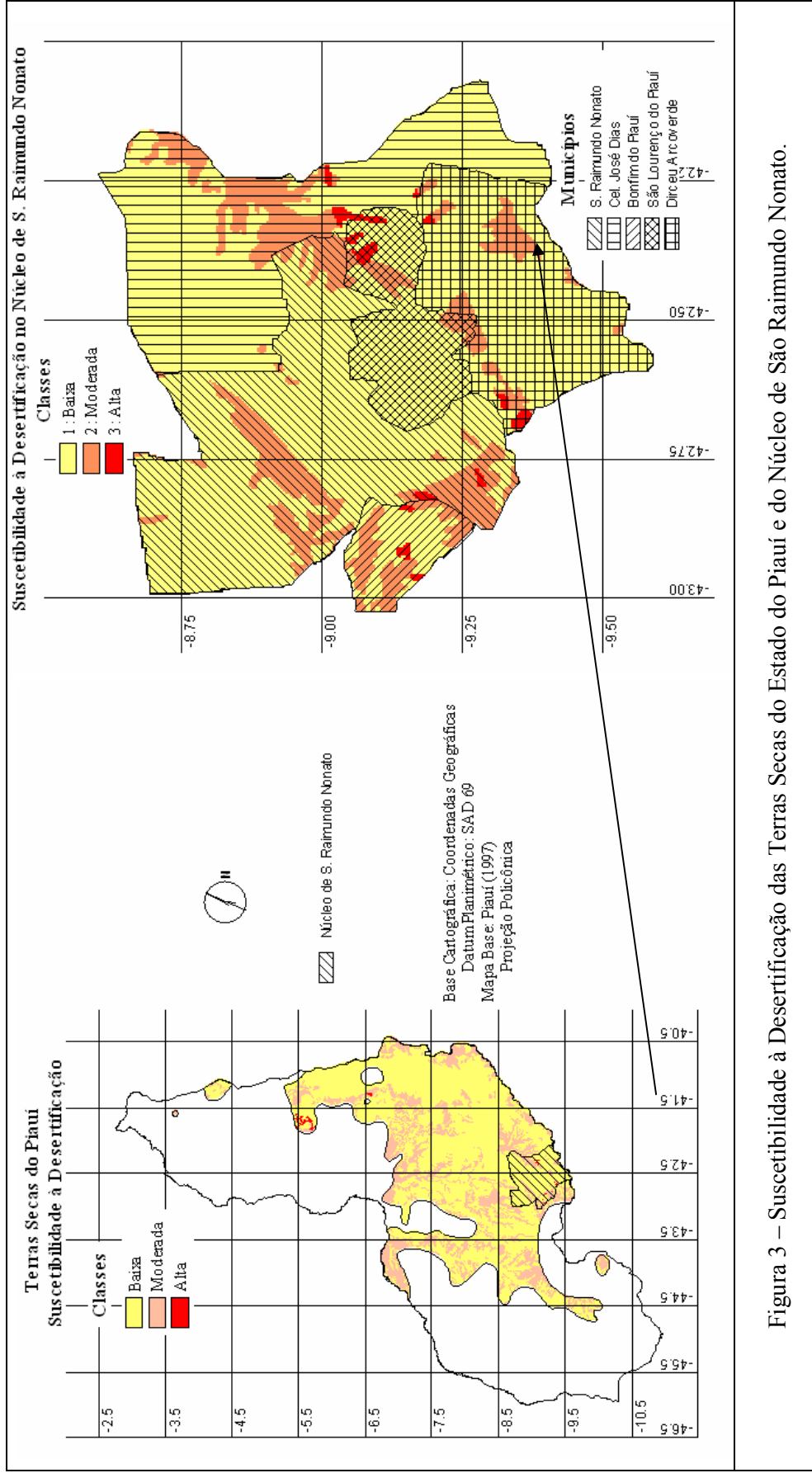
O núcleo de São Raimundo Nonato é composto por seis municípios: São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, Bonfim do Piauí, São Lourenço e Dirceu Arcoverde, distribuídos espacialmente conforme Figura 4.

O emprego da denominação núcleo de São Raimundo Nonato resulta do fato de ser este município o de maior expressão econômica e política da referida microrregião, e ainda ter sido o município de origem dos demais conforme Quadro 5.

Quadro 5 – Municípios integrantes do núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato com os respectivos municípios de origem e ano de emancipação.

Município integrante do núcleo de São Raimundo Nonato	Município do qual foi desmembrado	Ano de emancipação
São Raimundo Nonato	Jaicós e Jerumenha	1961
Dirceu Arcoverde	São Raimundo Nonato	1983
Coronel José Dias	São Raimundo Nonato	1993
São Lourenço	São Raimundo Nonato	1993
Bonfim do Piauí	São Raimundo Nonato	1993

Fonte: Organizado por AQUINO, C.M.S.(2009).



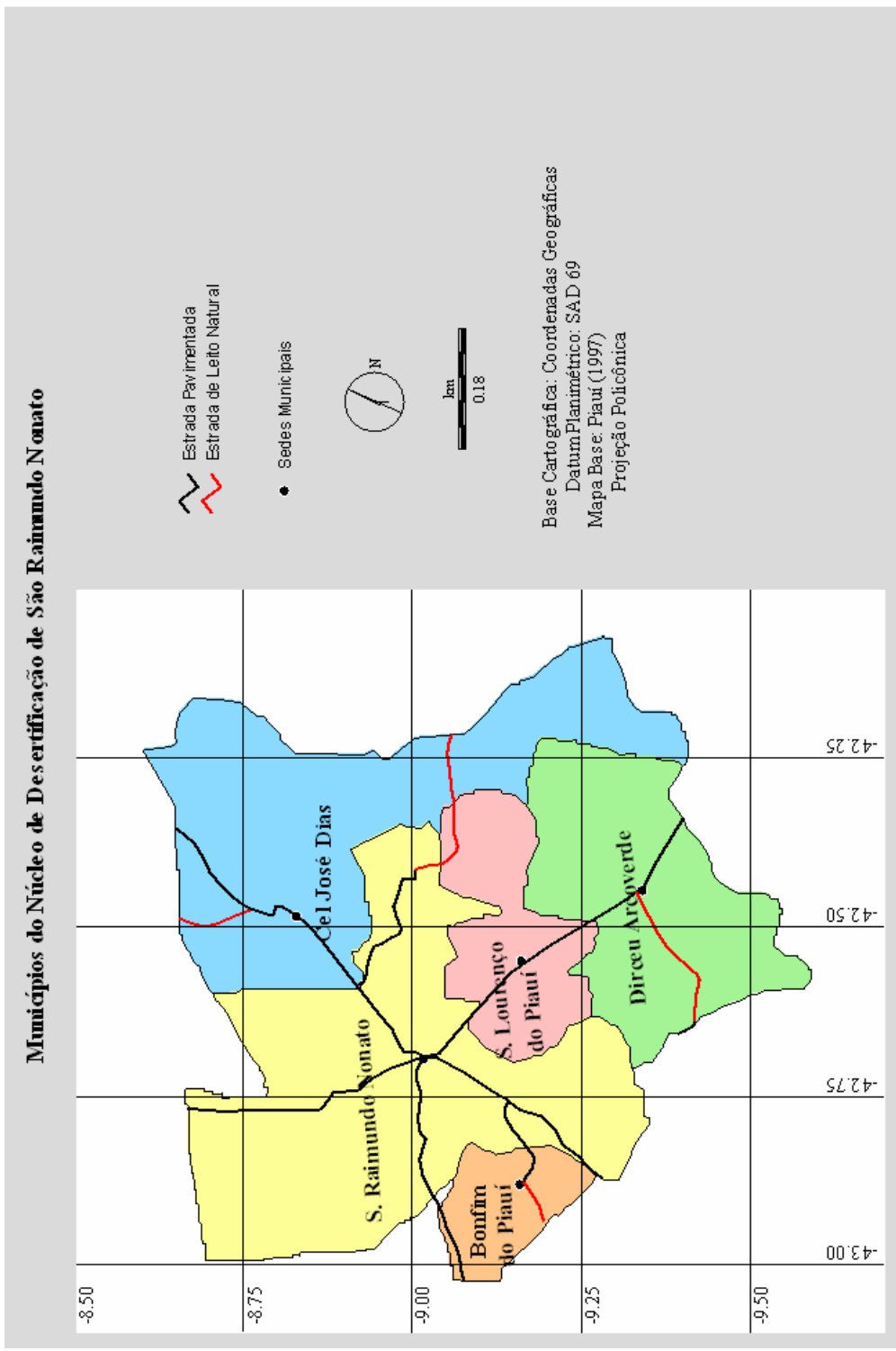


Figura 4 – Municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato.

### 3.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

Considerando a afirmativa de Ab'Saber (1990) acerca da necessidade de conhecimento dos aspectos relacionados ao mundo físico e biótico, que podem reverter-se em problemas para o homem e a sociedade, o presente capítulo objetiva apresentar as características geoambientais da área de estudo.

#### 3.1.1. Condicionantes Climáticos

O clima embora não sendo um componente materializável e visível na superfície terrestre é fator fundamental no estudo dos sistemas ambientais, posto constituir-se o fornecedor de energia, cuja incidência repercute na quantidade disponível de calor e água (Christofoletti, 1999) assim, o clima desempenha papel fundamental na medida que regula os processos e a dinâmica dos sistemas ambientais.

O clima das regiões suscetíveis à desertificação (regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas), considerando suas variações espaciais e temporais, é condicionante na degradação dos recursos naturais (água, vegetação, solos, etc.), impondo assim limitações à produtividade e ao manejo da terra, o que denota a importância da caracterização e da análise dos parâmetros climáticos da área de estudo.

O estado do Piauí localiza-se no nordeste brasileiro, possui uma área de 251.529,2 km<sup>2</sup>, e é o terceiro maior estado em extensão na região. Suas características geoambientais refletem a condição de área de transição entre o domínio das depressões interplanálticas recobertas por caatingas com clima semiárido, as áreas de cerrado do planalto central e a floresta tropical da Amazônia.

Medeiros (1999) afirma que os principais sistemas de perturbação atmosférica atuantes no estado do Piauí são: as linhas de instabilidade, a zona de convergência intertropical e ainda os vestígios de frente fria, aliados aos complexos convectivos de mesoescala. Da interação entre esses sistemas resultam diferentes regimes pluviométricos no estado do Piauí conforme constata-se na Figura 5.

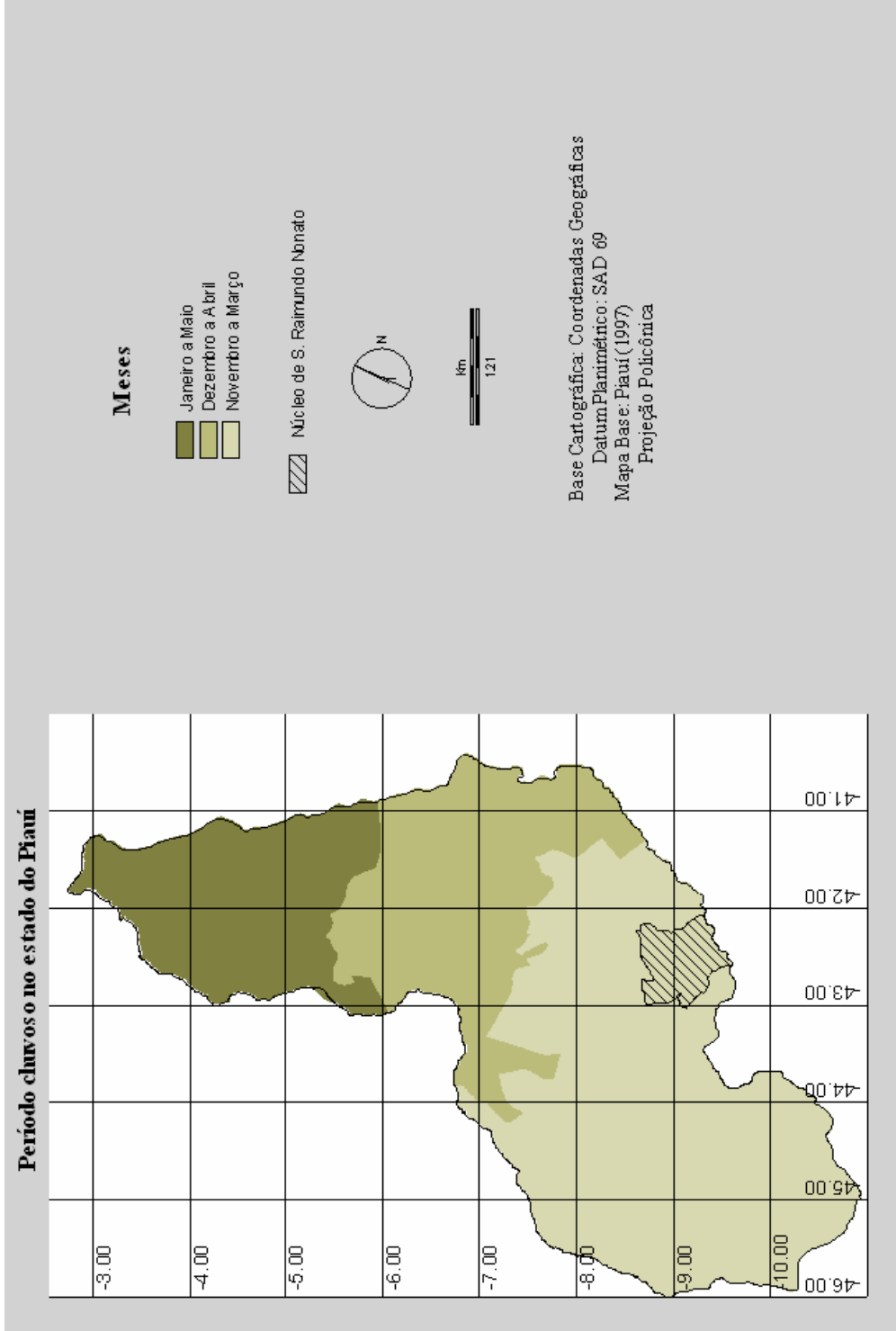


Figura 5 – Distribuição dos períodos chuvosos no Estado do Piauí, segundo Medeiros (1999).



A porção sudeste do Estado onde está localizado o núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato tem como principal sistema causador de chuvas as penetrações de Frentes Frias e/ou vestígios da mesma, que eleva a nebulosidade e provoca precipitações de intensidade moderadas a forte na região entre os meses de novembro e março.

A análise climática da área de estudo baseou-se em dados de precipitação das séries anuais disponíveis em Sudene (1990). As falhas constantes nas séries históricas (1963 a 1985) foram corrigidas pelo Método de Ponderação Regional proposto por Tucci (1993). Na Tabela 2 estão relacionados os 20 postos pluviométricos localizados dentro e no entorno do núcleo de São Raimundo Nonato empregados para análise do balanço hídrico considerando uma série histórica de 23 anos.

O Balanço Hídrico impõe limitações às atividades biológicas, econômicas e sociais. No presente trabalho ele foi computado segundo Thornthwaite (Thornthwaite & Mather, 1955, 1957). De acordo com Nogueira & Lima (1989) este método contabiliza a água do solo, onde a precipitação representa seu ganho e a evapotranspiração a perda de umidade do solo. A capacidade de armazenamento de água no solo considerada foi de 125mm, valor largamente utilizado em estudos desta natureza. Os resultados do balanço hídrico para os postos meteorológicos da área de estudo foram indicados na Tabela 2.

Os termos do Balanço hídrico (Precipitação, Evapotranspiração Potencial, Evapotranspiração Real, Índice de Aridez, Índice Efetivo de Umidade e Número de Meses Secos) obtidos para os postos pluviométricos da área de estudo foram plotados em mapas e com o emprego de técnicas de triangulação foram obtidas isolinhas que permitiram a confecção dos mapas temáticos usados na caracterização do clima do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Os volumes pluviométricos anuais no semiárido nordestino influenciam de maneira direta os aspectos socioambientais, posto o incipiente nível tecnológico da região, resultante da falta de políticas de convívio com as adversidades climáticas.

Tabela 2 – Resultado do Balanço Hídrico dos Postos Meteorológicos do núcleo de São Raimundo Nonato, segundo THORNTONWAITE '55

Nome Posto	Precipitação média anual, em mm *	Temperatura média Mensal, em °C **	Índice de Aridez	Evapotrans -piração Potencial (mm)	Evapotrans -piração Real (mm)	Número de Meses Secos	Excedente Hídrico	Déficit Hídrico	Índice efetivo umidade
1. Canto do Buriti	837	26.4	0,54	1556	891	9	6	725	-46.2
2. Brejão	777	22.4	0,73	1069	741	8	60	328	-24.1
3. Caracol	822	23.6	0,69	1190	795	6	27	395	-30.9
4. Anísio de Abreu	826	24.8	0,62	1336	824	7	2	512	-38.2
5. São Francisco	591	25.9	0,40	1489	591	10	0	898	-60.3
6. Serra do Faustino	761	26.3	0,49	1550	761	9	0	789	-50.9
7. São João do Piauí	996	26.8	0,62	1610	861	8	181	749	35.3
8. Sete Lagoas	617	25.8	0,42	1481	617	9	0	864	-58.3
9. Estação***	838	24.4	0,65	1286	812	8	26	474	-34.8
10. Moreira	656	26.8	0,41	1609	656	10	0	953	-59.2
11. Juscelino Kubitschek ***	691	26.2	0,45	1527	691	9	0	836	-54.7
12. Riacho das Vacas ***	586	26.7	0,37	1594	586	11	0	952	-59.7
13. São Lourenço ***	691	24.7	0,52	1322	691	9	0	629	-47.6
14. Cavalheiro ***	824	25.7	0,56	1462	824	8	0	638	-43.6
15. Bom Jardim ***	727	23.3	0,63	1153	724	7	3	429	-36.9
16. Curral Novo	673	26.1	0,45	1511	673	9	0	839	-55.5
17. Campo Alegre de Lourdes	783	24.2	0,62	1264	778	7	5	486	-38.1
18. Casa Nova	578	25.9	0,39	1491	578	10	0	913	-61.2
19. Baluarte	895	24.0	0,73	1227	807	7	88	420	-27.1
20. Remanso	675	25.9	0,46	1477	675	10	0	802	-54.3
Média	707	24.0		1462	694	8	19	649	43.7

\* Dados de Sudene (1990)

\*\* Estimada de acordo com Lima (1982)

\*\*\* Postos inseridos no Núcleo de São Raimundo Nonato

A variação nos volumes pluviométricos no Núcleo de São Raimundo Nonato é significativa com valores médios anuais de precipitação, variando de 996 mm no posto de São João do Piauí e 586 mm no Posto Riacho das Vacas, com uma média pluviométrica de 707 mm, o que se reflete na variação apresentada pelos demais termos do balanço hídrico discutidos a seguir.

A alta variabilidade da precipitação para os postos pluviométricos inseridos no Núcleo de estudo pode ser constatada a partir dos valores do Coeficiente de Variação (CV) apresentados na Tabela 3. O menor valor do Coeficiente de Variação foi de 28,2% no posto Estação e o maior foi de 43,9% no posto Riacho das Vacas. Segundo Conti (2003) e Hare (1992) o Coeficiente de Variação é sempre superior a 25% nas regiões secas, excedendo a 40% ao longo da maioria das áreas desérticas, evidenciando assim a fragilidade climática e consequentemente ecológica da área de estudo.

A Figura 6 elaborada a partir dos dados constantes na Tabela 2, apresenta a espacialização das chuvas na área mapeada.

Tabela 3 - Precipitação média e coeficiente de variação interanual das precipitações no Núcleo de São Raimundo Nonato.

Postos	Precipitação	
	Média(mm)	CV (%)
Bom Jardim	707,2	34,2
Cavalheiro	825,6	36,0
Curral Novo	673,6	30,3
Estação	837,1	28,2
Juscelino Kubitschek	691,4	35,2
Moreira	656,5	29,1
Riacho das Vacas	586,6	43,9
São Lourenço	689,0	32,8

Fonte: Organizado por AQUINO, C.M.S. (2009).

A Evapotranspiração Potencial (ETP) corresponde à quantidade de água necessária para manter a vegetação sempre verde em função de uma dada temperatura. Nos cálculos do balanço hídrico, a evapotranspiração potencial representa o consumo de água, enquanto a pluviosidade representa o abastecimento. O solo seria o reservatório, razão pela qual se considera que o balanço hídrico representa a dinâmica das relações da atmosfera com o sistema solo-planta.

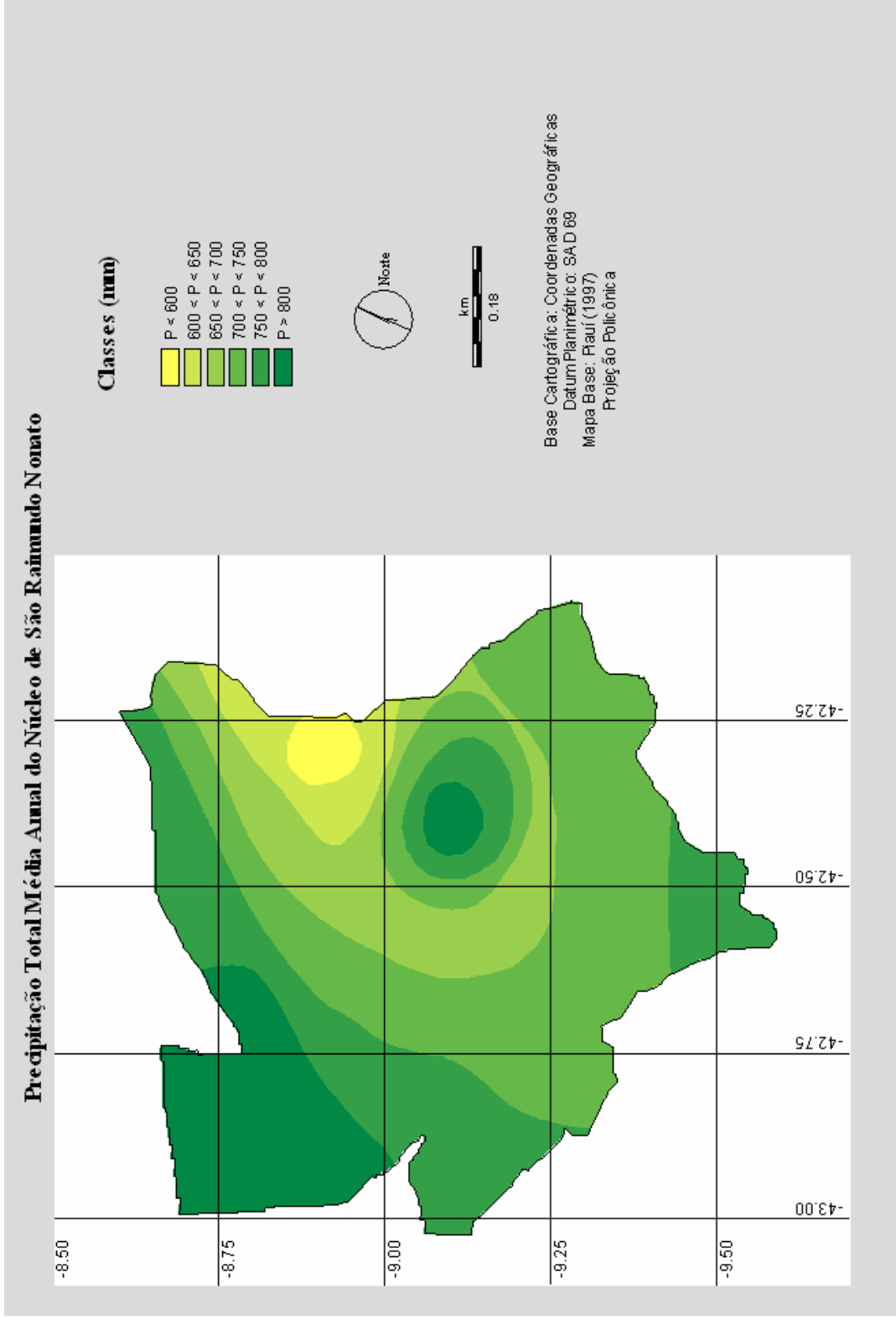


Figura 6 – Precipitação Total Média Anual no Núcleo de São Raimundo Nonato.

Para cálculo da evapotranspiração potencial anual (ETP) segundo Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) foram estimados os valores de temperatura média mensal (T) a partir de equações desenvolvidas por Lima et al. (1982). Esta equação foi manipulada através do programa computacional *CRIATEMP* (Oliveira & Sales, comunicação pessoal), que permitiu a estimativa dos valores de temperatura média mensal dos postos pluviométricos das séries históricas estudadas.

A partir dos dados de ETP indicados na Tabela 2, constata-se que os valores são sempre superiores a 1000mm, com um valor médio de 1.462mm. A Figura 7 apresenta a distribuição espacial da ETP na área de estudo. Os valores de ETP superiores a 1.000mm, constituem uma característica marcante das regiões tropicais semiáridas do mundo resultado da ilimitada oferta de energia solar responsável pelos elevados valores de temperatura, altas taxas de evapotranspiração e acentuados déficits hídricos, evidenciados em todos os postos estudados.

Segundo Sales (2003), a Evapotranspiração Real (ETR), ao contrário da ETP, que se refere a uma situação de disponibilidade potencial de água, representa a quantidade de água que efetivamente sai do sistema através da evapotranspiração e que é usada na produção primária pelos vegetais. Considerando ser a ETR aquela que ocorre nas condições reais às quais o vegetal está submetido, onde não necessariamente existe disponibilidade hídrica satisfatória e vegetação uniforme sobre a superfície, constata-se a relação direta entre a precipitação e a ETR, estando os menores valores de ETR relacionados a baixos valores de precipitação e os maiores relacionados a precipitação mais elevada. A distribuição espacial dos valores de ETR está representada na Figura 8.

O Índice de Aridez (IA) é determinante na identificação das áreas do globo suscetíveis a desertificação. Para Sales (1998) a determinação desse índice permite conhecer *a priori* as limitações impostas pelo clima para a realização de atividades biológicas primárias e, conseqüentemente da produtividade agrícola indispensável ao desenvolvimento das sociedades humanas. Este Índice proposto pelo UNEP (1991), que é o quociente entre a precipitação média anual e a evapotranspiração potencial anual (P/ETP), foi estimado para a área de estudo, e o resultado pode ser observado na Figura 9.

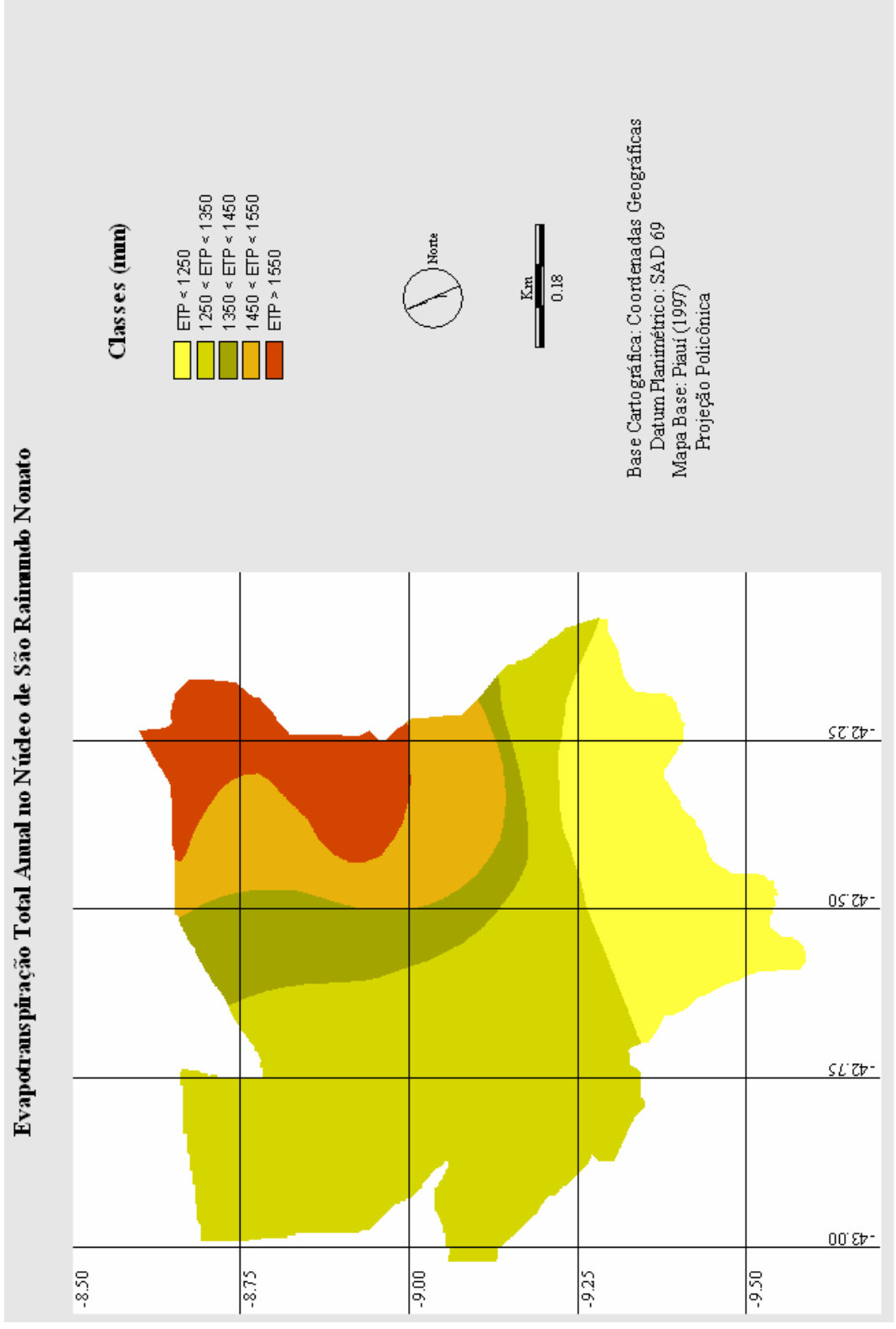
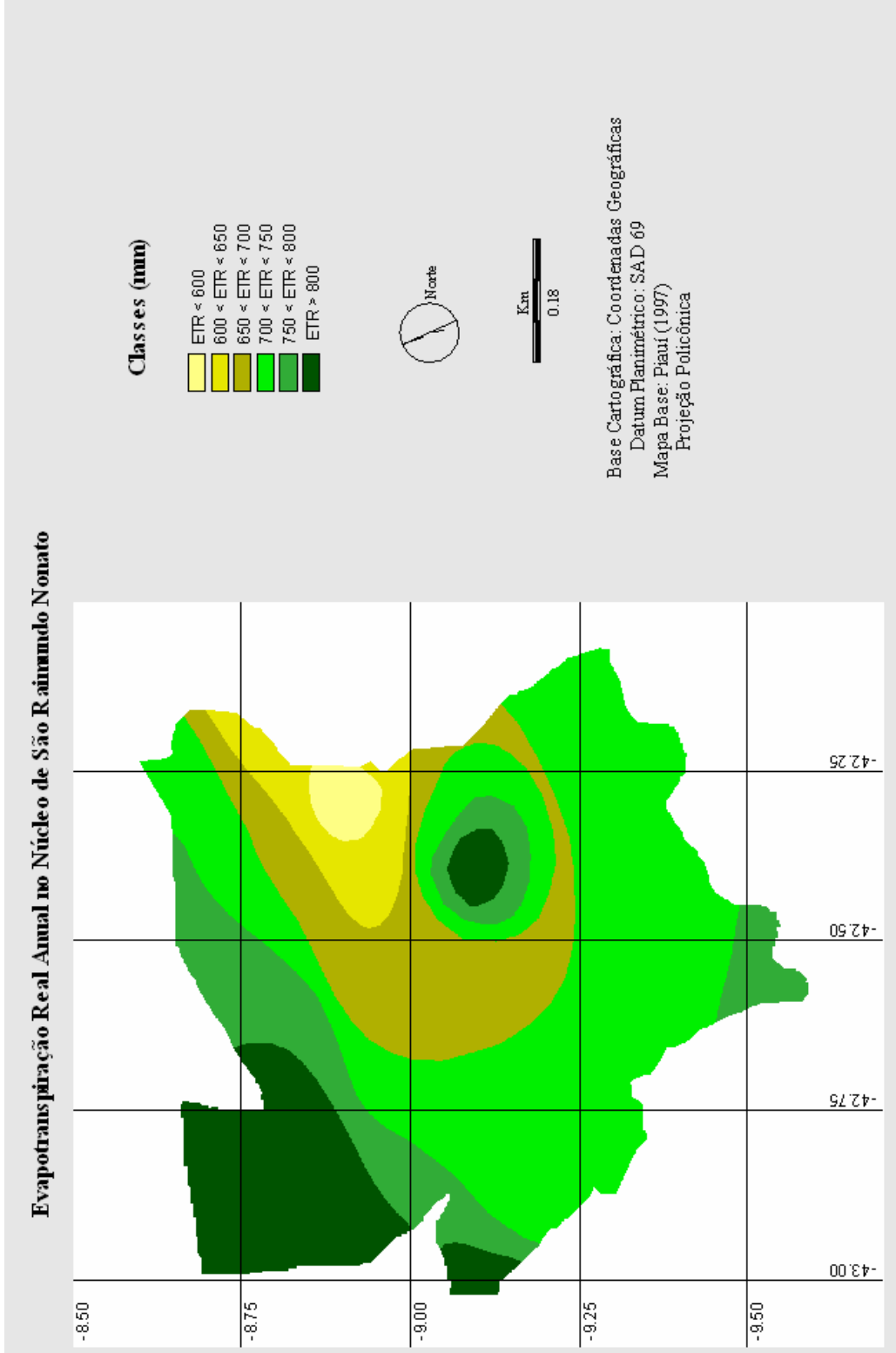


Figura 7 – Evapotranspiração Potencial total anual no Núcleo de São Raimundo Nonato.



**Figura 8 – Evapotranspiração Real Anual no Núcleo de São Raimundo Nonato.**

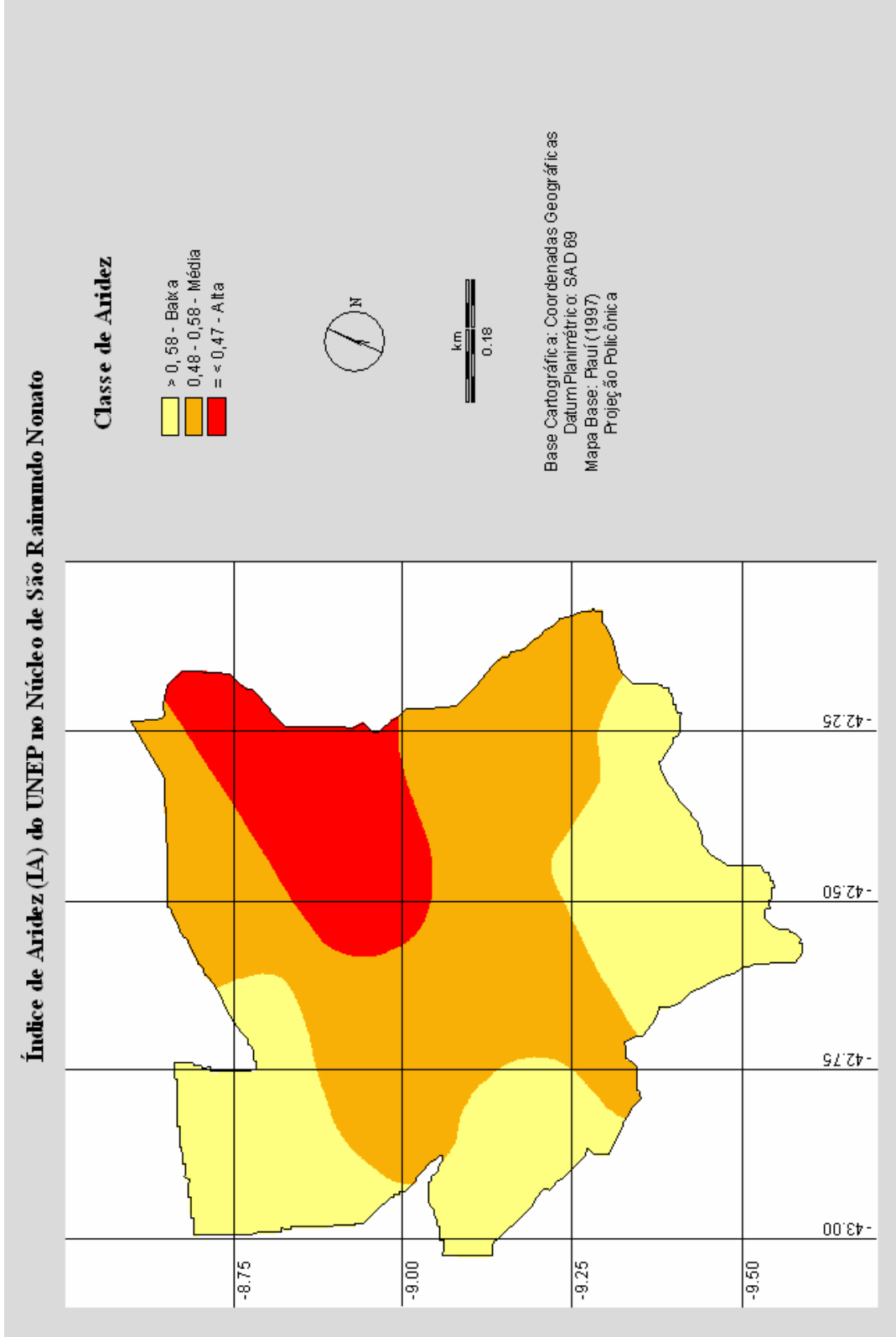


Figura 9 – Índice de Aridez (P/ETP) no Núcleo de São Raimundo Nonato.



A Figura 9 indica níveis diferenciados de aridez na área de estudo, com valores mais elevados na porção oriental. Pela análise da Tabela 2 depreende-se que 45% dos postos pluviométricos apresentaram valores de IA variando de 0,20 a 0,50, permitindo, portanto, seu enquadramento na categoria de clima semiárido, 40% apresentaram variação de IA de 0,51 a 0,65 enquadrando-se na categoria de clima seco subúmido e 15% dos postos apresentaram IA superior a 0,65, ressalte-se estes últimos integrem o conjunto dos postos utilizados apenas como apoio.

Com relação à distribuição temporal das precipitações, constata-se que a área de estudo apresenta de 8 a 11 meses secos, conforme Figura 10. Uma comparação entre os valores de precipitação dos postos pluviométricos e o número de meses secos constantes na Tabela 2, deixa claro o problema não de disponibilidade de água na região, mas de concentração temporal de chuvas em um período que varia de três a quatro meses, culminando em intenso processo de erosão agravado pela pouca proteção oferecida pela vegetação da área.

Os gráficos ombrotérmicos apresentados nas Figuras 11 e 12 representam o comportamento médio das chuvas e das temperaturas nos postos pluviométricos inseridos na área de estudo e reforçam a constatação da concentração das precipitações num curto período do ano. Nos postos analisados constatam-se poucas oscilações, evidenciando uma regular distribuição dos valores de temperatura média em todos os meses do ano. O gráfico também permite inferir serem os meses de janeiro, fevereiro e março os mais chuvosos e, portanto, de maior atividade vegetal, já os meses de junho, julho, agosto e setembro são os mais secos, e caracterizam uma situação ecológica de déficit hídrico nestes meses.

O índice efetivo de umidade (Thorntwaite & Mather, 1955) é utilizado para determinar quão úmido ou seco é o clima de uma determinada região através da combinação dos valores de evapotranspiração potencial, do excedente e do déficit hídrico do balanço através do emprego da equação (1).

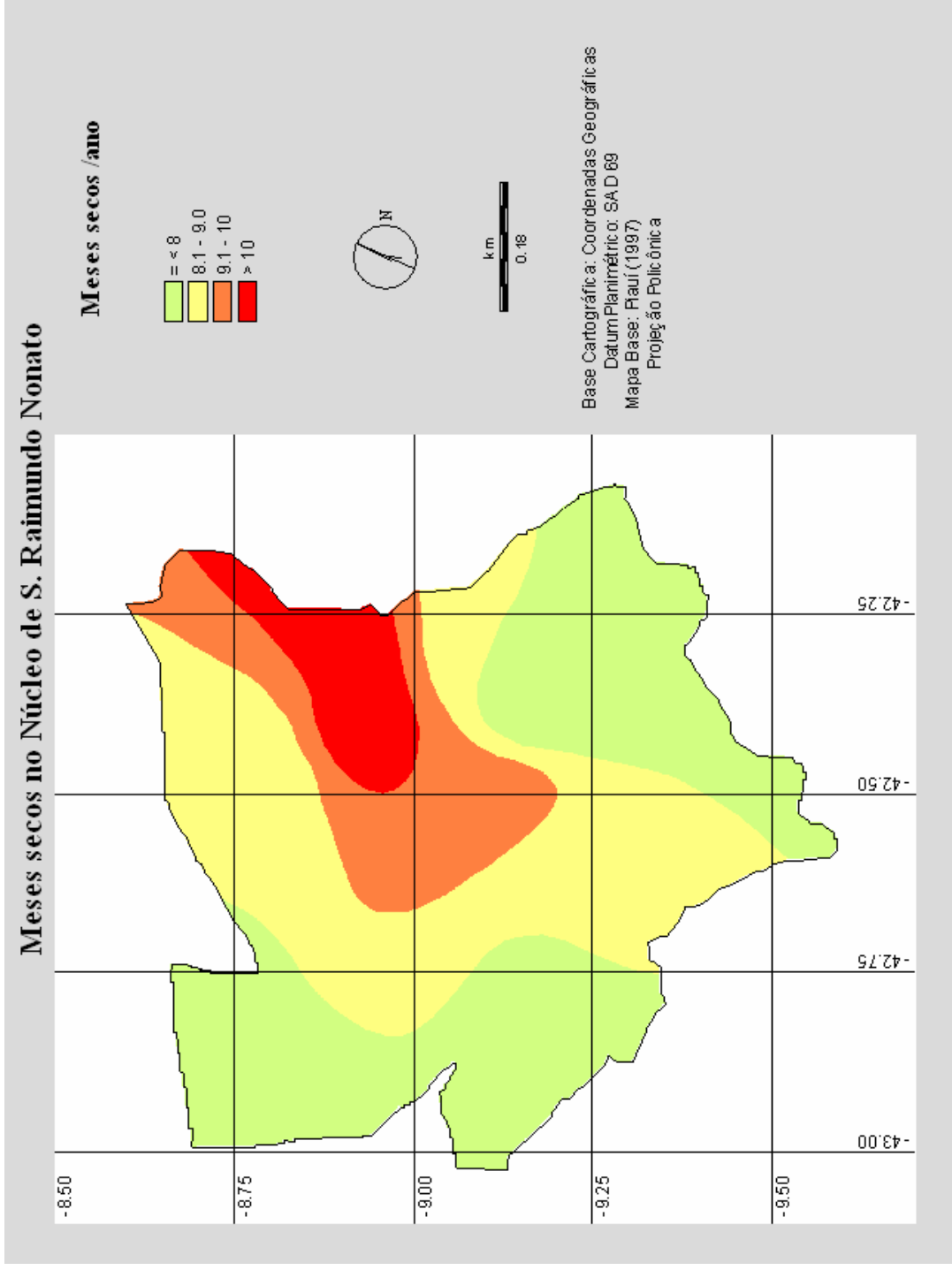


Figura 10 – Número de Meses Secos no Núcleo de São Raimundo Nonato.

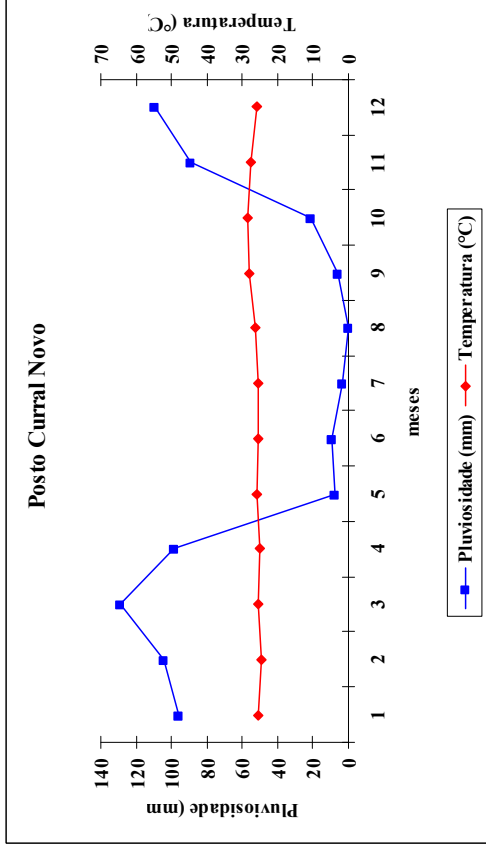
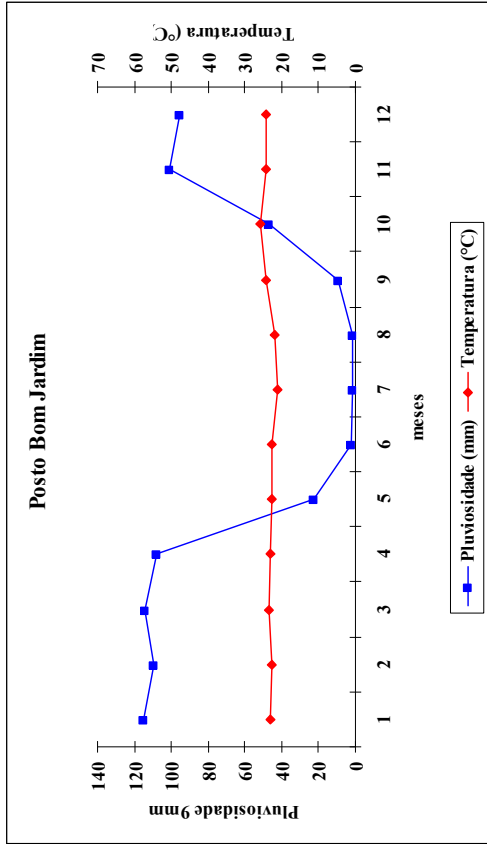
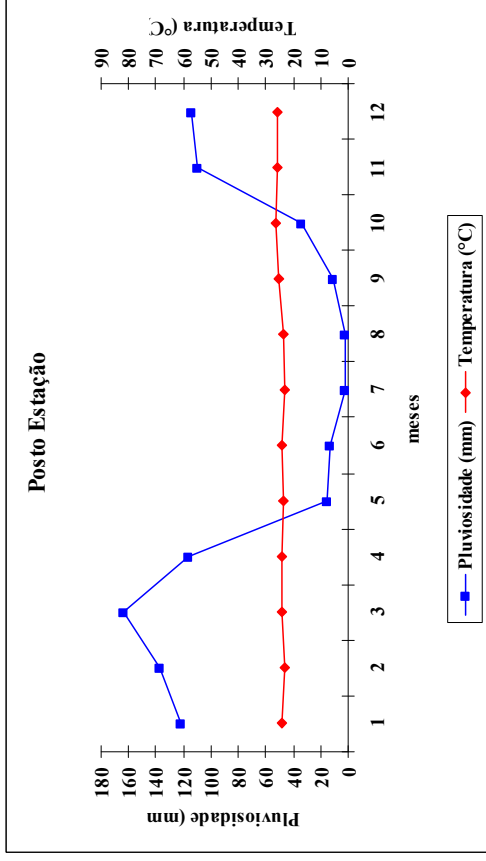
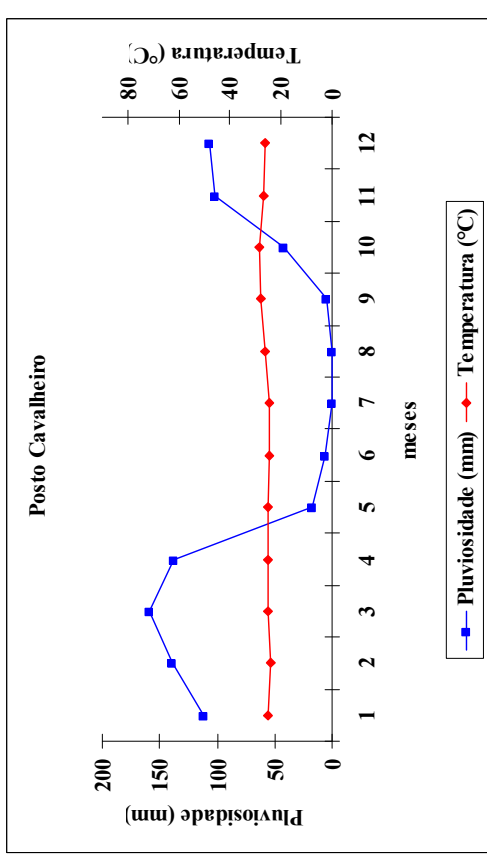


Figura 11 - Gráficos ombrotérmicos dos postos pluviométricos Bom Jardim, Cavalheiro, Curral Novo e Estação.

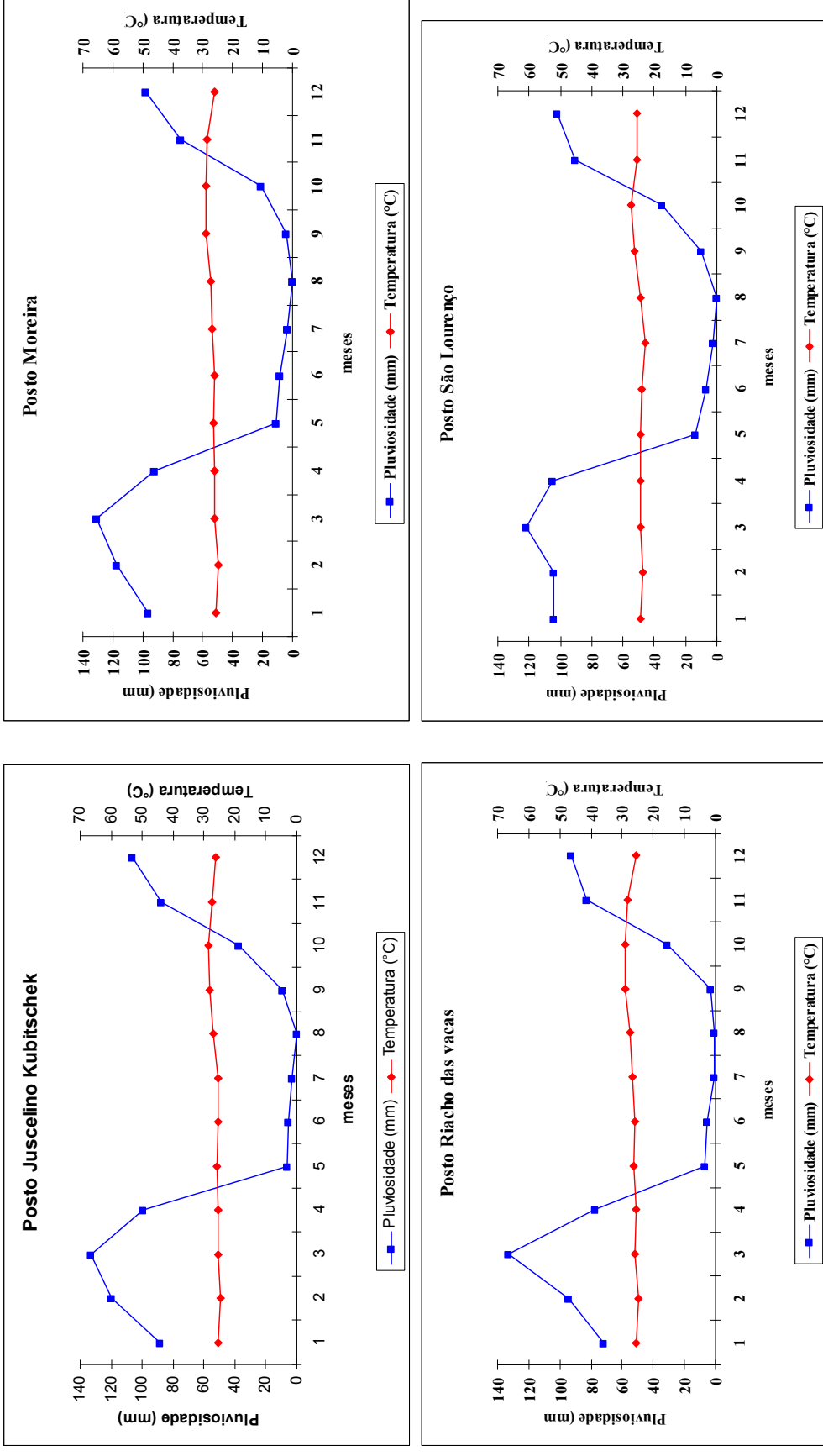


Figura 12 - Gráficos ombrotérmicos dos postos pluviométricos Juscelino Kubitschek, Moreira, Riacho das Vacas e São Lourenço.

$$IM = [(EXC - DEF) \times 100] / EP \quad (1)$$

onde,

EXC é o Excedente Hídrico Anual;

DEF é o Deficiência Hídrica Anual;

EP é a Evapotranspiração Potencial Anual.

Na Tabela abaixo temos a classificação climática, quanto à umidade, de acordo com Thornthwaite & Mather (1955).

Tabela 4 – Classificação dos Climas segundo o Índice Efetivo de Umidade (Im) de Thornthwaite & Mather (1955)

Tipos Climáticos		Índice efetivo de umidade (IM)
úmidos	Superúmido	> 100
	Úmidos	20 a 100
	Subúmido úmido	0 a 20
secos	Subúmido seco	0 a -33,3
	Semiárido	-33,3 a -66,6
	Árido	< -66,6

Fonte: Thornthwaite & Mather (1955)

Conforme pode ser visto na Tabela 2, todos os valores de Índice Efetivo de Umidade obtidos para os postos estudados foram negativos, com valores variando de -33 a -60, caracterizando uma tipologia de clima semiárido, com a ocorrência de uma aridez mais acentuada na porção oriental da área de estudo, conforme Figura 13

De modo geral, os resultados da análise climática constante na Tabela 2 mostram uma grande variação quantitativa dos termos do balanço hídrico, aspectos que limita a produtividade biológica e determina os processos morfo-pedológicos e fito-ecológicos na área de estudo.

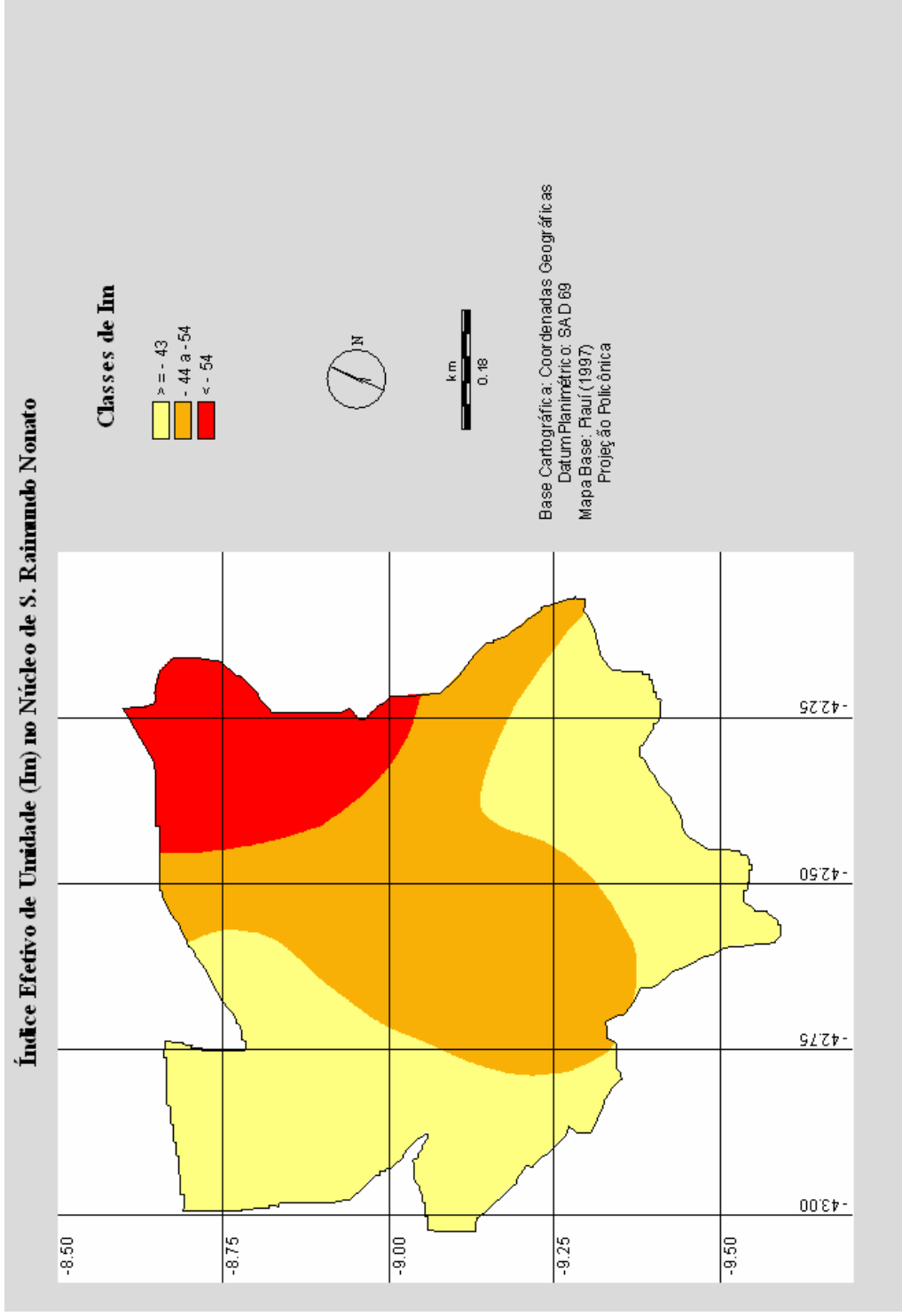


Figura 13 – Índice Efetivo de Unidade (IM) no Núcleo de São Raimundo Nonato, (Thornthwaite & Mather, 1955).

### 3.1.2 Condicionantes Geológicos e Geomorfológicos

Considerando a geologia regional, o núcleo de São Raimundo Nonato situa-se em três grandes domínios geológicos: a Província São Franciscana, a Província Borborema e a Província Parnaíba.

As Províncias São Franciscana e Borborema são essencialmente de composição e organização do Neoproterozóico, domínio Brasileiro e de acordo com Schobbenhaus & Neves (2003) consistem em um mosaico complexo de pequenos núcleos antigos Pré-Brasileiros circundados sistematicamente por faixas móveis Brasileiras.

A Província Parnaíba ocupa uma área de aproximadamente 600.000km<sup>2</sup> e um pacote sedimentar com espessura irregular que ultrapassa 3.000m. O ciclo de deposição da Bacia do Parnaíba ocorreu durante o Siluriano e o Devoniano, sob ambiente fluvio-glacial e glacial passando a transicional (nerítico) e retornando a condições continentais (Schobbenhaus & Neves (2003). A Figura 14 apresenta um esboço geológico baseado em CPRM (2006) com as principais unidades litológicas da área de estudo. No Quadro 6 são descritas as formações geológicas e as respectivas litologias ocorrentes na área.

Da análise da Figura 14 depreende-se que a maior parte da área de estudo 73,5% corresponde ao Embasamento Cristalino datado do Pré-Cambriano e 26,5% corresponde a deposições sedimentares, localizadas predominantemente na porção noroeste da área de estudo, representada pelas serras da Capivara e Bom Jesus do Gurguéia.

Quanto ao aspecto geomorfológico de acordo com Brasil (1973) a área de estudo exhibe duas unidades morfoestruturais: i) superfície tabular estrutural (Serras da Capivara e Bom Jesus do Gurguéia) e ii) Superfície Pediplanada Pré-Cambriana. Resultante da atuação dos fatores climáticos têm-se na área três unidades morfoclimáticas: i) vales pedimentados e interplanálticos, ii) formas erosivas dissecadas em mesas e iii) formas erosivas dissecadas em vales encaixados, distribuídos e espacializados na Figura 15.

Considerando a presente compartimentação geomorfológica, constata-se que em 75% da área há ocorrência da Superfície Pediplanada Pré-Cambriana, representada pela depressão do médio São Francisco de origem essencialmente erosiva, elaborada a partir de processos de

Quadro 6 - Formações geológicas e litologias do núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato.

Era	Período	Formações	Litologias
Cenozóica	Província Parnaíba		
	Quaternário	Q1e	Depósitos Eólicos Continentais
	Final do Terciário e início do Quaternário	NQc NQdl	Depósitos Colúvio-Eluviais: sedimentos arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos. Cobertura Detrito-Lateríticas: areias com níveis de argila e cascalhos e crosta laterítica.
Paleozóico	Permiano	P12pf - Formação Pedra de Fogo	Arenitos, folhelhos, calcários e silexitos.
	Devoniano	D2c – Formação Cabeças	Arenitos e siltitos
		D2p – Formação Pimenteiras	Arenitos, siltitos e folhelhos
Neoproterozóico	Supersuíte Intrusiva Tardi a Pós-Orogênica		
	Neoproterozóico III	NP3y3s – Suíte Intrusiva Serra da Aldeia	Anfibólio-biotita, quartzo álcali-feldspato - sienitos a sienogranitos alcalinos.
	Grupo Casa Nova		
	Criogeniano	NPcb1 – Formação Barra Bonita	Cianita – estaurolita – granada- micaxistos
NPcb2 -Formação Barra Bonita		Cianita – estaurolita – granada- micaxistos e filitos	
Mesoproterozóico	Complexo Brejo Seco		
	Esteniano	MP3b2 - Corpos Máfico-Ultramáfico Brejo Seco	Metatroctolitos, metaolivina-gabros, metanortositos e quartzitos.
Paleoproterozóico	Complexo Ceará		
	Riaciano	PP2y2ms – Sobradinho-Remanso	Granitos e granodioritos, gnaissificados
	Complexo Cristalândia do Piauí		
	Neoarqueano	A4ln – Unidade Minadorzinho	Micaxisto e paragneisses com estaurolita, granada e silimanita, mármores e quartzitos.
	Mesoarqueano	Complexo Sobradinho - Remando	
A23gs		Ortogneisses migmatíticos, tonalíticos e granodioríticos, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais.	

Fonte: CPRM, (2006)



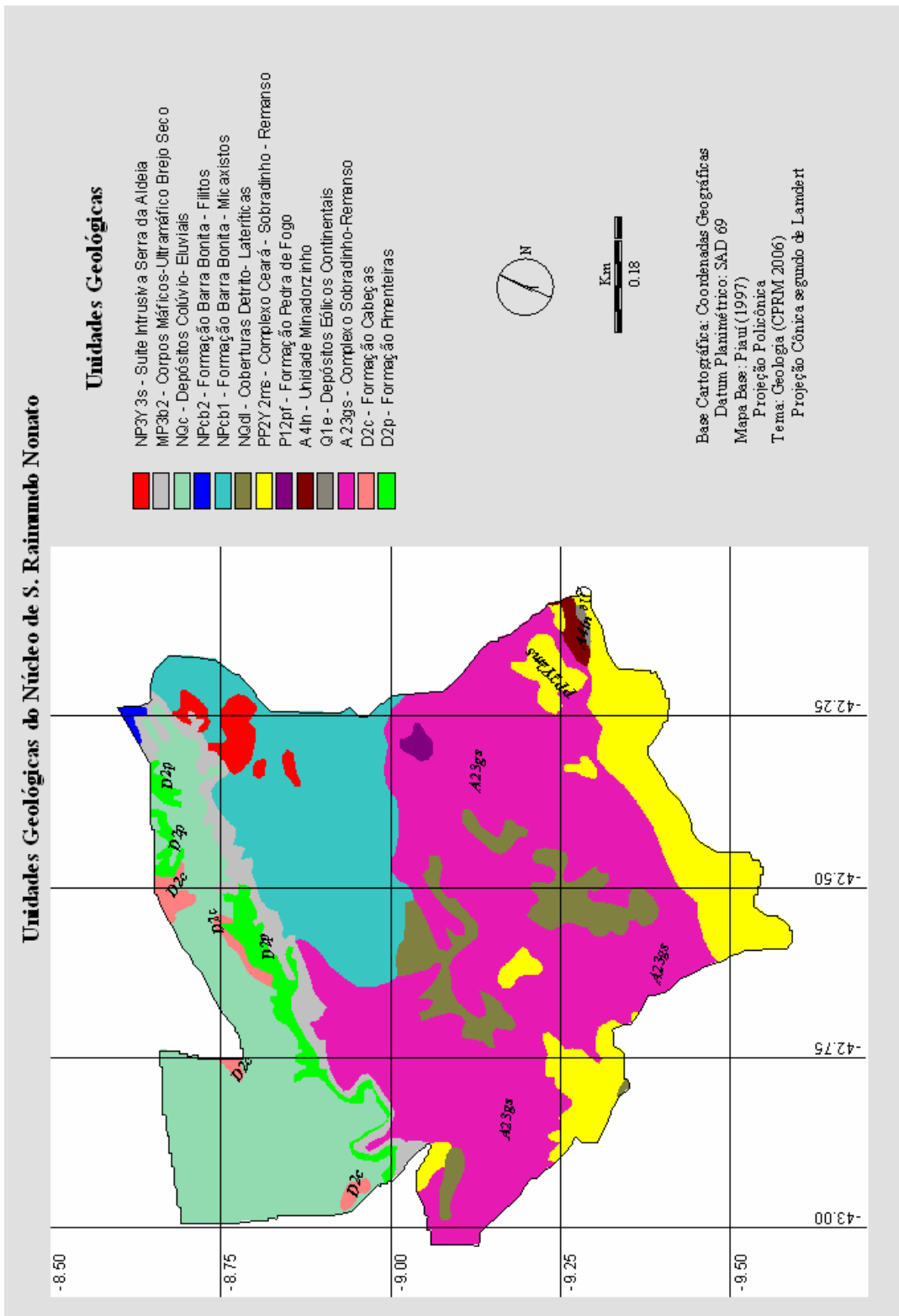


Figura 14 – Unidades Geológicas do Núcleo de São Raimundo Nonato, (CPRM, 2006).

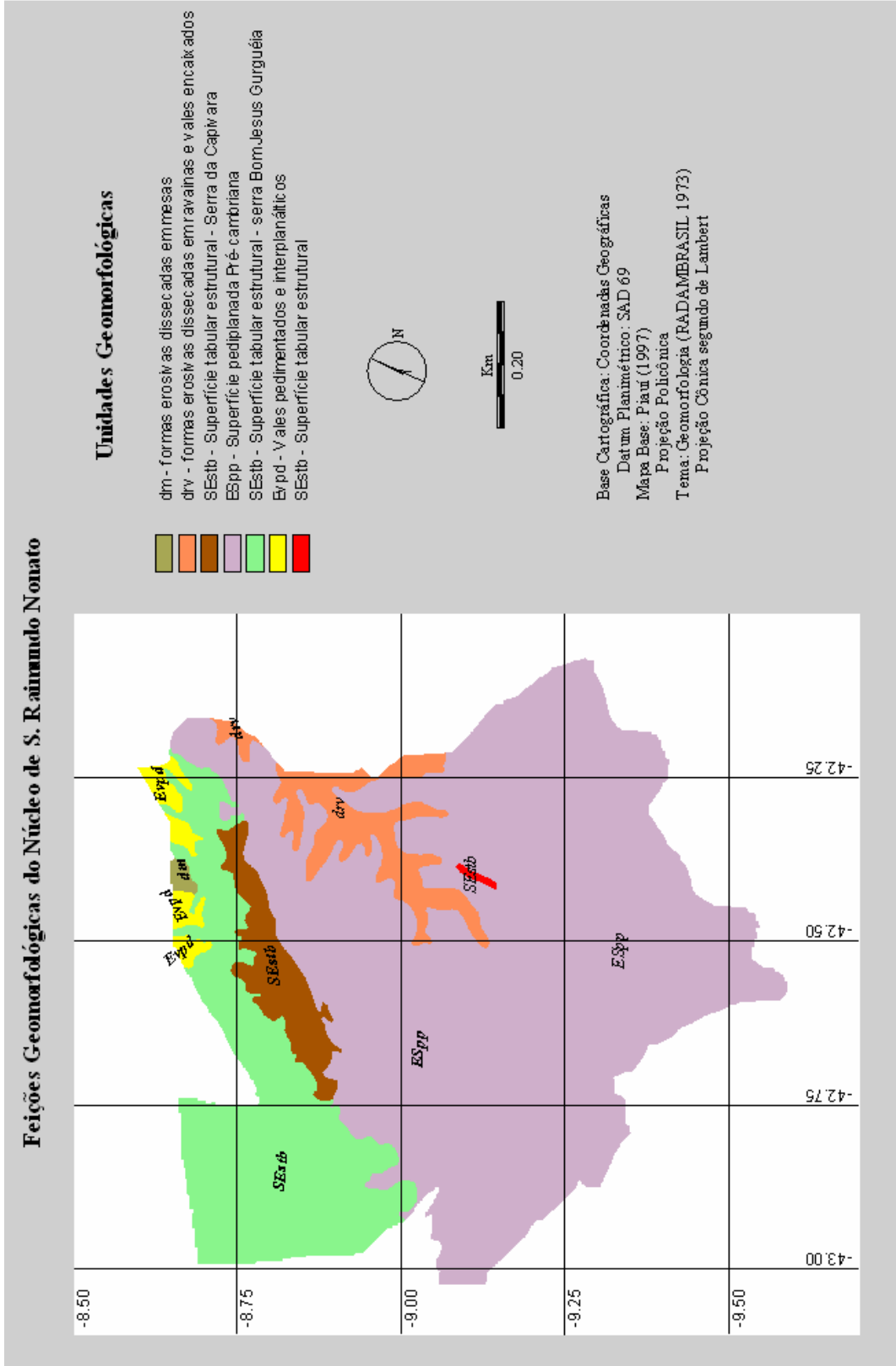


Figura 15 – Feições Geomorfológicas do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Brasil, 1973.

denudação iniciada no Plioceno e finalizada no início do Pleistoceno com a abertura final da depressão do tipo periférica, testemunho de longas fases erosivas (Brasil, 1973).

Esta unidade estrutural de acordo com Lima (1987) pertence ao núcleo nordestino de escudo brasileiro. Topograficamente corresponde a uma área deprimida, com um nível de base local de aproximadamente 300m de altitude, circundada pelas bordas da Província Parnaíba e pelas formações Cretáceas da Chapada do Araripe em Pernambuco com altitudes de aproximadamente 600m.

A presença de formas erosivas dissecadas em vales encaixados na área (vales dos rios Piauí e São Lourenço) reflete condições climáticas subatuais de um clima mais úmido com rios de maior competência capazes de maior incisão e superimposição de drenagem e ainda de desencadeamento de processos de pedimentação (Brasil, 1973).

### 3.1.3 Condicionantes Pedológicos e Vegetacionais

Da variedade mineralógica das rochas da área de estudo resulta a ocorrência de diferentes associações de solos. De acordo com Jacomine (1986), no núcleo de São Raimundo Nonato ocorrem 18 associações de solos agrupadas em 5 grandes grupos: Latossolos, Podzólicos (Argissolos), Litólicos (Neossolos Litólicos), Regossolos (Neossolos Regolíticos e os Bruno Não-cálcicos (Luvisolos). A Figura 16 apresenta a distribuição espacial das associações de solos da área de estudo.

Pela análise da Figura 16 constata-se que os Latossolos distribuem-se de forma descontínua e ocupam 61,9% da área de estudo. Os Argissolos constituem o segundo grupo mais representativo ocupando 17,4% da área, seguidos dos Neossolos Litólicos com 16,7%, dos Neossolos Regolíticos com 3,6% e dos Luvisolos que ocupam apenas 0,4% da área de estudo.

Da localização geográfica, da topografia aliada às condições climáticas tem-se para a área de estudo, segundo Brasil (1973), a ocorrência das seguintes formações Vegetais: Caatinga Arbórea e Caatinga Arbustiva. A caatinga arbórea ocorre em áreas restritas das serras Bom Jesus do Gurguéia e da Capivara, mais especificamente nos boqueirões da Serra da Capivara.

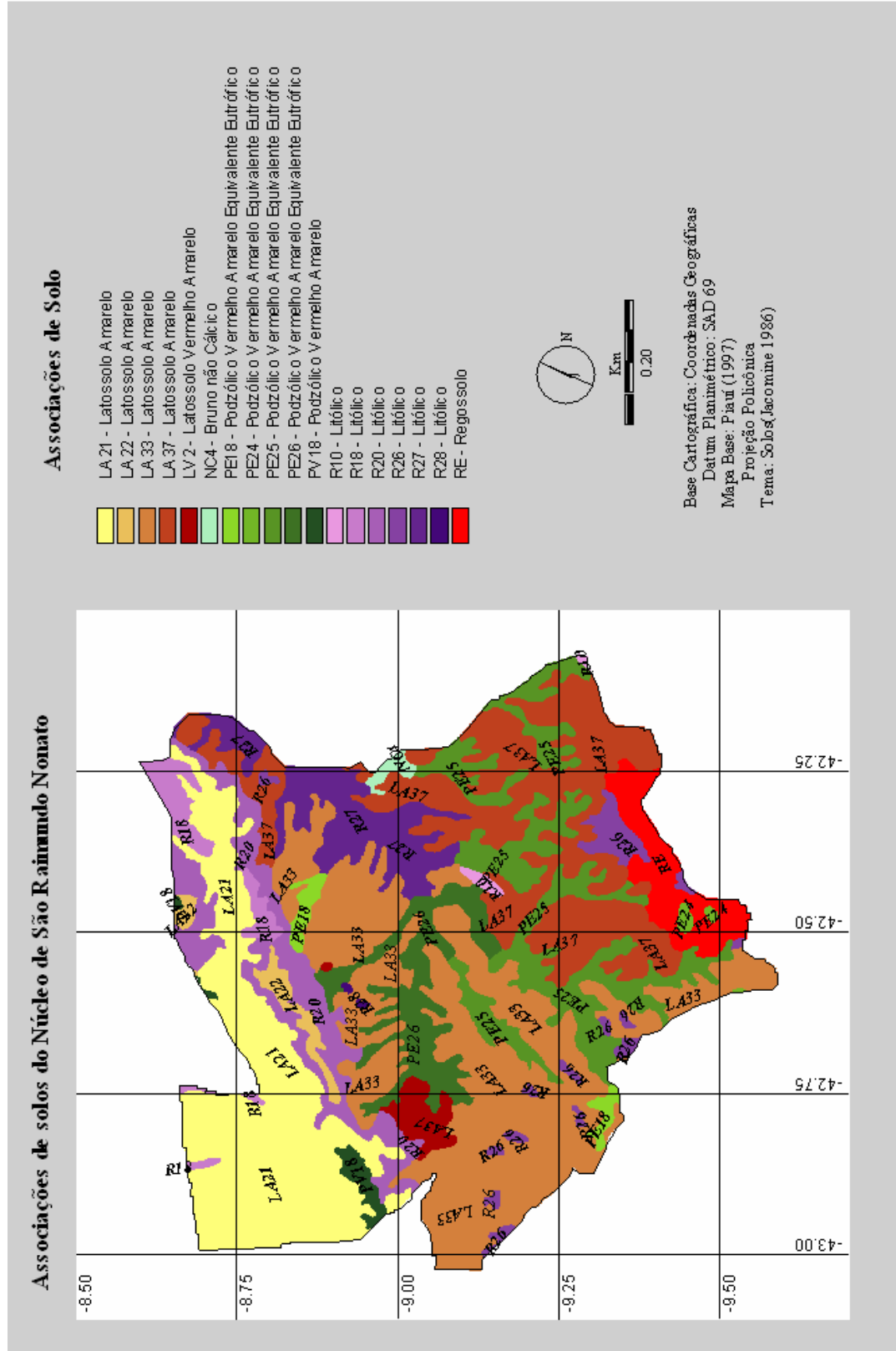


Figura 16 – Associações de Solos do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Jacomine, 1986.

A Caatinga Arbustiva e suas variações ocorrem no restante da área de estudo. A distribuição espacial destas formações vegetais está indicada na Figura 17.

O conjunto de características geoambientais da área de estudo pode ser assim sintetizado:

- Os termos do Balanço hídrico (IA, P, ETP, DEF, EXC, IM, MS) permitem caracterizar a região como semiárida evidenciando uma fragilidade natural do ambiente, tornando-a suscetível em diferentes níveis de intensidade a processos de desertificação de acordo com a Convenção de Combate à Desertificação (CCD).
- A estimativa dos termos do balanço hídrico permitiu um maior conhecimento da realidade climática da área estudada. Este conhecimento permitirá inferências acerca da compatibilização entre a água retida no solo e as suas diferentes formas de aproveitamento socioeconômico na área de estudo.
- A variedade litológica, aliada às condições de relevo e ao condicionante climático favorecem a ocorrência diferenciada de solos (latossolos bastante intemperizados), Neossolos Litólicos (pouco intemperizados), Argissolos, Neossolos Regolíticos e em menores extensões de Luvisolos (paleossolos, desenvolvidos em condições ambientais diferentes das atuais, com maior quantidade e concentração de chuvas que possibilitava o intemperismo químico), sobre os quais identifica-se a presença de cobertura vegetal xerofítica, com caducifólia sazonal representada pelas caatingas.
- A diversidade de características geoambientais no Núcleo de São Raimundo Nonato resultante de uma variedade litológica, com terrenos datados desde o Pré-Cambriano aos mais recentes representados pela Província do Parnaíba, que sob ação climática diferenciada revela feições geomorfológicas do tipo cuestiforme em contato com áreas de escudo representada pela depressão sertaneja exige a identificação e delimitação de unidades geoambientais, com posterior avaliação das limitações das mesmas, que podem potencializar a degradação ambiental/desertificação na área de estudo.

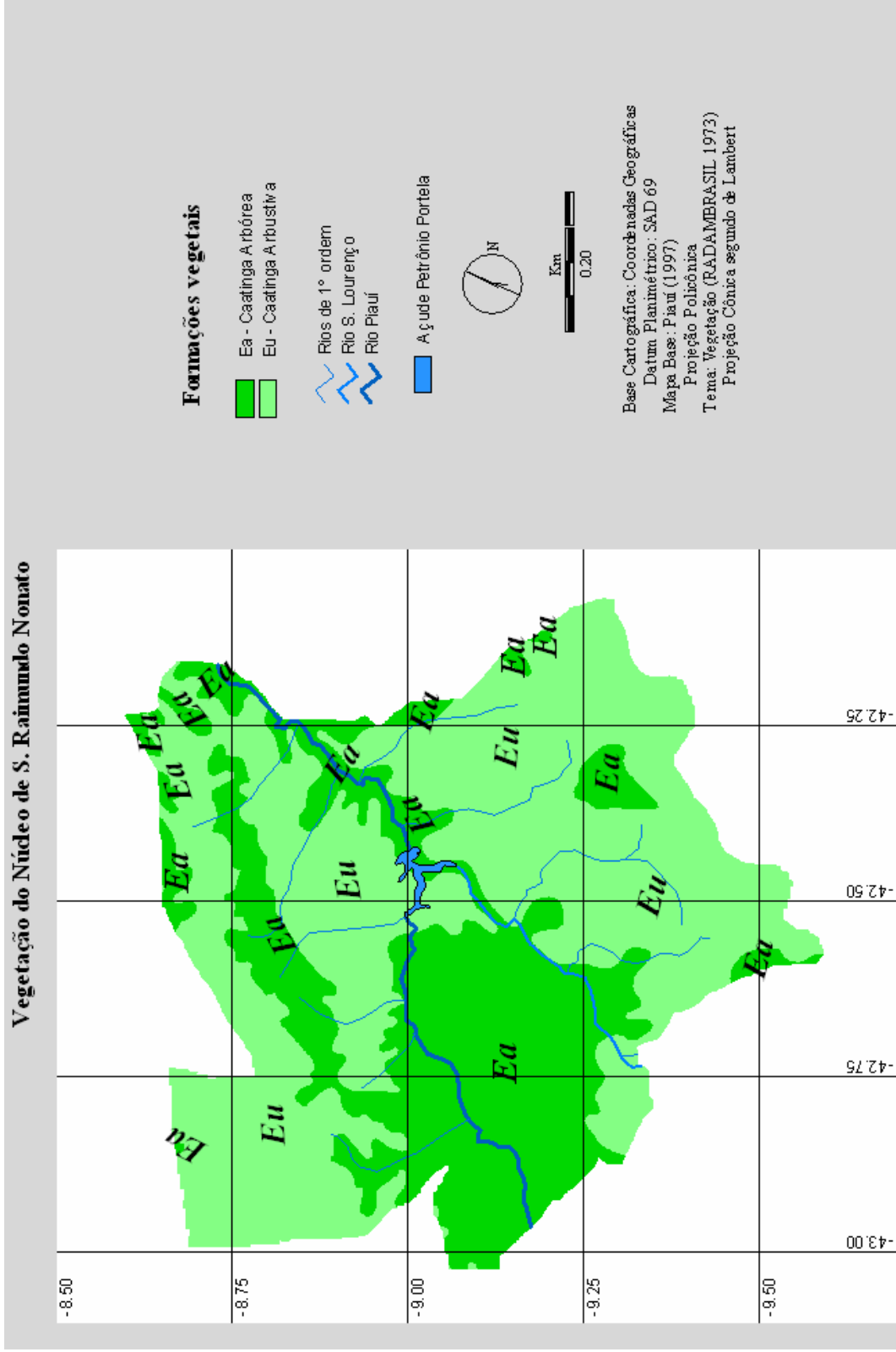


Figura 17 - Formações vegetais do Núcleo de São Raimundo Nonato, segundo Brasil, 1973.

#### **4. OCUPAÇÃO, ESTRUTURA FUNDIÁRIA E EVOLUÇÃO URBANA DO NÚCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO – PIAUÍ.**

Os vários sítios arqueológicos catalogados na Serra da Capivara permitem afirmar que a ocupação do Núcleo de São Raimundo Nonato remonta à Pré-história. Pesquisas afirmam ter havido presença humana na área há 47 mil anos antes do presente (A.P.), fato que permitiu a Schmitz (1990) afirmar ter sido o Nordeste um centro irradiador de populações e culturas para outras áreas.

Arruda (1997) afirma que a aproximadamente 3.000 anos A.P., surgiram no sudeste do Piauí, populações que praticavam a agricultura (feijão, milho, amendoim e cabaça), fabricavam cerâmicas e teciam, evidenciando o caráter tradicional da economia da área de estudo e das formas de uso da terra.

Na sucessão dos tempos históricos, o Núcleo de São Raimundo Nonato como de resto do Nordeste brasileiro teve seu devassamento e povoamento decorrente da expansão da pecuária que teve início no século XVII, com o conseqüente espalhamento das fazendas de gado para o Hinterland. Santana (2008) afirma ter sido a atividade pecuarista um reflexo do sistema econômico que se formara na faixa litorânea do Nordeste oriental, fundamentado na economia açucareira. O excedente demográfico gerado pela crise canavieira, de acordo com Santana (*Op.cit.*), foi o fator responsável pela ocupação do Hinterland. Estes grupos ao tanger o gado se tornavam vaqueiros.

O povoamento assim se definiu pela pecuária favorecida pela disponibilidade de pastos naturais, embora de capacidade de suporte extremamente baixa resultado de uma situação de irregular distribuição de precipitação interanual.

A dizimação das populações indígenas que habitavam a região pelos criadores de gado consolidou efetivamente a ocupação da área pelos pecuaristas.

Na segunda metade do século XIX a economia da região de São Raimundo Nonato como de resto do Estado, era baseada na: i) pecuária (marcada por técnicas oriundas do período colonial) responsável pela ocupação da população e pela geração de receita e na ii)

agricultura de subsistência limitada ao consumo local e responsável pela ocupação da maior parte da população (Queiroz, 2006).

O predomínio destas atividades perdurou até o fim do século XIX, sendo resultado das reduzidas alternativas econômicas da região. Por volta de 1898 emerge na porção sudeste do Piauí a exploração da borracha de maniçoba. Despontava assim uma nova atividade econômica adequada às condições climáticas da região, posto ser uma espécie de pequeno porte e muito resistente a seca. Segundo Queiroz (*Op.cit.*) a extração da maniçoba desenvolveu-se em perfeita simbiose com as demais atividades econômicas (pecuária estagnada e a agricultura rudimentar) da região.

Queiroz (*Op.cit.*) afirma que em 1913 a principal atividade econômica desenvolvida no Piauí era a extração da borracha, com o produto ocupando o primeiro lugar na pauta das exportações.

A exploração da borracha ocorria em todo o Estado, contudo a região sudeste era a que concentrava a maior produção, com destaque para o município de São Raimundo Nonato que após 1910 tornou-se o principal produtor de borracha tanto de origem nativa como cultivada (Queiroz, *Op.cit.*).

Ainda de acordo com Queiroz, (*Op.cit.*), uma análise de 10 anos concedeu ao município de São Raimundo Nonato o terceiro lugar no *ranking* das exportações, o que permitiu caracterizá-lo como rico, bastante habitado, de aviltado movimento comercial e possuidor de extensos maniçobais.

A borracha era, portanto, a principal fonte de renda do município. Atrelada a esta atividade de caráter nômade, desenvolveu-se um processo de dizimação das árvores exploradas, posto que o aumento da produção dava-se de modo geral a partir da incorporação de novas reservas nativas, caracterizando o caráter predatório da atividade. Em 1912 apelos são feitos ao governo no sentido de controlar a destruição dos maniçobais (Queiroz, *Op.cit.*).

A queda do preço da borracha após 1911 conduziu a restrição de exploração da maniçoba, a suspensão das culturas e ao abandono dos maniçobais, levando ao desaparecimento progressivo da atividade.



O declínio da extração da maniçoba levou ao retorno à pecuária e a agricultura, atividades predominantes na região. Atualmente combinam-se a esta o extrativismo ilegal de calcário e madeira, a fabricação de tijolos e telhas e ainda a decadente monocultura do caju realizada principalmente na Superfície Tabular Estrutural (Serras Bom Jesus do Gurguéia e da Capivara), já identificadas na Figura 14. Arruda (1997) destaca que a monocultura do caju favoreceu a concentração fundiária, bem como incrementou o desmatamento na área, e ainda ocasionou a migração do meio rural para o urbano.

A questão fundiária no semiárido brasileiro é um problema antigo e complexo, que gera uma série de disfunções como desemprego, precariedade de condições de trabalho, degradação ambiental, degradação humana entre outros.

A Tabela 5 apresenta os dados da estrutura fundiária dos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato para o ano de 2008. Contata-se ser o município de São Raimundo Nonato o que possui maior área e ainda o maior número de imóveis cadastrados no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA. Do total de 1.239 imóveis cadastrados no município, 1.117 (90,2%) do total foram enquadrados, segundo o INCRA nas categorias de: minifúndio, pequenas propriedades, pequenas propriedades produtiva e pequenas propriedades improdutivas. Juntos estes estabelecimentos ocupam uma área de 6.7421,1 hac, o que representa apenas 29,8% da área total dos imóveis cadastrados. Um total de 121 imóveis (9,8%) foram cadastrados nas categorias de média propriedade produtiva, média propriedade improdutiva, grande propriedade produtiva e grande improdutiva com uma área de 157.891,8 hectares, o que representa 70,2% da área total dos imóveis cadastrados, evidenciando assim uma significativa concentração de terras neste município.

Nos municípios analisados há predominância da categoria de minifúndios, com dimensões médias que variam de 27,5, 30,5, 33,4, 33 e 30,2 hectares para os municípios de Bonfim do Piauí, Coronel José Dias, Dirceu Arcoverde, São Lourenço e São Raimundo Nonato respectivamente. Vale ressaltar que estas dimensões são inferiores a de um módulo fiscal definido para região, que em função das características ecológicas e econômicas é de 70 hectares. No caso de Bonfim do Piauí a dimensão média das propriedades é inferior a de um módulo rural que para a Zona Típica de Módulo na qual o município se enquadra (6B3) é de 30 hectares para a lavoura temporária. No caso da principal atividade econômica da região ser

Tabela 5 - Estrutura fundiária dos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato  
- Piauí

Municípios	Categoria do Imóvel	Quantidade de Imóveis	Área Total (há)	% de ocupação nas categorias	Tamanho Médio dos imóveis nas categorias (hac)
Bonfim do Piauí	Minifúndio	220	6.051,3000	84,6	27,5
	Pequena Propriedade	3	0,0000	1,15	--
	Pequena Propriedade Produtiva	0	0,0000	--	--
	Pequena Propriedade improdutiva	35	3.831,2000	13,5	109,5
	Média propriedade produtiva	0	0,0000	--	--
	Média propriedade improdutiva	2	669,6000	0,8	334,8
	Grande propriedade produtiva	0	0,0000	--	--
	Grande propriedade improdutiva	0	0,0000	--	--
	<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>10.552,1000</b>		
Coronel José Dias	Minifúndio	180	5.495,1000	54,6	30,5
	Pequena Propriedade	12	1.540,3427	3,6	128,4
	Pequena Propriedade Produtiva	9	1.284,0000	2,7	142,7
	Pequena Propriedade improdutiva	86	12.471,3000	26,1	145
	Média propriedade produtiva	1	503,0000	0,3	503
	Média propriedade improdutiva	41	20.235,3000	12,4	493,5
	Grande propriedade produtiva	0	0,0000	--	--
	Grande propriedade improdutiva	1	1.275,0000	0,3	1275,5000
	<b>Total</b>	<b>330</b>	<b>42.804,0427</b>		
Dirceu Arcoverde	Minifúndio	350	11.674,4000	70,6	33,4
	Pequena Propriedade	15	1.241,9000	3,0	82,8
	Pequena Propriedade Produtiva	8	1.114,6000	1,6	139,3
	Pequena Propriedade improdutiva	102	13.308,7000	20,6	130,5
	Média propriedade produtiva	0	0,0000	--	--
	Média propriedade improdutiva	20	8.110,0300	4,0	405,5
	Grande propriedade produtiva	0	0,0000	--	--
	Grande propriedade improdutiva	1	1.128,6000	0,2	1128,6
	<b>Total</b>	<b>496</b>	<b>36.578,2300</b>		
São Lourenço	Minifúndio	229	7.563,5000	68,2	33,0
	Pequena Propriedade	6	760,1000	1,8	126,7
	Pequena Propriedade Produtiva	0	0,0000	--	--
	Pequena Propriedade improdutiva	93	11.155,1000	27,7	120
	Média propriedade produtiva	0	0,0000	--	--
	Média propriedade improdutiva	8	4.080,7000	2,4	510
	Grande propriedade produtiva	0	0,0000	--	--
	Grande propriedade improdutiva	0	0,0000	--	--
	<b>Total</b>	<b>336</b>	<b>23.559,4000</b>		
São Raimundo Nonato	Minifúndio	753	22.717,0000	60,8	30,2
	Pequena Propriedade	37	3.791,6000	3,0	102,5
	Pequena Propriedade Produtiva	4	455,2000	0,3	114
	Pequena Propriedade improdutiva	323	40.457,3000	26,1	125,3
	Média propriedade produtiva	9	3.109,8000	0,7	345,5
	Média propriedade improdutiva	95	43.313,8000	7,7	456
	Grande propriedade produtiva	1	3.154,6000	0,01	3154,6
	Grande propriedade improdutiva	16	108.403,5699	1,3	6775,5
	<b>Total</b>	<b>1.239</b>	<b>225.502,8699</b>		

Fonte: INCRA (2008).

a pecuária, o módulo rural deveria ser de 70 hectares, no entanto, os dados revelam dimensões inferiores a esta, o que dificulta a sobrevivência da população na região, com consequente aumento da pressão sobre os recursos, em face da diminuição do tempo de pousio das terras e o sobrepastejo, que podem conduzir a degradação/desertificação.

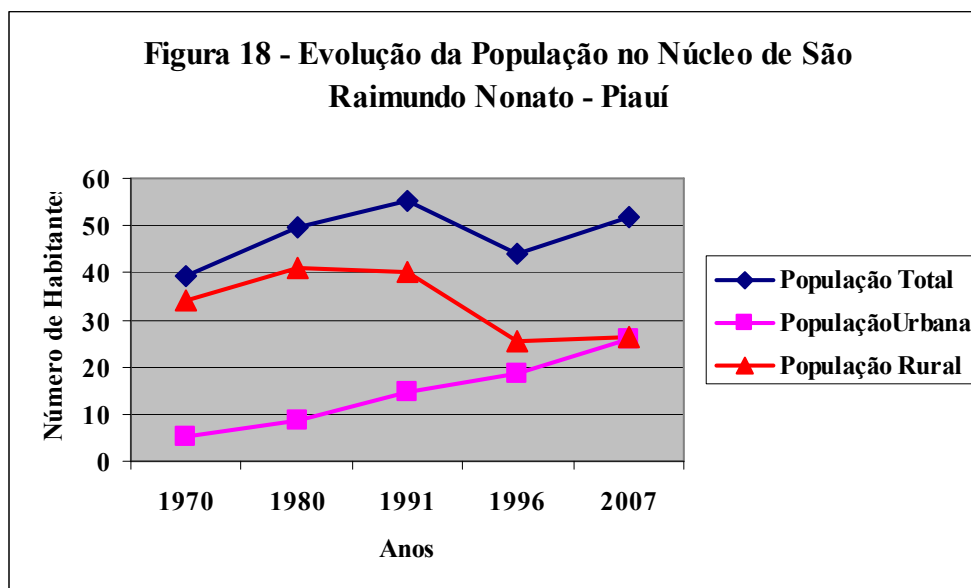
Nos municípios localizados de Bonfim do Piauí, Dirceu Arcoverde e São Lourenço, constata-se haver um maior fatiamento da terra, como mostra a Tabela 5, com predomínio de minifúndios. Em Bonfim do Piauí apenas 2 imóveis (0,8%) foram cadastrados como de média propriedade improdutivo. No município de São Lourenço e Dirceu Arcoverde um total de 8 imóveis (2,4%) e 20 imóveis (4%) respectivamente foram cadastrados média propriedade improdutivo.

Nos municípios de Coronel José Dias e Dirceu Arcoverde, constata-se uma significativa concentração de terras, embora esta seja bem menor que no município de São Raimundo Nonato, como discutido anteriormente. Em Coronel José Dias de um total de 330 imóveis cadastrados junto ao INCRA, 43 imóveis representando (13%) foram enquadrados nas categorias de Média propriedade produtiva, média propriedade improdutivo e grande propriedade improdutivo, juntos estes imóveis detém 22.013,642 ha. o que representa 51% da área total dos imóveis cadastrados, com uma média de 512 hectares por imóvel. Em Dirceu Arcoverde 21 imóveis (4,2%) foram enquadrados nas categorias de Média propriedade Improdutivo e Grande Propriedade improdutivo, totalizando 9.238,6 hectares, ou seja, 23,3% da área total dos imóveis cadastrados com uma média de 440 hectares por imóvel.

Essa análise está de acordo com inspeções realizadas em campo, com trabalho de Arruda (1997) e FUMDHAM (1998), que constatarem ser o parcelamento da terra no entorno e ao sul do município de São Raimundo Nonato constituído de pequenas propriedades agrícolas, já a porção norte, que corresponde às chapadas (Superfície Tabular Estrutural) tem-se o predomínio dos latifúndios, que passam a ideia de uma paisagem sem ocupação.

Como resultado da concentração fundiária, tem-se o incremento da população urbana no Núcleo de São Raimundo Nonato que pode ser constatado na Tabela 6. Nos anos de 1970, 1980 e 1991, verifica-se a predominância da população rural, sobre a urbana, vivendo a maior parte desta população no município de São Raimundo Nonato. Em 1980, 1991, 1996 e 2007 a população urbana de São Raimundo representava 17,3%, 30,5%, 60,8% e 63,8%

respectivamente da população total do município, já a população rural para os mesmos anos representava 82,7%, 69,5%, 39,2% e 36,2% da população total do referido município. A Figura 18 permite visualizar a evolução da população no Núcleo de São Raimundo Nonato.



Considerando a população total do Núcleo, é notória a queda constante da população rural em relação à população urbana, especialmente no início da década de 1990, onde a população urbana quase que duplicou. Esse crescimento pode ser resultado da consolidação da estrutura dos municípios emancipados em 1993 (Bonfim do Piauí, Coronel José Dias e São Lourenço) e do conseqüente aumento da possibilidade de acesso a equipamentos públicos.

Entre os anos de 1991 e 1996 verifica-se uma queda da população total de 55.156 habitantes para 43.997 habitantes. Para o ano de 2007 observa-se que a população urbana e rural são quase que equivalentes, a primeira representando 49,5% e a segunda 50,5% da população total da área de estudo tendência esta observada de modo geral no país, devido a grande migração campo – cidade, em busca de melhores oportunidades e de infra-estrutura mais adequada.

Tabela 6 – População total, urbana e rural nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1970, 1980, 1991, 1996 e 2007.

Municípios	População Total					População urbana					População rural				
	anos					anos					anos				
	1970	1980	1991	1996	2007	1970	1980	1991	1996	2007	1970	1980	1991	1996	2007
Bonfim do Piauí	---	---	---	4.851	5.185	---	---	---	662	1.398	---	---	---	4.189	3.787
Coronel José Dias	---	---	---	3.876	4.356	---	---	---	724	1.375	---	---	---	3.152	2.981
Dirceu Arcoverde			10 948	6.302	6.721			1 329	1.740	2.210			9 619	4.562	4.511
São Lourenço	---	---	---	4.272	4.899	---	---	---	559	1.099	---	---	---	3.713	3.800
São Raimundo Nonato	39 344	49 523	44 208	24.696	30.852	5 277	8 566	13 479	15.006	19.670	34 067	40 965	30 729	9.690	11.182
População total no Núcleo	39 344	49 523	55 156	43.997	52.013	5.277	8.566	14.808	18.691	25.752	34.067	40.965	40.348	25.306	26.261

Fonte: IBGE: Censos Demográficos 1970, 1980, 1991; Contagens da População 1996 e 2007.

## **5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS EMPREGADOS NA IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS E NA AVALIAÇÃO DO RISCO DE DEGRADAÇÃO FÍSICA (RDF) E DA DEGRADAÇÃO EFETIVA (DE) NA ÁREA DE ESTUDO.**

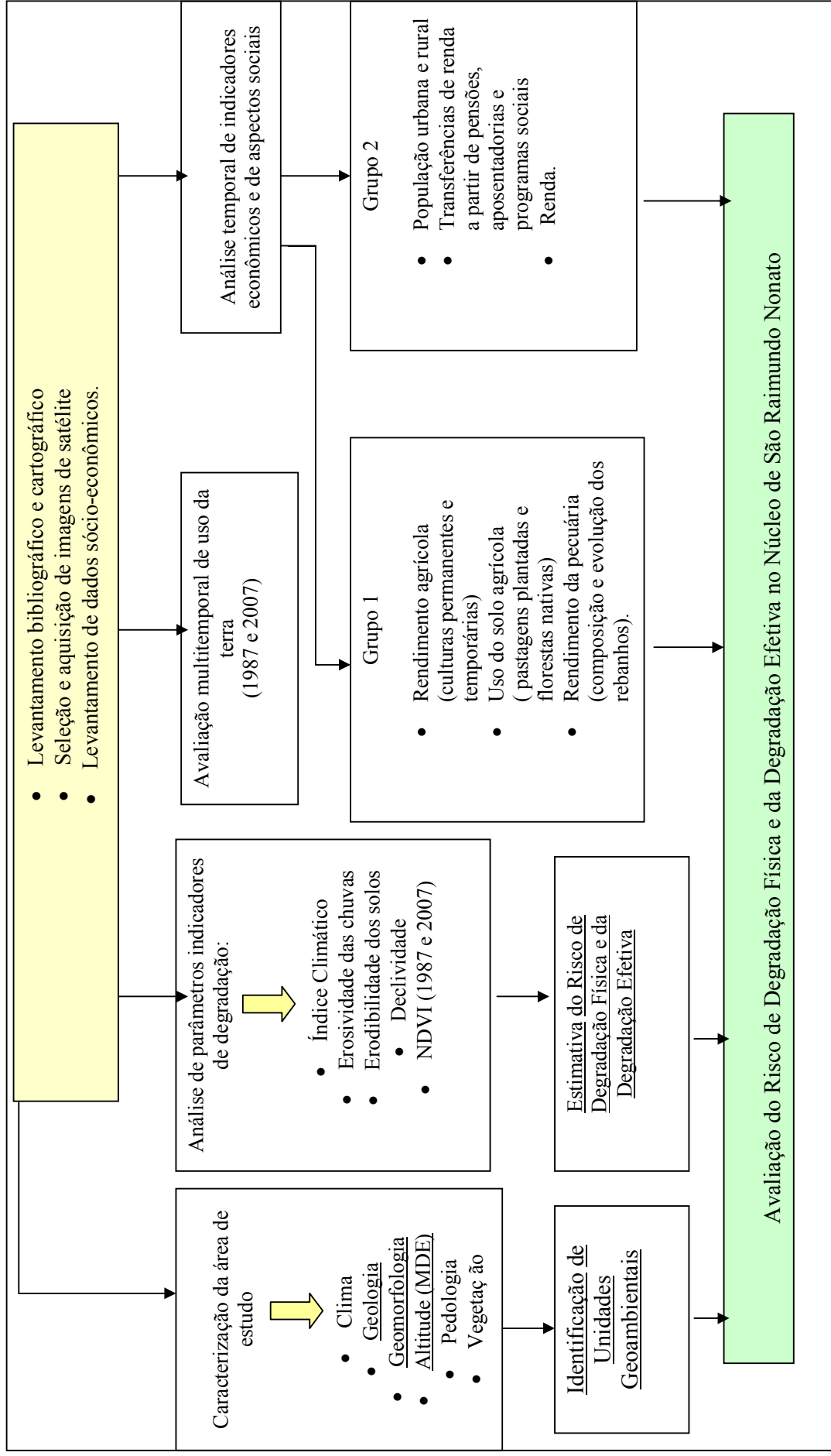
No capítulo 3, foi possível constatar as diferentes características geoambientais (climáticas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e vegetacionais) do núcleo de São Raimundo Nonato, resultantes de suas características “genéticas” que acredita-se evidenciam riscos de degradação e de fragilidade diferenciados. Para Abraham et al. (2006) o risco é a soma de todos os indicadores que provem da avaliação do suporte físico-biológico.

O risco no presente estudo é concebido como uma categoria de análise associada à priori a noção de incerteza, referindo-se, portanto, a probabilidade de ocorrência no espaço geográfico em estudo.

A amplitude conceitual do tema desertificação, definida como a “degradação da terra”, ideia esta complexa, porém vital, enseja o emprego da abordagem sistêmica, bem como o uso de indicadores já propostos quer por Vasconcelos Sobrinho (1978), Matallo Júnior (1999) ou ainda por Brasil (2004). Fundamentado na Convenção de Combate à Desertificação que orienta o emprego de indicadores biofísicos nos estudos de desertificação, e ainda considerando os dados disponíveis foram selecionados para no presente estudo os seguintes indicadores: IC – Índice Climático (resultante da combinação do Índice Efetivo de Umidade e dos Meses Secos); R – erosividade da chuva; K – erodibilidade dos solos; D – Declividade; ICV – Índice cobertura vegetal. A Figura 19 apresenta os indicadores empregados na pesquisa.

Os indicadores selecionados foram empregados em modelo proposto por Beltrame (1994) para fins de avaliação do risco de degradação física e de degradação efetiva com a indicação das áreas sujeitas a desertificação, bem como, das áreas onde já se encontra instalado este processo.

Figura 19 – Fluxograma da pesquisa para avaliação do risco de degradação física e da degradação efetiva no núcleo de São Raimundo Nonato.



O emprego dos indicadores acima selecionados certamente não representará de forma fiel os processos de desertificação no núcleo de São Raimundo Nonato, contudo, permitirão uma análise quanti/qualitativa das condições ambientais, produtivas, econômicas e sociais, permitindo a orientação de políticas públicas voltadas para a regulação e controle da degradação/desertificação.

## 5.1 IDENTIFICAÇÃO DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS NO NÚCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO – PIAUÍ.

A delimitação das unidades geoambientais estabelecidas no presente estudo baseou-se inicialmente no aspecto estrutural, seguido do aspecto topo-morfológico a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE), associada a inspeções de campo.

A partir do utilitário *Overlay* do software *IDRISI 3.2* as Figuras 14, 15 e 29 foram superpostas, e permitiram a identificação e delimitação de unidades geoambientais diferenciadas. Ressalte-se que a delimitação das unidades geoambientais deve ser considerada apenas como uma tentativa de aproximação com a realidade geográfica da área de estudo.

## 5.2. FÓRMULA DESCRITIVA PARA A AVALIAÇÃO DO RISCO DE DEGRADAÇÃO FÍSICA E DA DEGRADAÇÃO EFETIVA DO NÚCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO.

Os indicadores empregados no modelo de Beltrame (1994) são expressos de forma numérica e estabelecem o risco de degradação da área de estudo. Na pesquisa, os indicadores selecionados e a variação dos índices para cada indicador é a seguinte:

IC – Índice Climático (Índice Efetivo de Umidade e Meses Secos): variando de 1 a 4;

R – erosividade da chuva: variando de 1 a 5;

K – erodibilidade dos solos: variando de 1 a 5;

D – Declividade: variando de 1 a 7;

ICV – Índice cobertura vegetal: variando de 1 a 6;



O algoritmo empregado para avaliação do Risco de Degradação física doravante (RDF) no Núcleo de São Raimundo Nonato foi o seguinte:

$$\mathbf{RDF = IC+R+K+D} \quad ( 2 )$$

A situação de Degradação Efetiva doravante (DE) da área em seus diferentes níveis de comprometimento foi avaliada conforme algoritmo abaixo:

$$\mathbf{DE = (IC+R+K+D+ICV) ( 3 )}$$

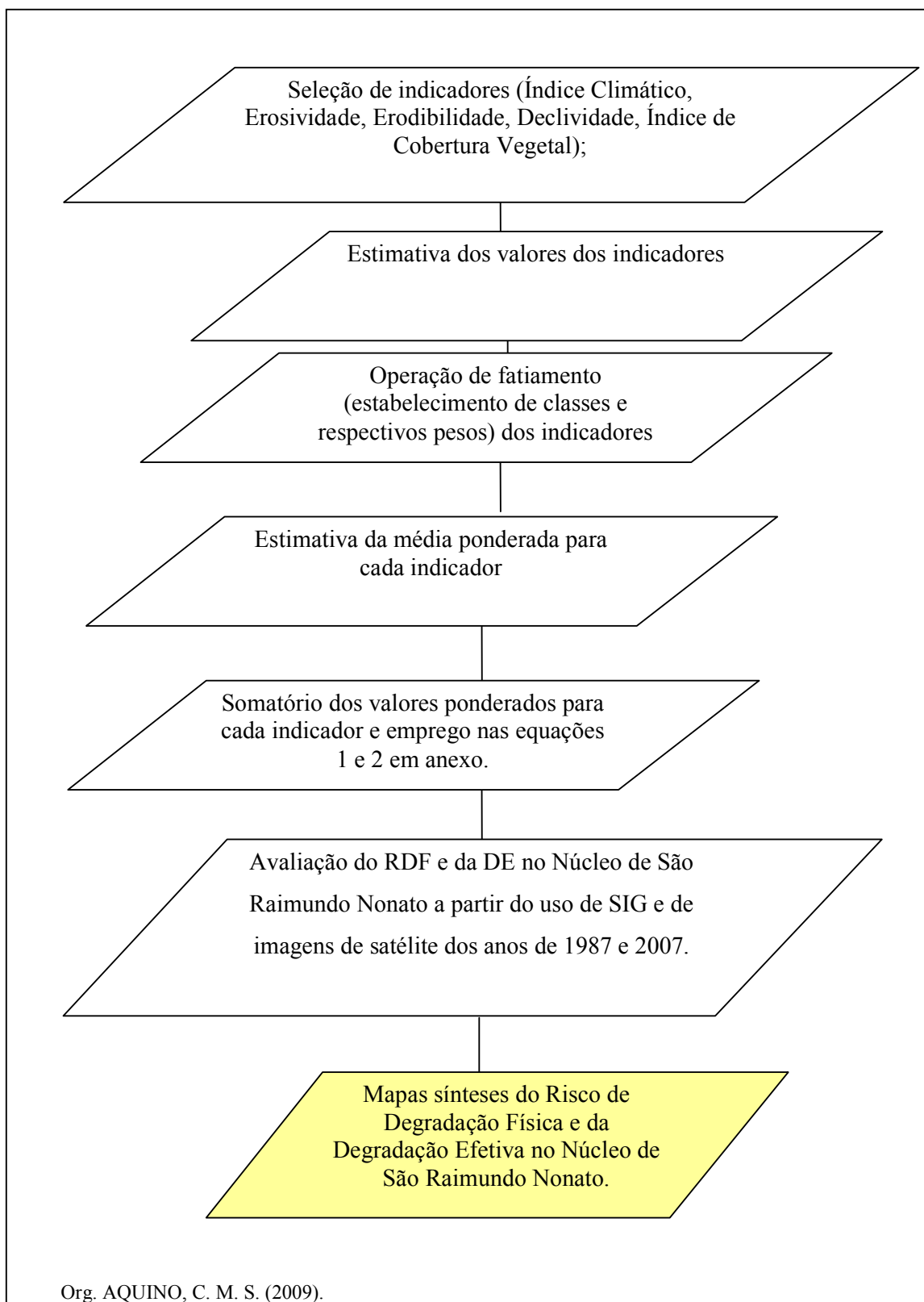
A escolha do termo degradação efetiva e não antropogenética resulta do fato de considerarmos que as variações do Índice de Cobertura Vegetal, a serem analisadas a partir do NDVI, nem sempre são regidas pelo antropismo, podendo essas variações resultar de fatores abióticos a exemplo do clima. A significativa variabilidade de precipitação, característica marcante da área de estudo, exerce grande influencia sobre a vegetação e conseqüentemente sobre os processos erosivos e degradacionais que podem evidenciar processos de desertificação.

A metodologia emprega a média ponderada na totalidade das variáveis analisadas. O somatório dos índices mínimos de cada indicador evidencia melhores condições quanto aos processos degradacionais. O somatório dos índices máximos de cada indicador evidencia as piores condições quanto aos processos degradacionais, assim, quanto maiores os valores dos índices de cada indicador, maior o potencial de risco, portanto, maior fragilidade ambiental, culminando com maior degradação dos recursos.

De acordo com os indicadores empregados e os níveis estabelecidos, o valor mínimo a ser obtido expressa menor risco a desertificação. Da mesma forma, o valor máximo obtido representa o maior risco a desertificação. As equações empregadas na fórmula descritiva para avaliação do RDF e DE constam nos anexos 1 e 2.

A Figura 20 apresenta o Esquema metodológico para estimativa do RDF e da DE da área de estudo.

Figura 20 - Esquema metodológico empregado na pesquisa para a avaliação do RDF e da DE do Núcleo de São Raimundo Nonato.



Os métodos e procedimentos utilizados para estimativa dos indicadores empregados na avaliação do RDF e na DE são apresentados a seguir.

### 5.3 INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DO RISCO DE DEGRADAÇÃO FÍSICA (ÍNDICE CLIMÁTICO, EROSIVIDADE DAS CHUVAS, ERODIBILIDADE DOS SOLOS E DECLIVIDADE) DO NÚCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO.

O Índice Climático evidencia a severidade do clima na área de estudo. Este índice foi obtido a partir da combinação no sistema de informação *IDRISI 3.2*. dos mapas de Índice Efetivo de Umidade e Número de Meses Secos.

Considerando a inexistência de pluviógrafos, equipamento utilizado para determinação direta dos valores de erosividade em muitas localidades Brasileiras, a exemplo da área de estudo optou-se pelo emprego do método indireto a partir da utilização da equação proposta por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), e apresentada por Bertoni & Lombardi Neto (1999).

Segundo Bueno et al. (2000) e Lima (2003), a equação de Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), que estabelece correlações entre o índice de erosividade (R) e características das chuvas, tem obtido boa aceitação por parte de pesquisadores brasileiros, razão que justifica sua utilização no presente estudo. O método baseia-se em uma equação de regressão linear entre o índice médio mensal de erosão e o coeficiente de chuva, resultando na seguinte equação:

$$EI = 67,355 (r^2 / P)^{0,85} \quad (4)$$

onde:

EI é a média mensal do índice de erosão, em MJ.mm/ha.h.ano,

r é a precipitação média mensal, em mm,

P é a precipitação média anual, em mm.

Os valores do fator erodibilidade (K) podem ser determinados por medições diretas no campo, com uso de chuvas naturais ou simuladas, e estimados por métodos indiretos em

laboratório. O método direto embora apresente maior validade, demanda muito tempo e apresenta um alto custo, quando comparado aos métodos de determinação indireta da erodibilidade (Henklain & Freire 1983, Távora, 1984, Martins Filho & Silva, 1985, Lima et al. 1992, Silva, 1994a, e Silva, 1994 b).

Em face destas constatações, autores como Wischmeier et al. (1971) e Römken et al. (1987 e 1997), propuseram equações para fins de estimativa da erodibilidade dos solos. Estes métodos relacionam o fator K com algumas das propriedades do solo a saber: percentagem de matéria orgânica (OM), classes de estrutura do solo (S), permeabilidade (P), e ainda a percentagem de areia, silte e argila, obtidos a partir de determinações em laboratório e de descrições do perfil dos solos (Wischmeier et al. 1971).

A determinação dessas características é de fundamental importância posto as mesmas segundo Vitte & Mello (2007) apresentarem caráter dinâmico, podendo ser alteradas a todo tempo e sob diferentes usos da terra, diferentes manejos superficiais do solo, e ainda diferentes sistemas de agricultura, com consequentes mudanças na erodibilidade dos solos.

Silva (1994) através de análises comparativas entre dados de erodibilidade obtidos por medições diretas em condições de chuvas naturais e por emprego de método indireto considerando a equação de Römken et al. (1987 e 1997) concluiu ser o método satisfatório, posto adequar-se a solos de qualquer classe textural ou grau de agregação, bem como, para solos com dados limitados e/ou desconhecidos de conteúdo de matéria orgânica e permeabilidade, justificando assim a escolha deste método na estimativa da erodibilidade dos solos do Núcleo de São Raimundo Nonato.

A equação de Römken et al. (1987 e 1997) baseia-se na média geométrica do diâmetro das partículas primárias do solo proposta por Shirazi & Boersma (1984). A equação proposta por Römken et al. (1987, 1997), é a seguinte:

$$K = 7,594 ( 0,0034 + 0,0405 \exp( (-1/2) ( (\log (Dg) + 1,659) / 0,7101 ) )^2 ) \quad (5)$$

em que:

log é o logaritmo decimal,

Dg é a média geométrica do diâmetro das partículas primárias, em mm, calculada de acordo com Shirazi & Boersma (1984) e expressa como:

$$Dg = \exp \left( 0.01 \sum_{i=1}^3 f_i \times \ln \times M_i \right) \quad (6)$$

em que:

$f_i$  é a percentagem das frações granulométricas das partículas de areia, silte e argila,

ln é o logaritmo natural,

$M_i$  é a média aritmética dos dois limites do diâmetro das partículas.

Desta forma, considerando os limites das partículas de acordo com a classificação do USDA utilizada por Shirazi & Boersma (1984), têm-se os seguintes valores de  $M_i$ :

$$M_{\text{areia}} = (2 + 0,05) / 2 = 1,025\text{mm};$$

$$M_{\text{silte}} = (0,05 + 0,002) / 2 = 0,026\text{mm};$$

$$M_{\text{argila}} = (0,002 + 0) / 2 = 0,001\text{mm}$$

A erodibilidade das 18 associações de solos identificadas na área de estudo foi estimada, pelo uso da equação ( 5 ), considerando as texturas (porcentagens de areia, silte e argila) do horizonte superficial dos perfis de solos descritos em Jacomine (1986). A erodibilidade indicada para cada associação de solo é a média ponderada calculada com base na erodibilidade média de cada um de seus solos e de sua percentagem na associação.

A determinação das classes de declividade baseou-se no Modelo Digital de Elevação (MDE). Os MDE's constituem-se uma tentativa de representação computacional da superfície terrestre. A definição de classes de declividade a partir do MDE é ferramenta imprescindível nos estudos relacionados a análise e planejamento ambiental, permitindo o estabelecimento de classes diferenciadas de risco ambiental.

Medeiros et al. (2008) avaliaram comparativamente a qualidade altimétrica dos MDE's obtidos a partir da missão SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) e os obtidos

através de curvas de nível do Mapeamento Sistemático Nacional na escala de 1:100.000. Concluíram que o MDE SRTM apresentou melhores resultados altimétricos, fato que aliado à facilidade de aquisição, posto os MDE's serem distribuídos gratuitamente na internet através do site <<http://srtm.usgs.gov/index.html>> do United States Geological Service (USGS), justificou o emprego desta técnica para elaboração do mapa de declividade. As classes de declividade foram geradas a partir do utilitário *SLOPE* do *IDRISI 3.2*.

Para geração dos mapas de Índice Climático, Erosividade das Chuvas, Erodibilidade dos solos e classes de relevo foram empregados os software *CARTALINX* e *IDRISI 3.2*.

#### 5.4 INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO EFETIVA (DETECÇÃO DE MUDANÇAS: DE NDVI, DOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA) DO NÚCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO.

A condição de semiaridez da área de estudo, que limita a economia da região às atividades agropastoris, exige monitoramento dos padrões de cobertura vegetal. A análise das mudanças na cobertura vegetal baseou-se no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que segundo Shimabukuro (1998), Lourenço & Landim (2004) e Costa et al. (2007) é o índice mais utilizados nos estudos de caracterização da vegetação. Shimabukuro (1998) afirma ser o NDVI amplamente usado na detecção de mudanças de padrão de uso e cobertura da terra.

A detecção de mudanças empregada baseou-se em uma análise espectral de imagens temporais, utilizando parâmetros de similaridade, para pixels posicionados em uma mesma localização geográfica. A partir do grau de similaridade pode-se estimar o grau de mudança ocorrido para cada ponto da imagem

Para análise de mudanças nos padrões de NDVI, foram utilizadas as bandas espectrais 3 e 4 do Landsat 5 TM referentes aos anos de 1987 e 2007. Estas bandas apresentam valores de refletância nos comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo. Para o cálculo do NDVI utilizou-se o utilitário *VEGINDEX* do software *IDRISI 3.2*.

Na restituição de padrões de tipos de cobertura vegetal e uso da Terra do ano de 1987, foram utilizadas as bandas espectrais 2, 3, 4 e 5, considerando a resposta espectral dos alvos, aliada a conhecimentos relativos a clima, solo e relevo das unidades geoambientais conforme sugeridos por Beltrame (1994).

Para o ano de 2007, as análises das imagens foram realizadas a partir da composição das bandas espectrais 2, 3, 4 e 5, do Landsat 5 TM combinadas com trabalhos de campo. As imagens empregadas com os respectivos pontos, órbitas, datas de passagem do satélite, sensor e resolução estão listadas no Quadro 7. As imagens foram adquiridas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Quadro 7 – Características das imagens Landsat com cobertura de nuvens < 10% utilizadas para identificação de níveis de NDVI e tipologias de cobertura vegetal e uso da terra no Núcleo de São Raimundo Nonato.

1987				2007			
Ponto /órbita	Datas	Sensor	Resolução	Ponto /órbita	Datas	Sensor	Resolução
219/66	09/08/1987; 06/06/1987	Landsat 5 TM	30 metros	219/66	01/09/2007	Landsat 5 TM	30 metros
218/66	03/09/1987; 30/05/1987	Landsat 5 TM	30 metros	218/66	29/09/2007	Landsat 5 TM	30 metros
218/67	03/09/1987; 30/05/1987	Landsat 5 TM	30 metros	218/67	26/09/2007	Landsat 5 TM	30 metros

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

As datas escolhidas para análise da dinâmica interanual de NDVI evidenciam períodos de carência hídrica. A escolha justifica-se no fato de haver nestas datas maior grau de reflectância das áreas ocasionada pela redução da cobertura vegetal, o que favorece a identificação de áreas com maior possibilidade de degradação da terra. A escolha das datas também, apoiou-se no fato de que é na estação seca que se encontram imagens com menor cobertura de nuvens - condição essencial para a interpretação de alvos.

A análise da dinâmica sazonal do NDVI considerou imagens obtidas no fim da estação chuvosa (meses de maio e de junho) e na estação seca (meses de agosto e setembro), para fins

de análise da resposta das plantas da caatinga às condições ambientais extremas (estações seca e úmida).

As imagens orbitais adquiridas no INPE foram importadas para o software *IDRISI 3.2*, em seguida foram georreferenciadas no sistema de coordenadas geográficas (latitude-longitude) a partir do método imagem – imagem. Após o registro das imagens com o uso do utilitário *Mosaic* as imagens foram mosaicadas, em seguida com o utilitário *Overlay* a imagem foi recortada considerando os limites geográficos da área de estudo.

O mapeamento da dinâmica da cobertura vegetal e uso do solo foi realizado a partir do método de Classificação Supervisionada, do tipo pixel a pixel objetivando definir regiões homogêneas. A classificação é dita supervisionada, quando o analista, a partir do conhecimento da área ou por inferência, relaciona áreas da imagem com as classes de cobertura da terra que deseja separar (Crósta, 2001).

O enquadramento de um pixel a uma determinada classe é feito por vários métodos, levando-se em consideração os valores de níveis de cinza nas várias bandas utilizadas (neste estudo, utilizaram-se as bandas 2, 3, 4 e 5) .O método utilizado para enquadramento dos pixels foi o *MAKESIG* do *IDRISI 3.2*, associando a cada pixel da imagem a uma assinatura similar. Na seqüência utilizou-se o módulo *MAXLIKE* do *IDRISI 3.2*, com o emprego do método da máxima verossimilhança, para atribuir a cada pixel identificado sua respectiva assinatura espectral, gerando uma imagem classificada.

As fácies de cobertura vegetal foram identificadas através de uma chave de interpretação considerando as variáveis forma, textura, tonalidade, tamanho e localização.

Os mapas elaborados a partir das imagens de satélite com resolução espacial de 30 metros, (NDVI e formações vegetais e uso da terra) são compatíveis a uma escala aproximada de 1:100.000. Os demais mapas são compatíveis a uma escala menor de aproximadamente 1:250.000.



## 5.5. LEVANTAMENTO DOS INDICADORES SOCIOECONÔMICO

Objetivando uma maior compreensão da dinâmica e funcionamento do Núcleo de São Raimundo Nonato realizou-se uma análise socioeconômica da área. Foram empregados dados disponíveis no site do Ministério do Desenvolvimento Social (MDS), trabalhos publicados pelo INCRA (2008) e pelo IBGE (Censos agropecuários (1985, 1995/1996 e 2006), Pesquisa Agropecuária Municipal (PAM) (1989, 1995, 2001 e 2006), Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) (1991, 1995, 2001 e 2006), censos populacionais e demográficos (1970, 1980, 1991), contagem da população (1996 e 2007) e ainda estimativas da população (2005 e 2008).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 UNIDADES GEOAMBIENTAIS DO NÚCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO E SUAS CARACTERÍSTICAS.

A caracterização climática da área de estudo realizada anteriormente (capítulo 3) permite caracterizá-la como tipicamente semiárida com significativas variações espaciais e temporais de precipitação, que aliada a aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e vegetacionais resulta em paisagens geoecológicas distintas, que foram individualizadas para fins de organização e planejamento do espaço geográfico em estudo.

O reconhecimento de ambientes naturais diferenciados do ponto de vista estrutural e topo-morfológico, submetidos a processos distintos, em estágios evolutivos diferenciados e com dinâmicas próprias no Núcleo de São Raimundo Nonato justificaram a delimitação das seguintes unidades geoambientais: Superfície Conservada Sedimentar, Superfície Conservada Cristalina, Superfície Pediplanada, Planície Fluvial e Vales Pedimentados e Interplanálticos. A Figura 21 apresenta a distribuição espacial das unidades geoambientais na área de estudo.

A delimitação das unidades geoambientais identificadas no presente estudo, como afirmado anteriormente, baseou-se inicialmente no aspecto estrutural, seguido do aspecto topo-morfológico a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE). As unidades geoambientais identificadas serão caracterizadas a seguir.

#### 6.1.1 Superfície Conservada Sedimentar

A superfície conservada sedimentar ocupa 23,1% da área total do Núcleo de São Raimundo Nonato. A unidade corresponde a deposições sedimentares localizadas predominantemente na porção noroeste da área de estudo, representada pelas serras de Bom Jesus do Gurguéia e da Capivara. Esta última é conhecida mundialmente por abrigar a maior concentração de sítios arqueológicos das Américas, fato que revela a importância científica, cultural e turística da área.

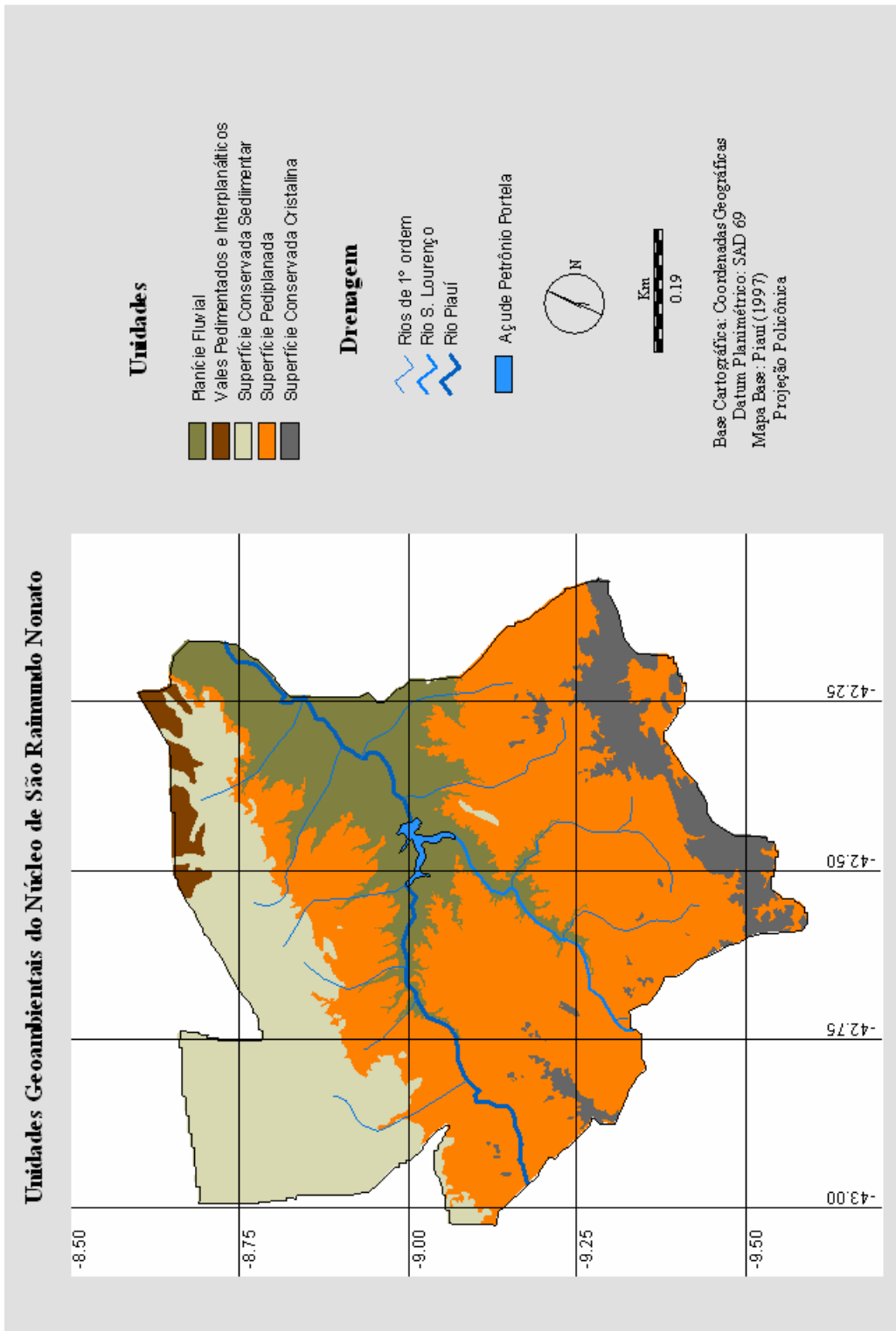


Figura 21 – Unidades Geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.

O Parque Nacional da Serra da Capivara foi criado em 5 de junho de 1979 pelo Decreto Federal nº 83.548 e se estende pelos municípios de Brejo, João Costa, São Raimundo Nonato e Coronel José Dias, os dois últimos integram a área de estudo.

Quanto ao aspecto geológico, esta unidade ambiental está assentada sobre a Província Parnaíba. O ciclo de deposição da Bacia do Parnaíba ocorreu durante o Siluriano e o Devoniano, sob ambiente fluvio-glacial e glacial passando a transicional (nerítico) e retornando a condições continentais.

De acordo com CPRM (2006), ocupando 16% da área total, ocorrem nesta unidade as seguintes formações geológicas: Suíte Intrusiva Serra das Almas, Corpos Máficos e Ultramáficos Brejo Seco, Formação Serra Bonita, Complexo Ceará - Sobradinho – Remanso e Complexo Sobradinho – Remanso. Em 84% da área têm-se a ocorrência de Depósitos Colúvio-Eluviais, Coberturas Detrito – Lateríticas, Formação Cabeças e Pimenteiras.

As feições geomorfológicas identificadas nesta unidade de acordo com Santos (2007) são: os planaltos areníticos, as cuestras e os morros testemunhos. Os planaltos areníticos constituem chapadas do reverso da cuestra. As cuestras foram modeladas em rochas predominantemente areníticas e conglomeráticas da Bacia do Parnaíba e são projeções da mesma sobre a Província Borborema. O front destas cuestras encontram-se voltados para a unidade geoambiental da Superfície Pediplanada. Nesta unidade geoambiental o relevo exhibe características denudacionais.

O relevo apresenta altitudes que variam 500 a 620 metros, com predomínio de declividades de 2 a 5% o que permite enquadrá-lo nas categorias de suave e suave ondulado, estando de acordo com as feições geomorfológicas da área representadas predominantemente pelos planaltos areníticos e pelos reversos de cuestras.

De acordo com Jacomine (1986) nesta unidade ocorrem 11 associações de solos agrupadas em 3 grandes grupos: Latossolos, Argissolos e Neossolos Litólicos. Os Latossolos de origem elúvio-colúvial caracterizados como solos profundos de textura arenosa, de bem a excessivamente drenados, de acidez de moderada a forte, e de baixa fertilidade natural distribuem-se de forma descontínua e ocupam 78,8% da Superfície

Conservada, com localização concentrada nos topos dos planaltos areníticos e nos reversos das cuestas. As condições do relevo em que ocorrem propiciam a estes solos elevado potencial para agricultura após correção dos mesmos.

Os Neossolos Litólicos constituem o segundo grupo mais representativo ocupando 18% da unidade com predominância na borda da Bacia Sedimentar do Maranhão-Piauí, que exhibe no contato com o cristalino relevo em forma de cuesta com escarpas abruptas. Estes solos também são encontrados com frequência na Superfície Pedimentada onde é comum a ocorrência em sua superfície de pavimentos detriticos (pedregosidade), o que impede sua utilização agrícola, sendo recomendado seu uso nesta unidade geoambiental apenas para pecuária.

O terceiro grande grupo de solo que ocorre na Superfície Conservada Sedimentar são os Argissolos que ocupam apenas 3,2% da unidade. Estes solos caracterizam-se por apresentar profundidade variada: de raso a muito profundo, com textura de média a argilosa e ocorrência em áreas de relevo moderado a fortemente dissecado. Estes solos, apesar de possuírem boa aptidão agrícola tem seu uso dificultado pela condição de relevo em que ocorrem. Nesta unidade geoambiental as precipitações são superiores a 800mm/ano, porém concentram-se predominantemente em apenas 3 meses do ano.

### 6.1.2 Superfície Pediplanada

A Superfície Pediplanada é a mais representativa em termos de extensão geográfica ocupando uma área de 50,8% da área total do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Constata-se na unidade o predomínio de rochas cristalinas do embasamento Pré-Cambriano. CPRM (2006) identificou nesta unidade as seguintes formações geológicas: Suíte Intrusiva Serra da Aldeia (0,4%), Corpos Máficos e Ultramáficos Brejo Seco (1,3%), Formação Barra Bonita (9,9%), Coberturas Detrito – Lateríticas (9,8%) Complexo Ceará -Sobradinho – Remanso (12,2), Formação Pedra de Fogo (0,4%), Unidade Minadorzinho (0,5%) e Complexo Sobradinho – Remanso (gnaisse) que ocorre em 65,5% da área.

A unidade estrutural Superfície Pediplanada pertence ao núcleo nordestino de escudo brasileiro. Topograficamente corresponde a uma área deprimida, com um nível de base local de aproximadamente 320m de altitude, circundada ao norte pelas bordas da Província Parnaíba e ao sul por afloramentos de gnaiss composto por inselbergs e maciços residuais, correspondendo à fácies mais resistentes, com altitudes de aproximadamente 600m. (Lima, 1987). Nesta Unidade, o relevo apresenta altitudes que variam de 361 a 480 metros, com predomínio de declividades de 2 a 5 %, caracterizando tipologias de relevo suave e suave ondulado. Esta unidade geoambiental apresenta superfície de baixo relevo interrompida ocasionalmente por elevações residuais (inselbergs), que conferem a esta unidade geoambiental características agradacionais.

Jacomine (1986) identificou 17 associações de solos agrupadas em 4 grandes grupos: Latossolos, Argissolos, Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos.

Os Latossolos ocupam 62,4% da unidade em estudo. Acredita-se que a ocorrência deste tipo de solo resulta do retrabalhamento das rochas areníticas e conglomeráticas do planalto em forma de Cuesta e ainda de alterações das rochas cristalinas (inselbergs e maciços), com posterior transporte e deposição. Os Argissolos e os Neossolos Litólicos ocupam respectivamente 26% e 8,7% da Superfície Pediplanada.

Os Neossolos Regolíticos, que são solos arenosos, excessivamente drenados, pouco desenvolvidos, rasos a medianamente profundos, de baixa fertilidade natural ocupam 2,9% da Superfície Pediplanada, sob uma condição de relevo plano a suave ondulado. Em 73,6% desta unidade geoambiental as precipitações variam de 600 a 750 mm/ano, com 54% da área apresentando de nove a dez meses secos.

### 6.1.3 Superfície Conservada Cristalina

Esta unidade geoambiental está disposta na parte sul do Núcleo de São Raimundo Nonato e ocupa 7,4% do mesmo. Do ponto de vista geológico constata-se o predomínio de litologias do Embasamento Cristalino, compreendendo granitos e gnaisses pertencentes aos Complexos Ceará – Sobradinho - Remanso e Sobradinho -

Remanso que ocupam respectivamente 71,5% e 24,6% da área. As demais unidades geológicas ocorrentes são: Unidade Minadorzinho e Depósitos Eólicos Continentais.

Nesta unidade geoambiental, os relevos isolados do tipo inselbergs ou maciços residuais correspondem a fácies de maior resistência e evidenciam intensa fase erosiva em épocas pretéritas. As altitudes variam de 481 a 600 metros, e em 88,1% da área o relevo varia de suave ondulado a forte ondulado com declividade variando de 2 a 45%. Constituem superfície denudacional e exibem relevo do tipo residual com topos aguçados.

Os grandes grupos de solos que ocorrem na unidade são: Latossolos, Neossolos Regolíticos, Argissolos e Neossolos Litólicos. Estes ocupam respectivamente 49%, 28,4%, 12,6% e 10% da unidade de estudo. Em 98,7% desta unidade geoambiental as precipitações variam de 700 a 800 mm/ano com predomínio de oito meses secos.

#### 6.1.4 Planície Fluvial

Esta unidade ambiental originada a partir de uma densa rede de drenagem dentrítica ocupa 16,9% do Núcleo de São Raimundo Nonato.

O vale encaixado do rio Piauí com vertentes retilíneas reflete condições climáticas subatuais de um clima mais úmido com rios de maior competência capazes de maior incisão e superimposição de drenagem que levaram a dissecação da Superfície Pediplanada através de processos de pedimentação (Brasil, 1973). Esta unidade comporta-se como superfície agradacional localizada próxima aos rios.

O substrato do vale do rio Piauí é formado por rochas metamórficas (micaxisto, gnaisse e mármore) e granito, com padrão de drenagem dentrítico. As Formações geológicas encontradas na área de acordo com CPRM (2006) são: Suíte Intrusiva Serra da Aldeia (6,5%), Formação Barra Bonita (60%), Coberturas Detrito – Lateríticas (2,7%), Formação Pedra de Fogo (0,5%), e Complexo Sobradinho – Remanso (gnaisse) que ocorre em 30,3% da área. As Coberturas Detrito – Lateríticas e a Formação Pedra de Fogo, ocorrendo em forma de manchas, e em função das reduzidas espessuras e descontinuidades, têm pouca expressão (CPRM, 2006).

Os grupos de solos que ocorrem na Planície Fluvial de acordo com Jacomine (1986), são: os Neossolos Litólicos, os Latossolos e os Argissolos. Estes ocupam respectivamente 82,7%, 14,5% e 2,8% da unidade geoambiental em estudo.

Nesta unidade geoambiental, as altitudes variam de 300 a 380 metros. Em 75,5% da área o relevo varia de suave ondulado a ondulado com intervalos de 2 a 10% de declividade. Destaque-se que a presença de relevos poucos movimentados, aliado a presença de aluviões férteis tem favorecido de forma intensa a ocupação humana nesta unidade geoambiental. Do ponto de vista climático em 73,5% desta unidade, as precipitações variam de 500 a 700 mm/ano, com ocorrência de 8 a 10 meses secos.

#### 6.1.5 Vales Pedimentados e Interplanálticos

Esta unidade geoambiental localizada na extremidade leste da área de estudo, ocupa apenas 1,8% do Núcleo de São Raimundo Nonato. Santos (2007) afirma a existência na área de superfícies estruturais escalonadas (Patamares Estruturais) resultantes da instalação de uma densa rede de drenagem, que gerou níveis de entalhe diferenciados, à medida que a erosão regressiva atacava rochas, com diversos graus de suscetibilidade ao desgaste erosivo, o que a caracteriza como uma superfície de denudação.

Uma análise do aspecto geológico desta unidade permite inferir que a mesma, como as demais, é formada por dois domínios distintos: rochas cristalinas do embasamento pré-cambriano e coberturas sedimentares terciário-quadernárias representadas por areias, argilas, cascalhos e lateritos que compõem os depósitos colúvio-eluviais presentes na área.

As formações geológicas mapeadas por CPRM (2006) foram: Corpos Máficos-ultramáfico Brejo Seco (12,4%), Depósitos Colúvio-Eluviais (37,1%), Formação Barra Bonita (9,2%), Formação Cabeças (15%) e Formação Pimenteiras (26,3%).

Os grupos de solos desta unidade segundo Jacomine (1986) são: Latossolos, Argissolos, Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos e Luvisolos. Estes ocupam respectivamente 61,8%, 17,6%, 16,6%, 3,6% e 0,4% da unidade de estudo.



Os Patamares Estruturais presentes nesta área apresentam altitudes que variam de 340 a 600 metros. Constatou-se que em 70,6% da área de estudo há predomínio de intervalos de declividades variando de 5% a 70%, permitindo inferir predomínio de relevo do tipo ondulado, muito ondulado, forte ondulado e montanhoso. As precipitações médias mensais em 95,6% da área chegam a 800mm/ano, concentradas em 4 meses do ano.

## 6.2 ANÁLISE DOS INDICADORES EMPREGADOS NA AVALIAÇÃO DO RISCO DE DEGRADAÇÃO FÍSICA E DA DEGRADAÇÃO EFETIVA DO NÚCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO.

Para a avaliação do risco de degradação física e da degradação efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato, far-se-á uma análise e discussão individualizadas dos resultados obtidos para cada indicador, a saber: o Índice Climático, a Erosividade, a erodibilidade, a Declividade e a Cobertura Vegetal representada pelo NDVI.

Por meio do sistema de informação geográfica *IDRISI 3.2*, foram feitas as combinações dos respectivos indicadores, com a obtenção final de mapas de síntese que indicam diferentes níveis de risco físico e ainda as áreas efetivamente degradadas com seus respectivos níveis de comprometimento com relação a processos de desertificação.

A análise dos indicadores e do risco de degradação física e da degradação efetiva será realizada considerando a área total de estudo, seguida de uma análise comparativa considerando as unidades geoambientais identificadas no presente estudo: Superfície Conservada Sedimentar, Superfície Conservada Cristalina, Planície Fluvial, Superfície Pediplanada e Vales Pedimentados e Interplanálticos já apresentadas na Figura 21.

### 6.2.1. ÍNDICE CLIMÁTICO

O Índice Climático resultou da combinação dos seguintes mapas: Índice Efetivo de Umidade (Im) e Número de Meses Secos. O Im foi obtido através da relação entre o excedente, o déficit hídrico e a evapotranspiração potencial (necessidade potencial de água) e evidencia o grau de aridez da área de estudo. Já o número de meses secos

calculado com base no balanço hídrico sequencial de Thornthwaite (1955, 1957) evidencia a concentração das chuvas em determinados períodos do ano. A ocorrência de precipitações num curto período do ano resulta em desequilíbrios na produção agrícola das áreas afetadas.

A Figura 22 permite avaliar a severidade do clima na área de estudo.

Da análise da Figura 22 depreende-se que 46,5% da área de estudo apresenta severidade climática que varia de moderada a muito alta, estando estas classes localizadas na parte central e oriental da área mapeada. Nas porções sudeste, sudoeste e noroeste evidencia-se o incremento do gradiente de precipitação com o domínio de um clima subúmido seco.

A tabela 7 apresenta as classes de severidade, os níveis e as percentagens de ocorrência em cada unidade geoambiental e ainda a média ponderada que corresponde ao valor a ser empregado na fórmula descritiva do anexo 1.

Pela análise da Tabela 7, constata-se que as unidades Superfície Conservada Cristalina e Superfície Conservada Sedimentar apresentam as melhores condições climáticas, com 98,3% e 75% da área inserida na classe de baixa severidade climática. As condições de menor disponibilidade hídrica e consequente maior secura são encontradas na área da Planície Fluvial do rio Piauí, que agrega 56,5% de sua área nas classes de alta e muito alta severidade climática, e em 43,1% desta unidade verifica-se a ocorrência de moderada severidade climática.

Tabela 7 - Distribuição das classes de severidade do clima nas unidades geoambientais, com os respectivos pesos e média ponderada empregada na fórmula descritiva.

Classes de Severidade	Peso	Ocorrência nas Unidades Geoambientais (%) *				
		SCS	SCC	PF	SP	VP
Baixa	1	75	98,3	0,4	56,8	-
Moderada	2	22	1,7	43,1	41,2	83,2
Alta	3	3,0	-	27,1	2,0	16,8
Muito Alta	4	-	-	29,4	-	-
Média ponderada usada na fórmula descritiva		1,280	1,452	2,855	1,017	2.168

\* SCS - Superfície Conservada Sedimentar; SCC - Superfície Conservada Cristalina ; PF - Planície Fluvial ; SP - Superfície Pediplanada; VP - Vales Pedimentados e interplanálticos.

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009

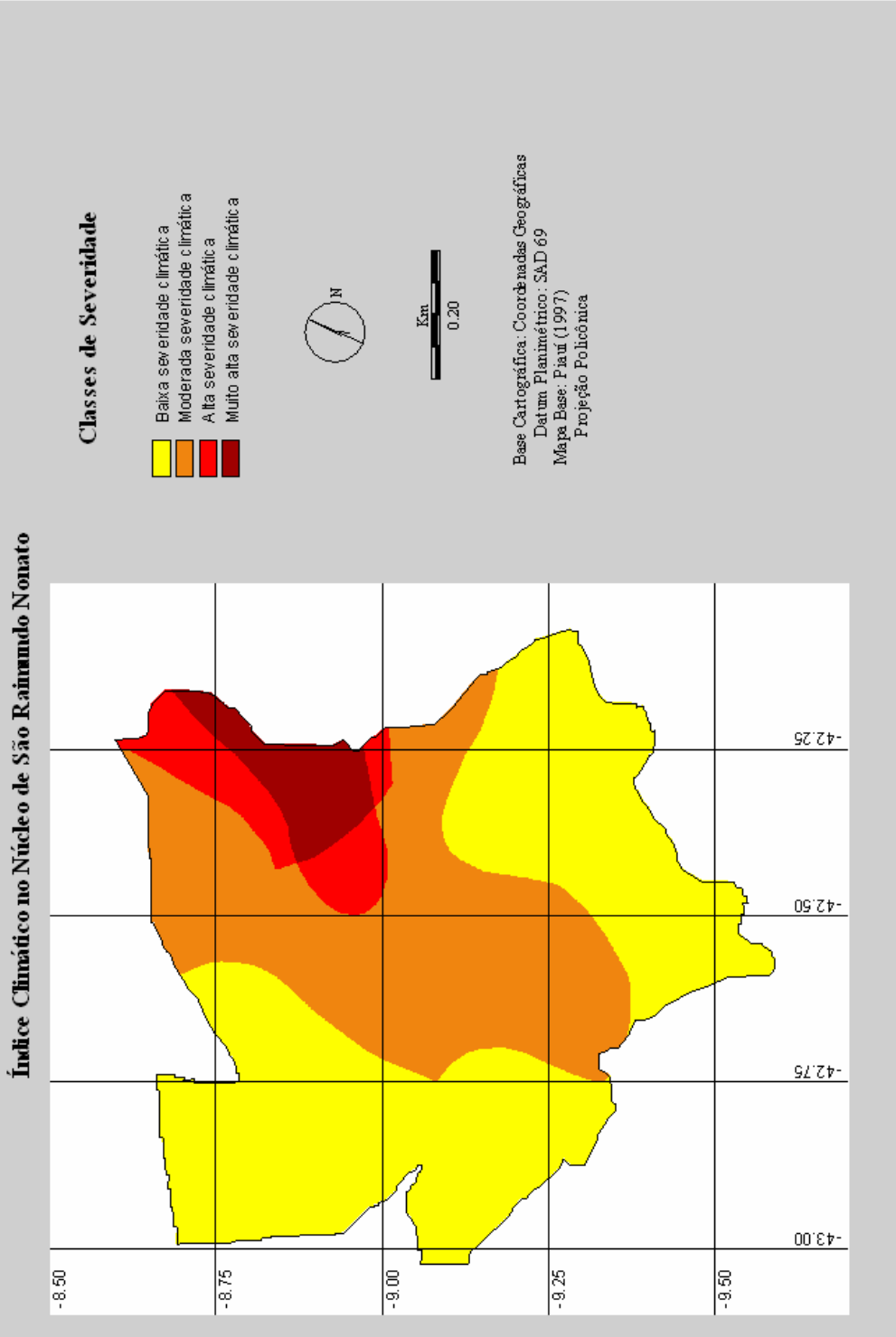


Figura 22 - Índice Climático do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Essa severidade climática nas classes de moderada, alta e muito alta na área da Planície Fluvial do rio Piauí, implica em reduzidos valores de precipitação e de excedente hídrico, elevados valores de evapotranspiração e ainda em significativo déficit hídrico, fato que compromete o desempenho das atividades agrícolas e da pecuária na área de estudo.

Especificamente para a área de estudo, essa severidade climática tem como causa a condição do relevo local, que de acordo com Conti (2003) e Silva (1987) introduz modificações ambientais expressivas decorrentes de situações de barlavento e sotavento. O perfil topográfico na Figura 23 e o mapa de unidades geoambientais elaborado considerando os aspectos morfoestruturais e altimétricos constante na Figura 20 evidenciam a orientação e exposição do relevo na área.

A presença da unidade geoambiental Superfície Conservada Sedimentar representada pelas Serras da Capivara e Bom Jesus do Gurguéia nas partes nordeste e noroeste da área de estudo e da Serra dos Dois Irmãos na porção sul, conforme Figura 24 impõe uma condição de sotavento as áreas representadas pela Planície Fluvial e Superfície Pediplanada, também conhecida como depressão periférica resultando em menores valores de precipitação nas referidas unidades geoambientais.

A mancha de semiaridez mais acentuada no interior do núcleo de São Raimundo Nonato é definida por alinhamentos de relevo local, confirmando assim a importância deste elemento na diferenciação da paisagem. A Figura 25 elaborada no Software *Global Mapper* embora exiba um significativo exagero vertical apresenta em 3D uma visualização da área de estudo com a indicação das unidades geoambientais da área de estudo. A distribuição das unidades em modelo 3D reforça o papel de destaque das condições de relevo e explica os baixos valores de precipitação ocorrentes na parte central da área de estudo.

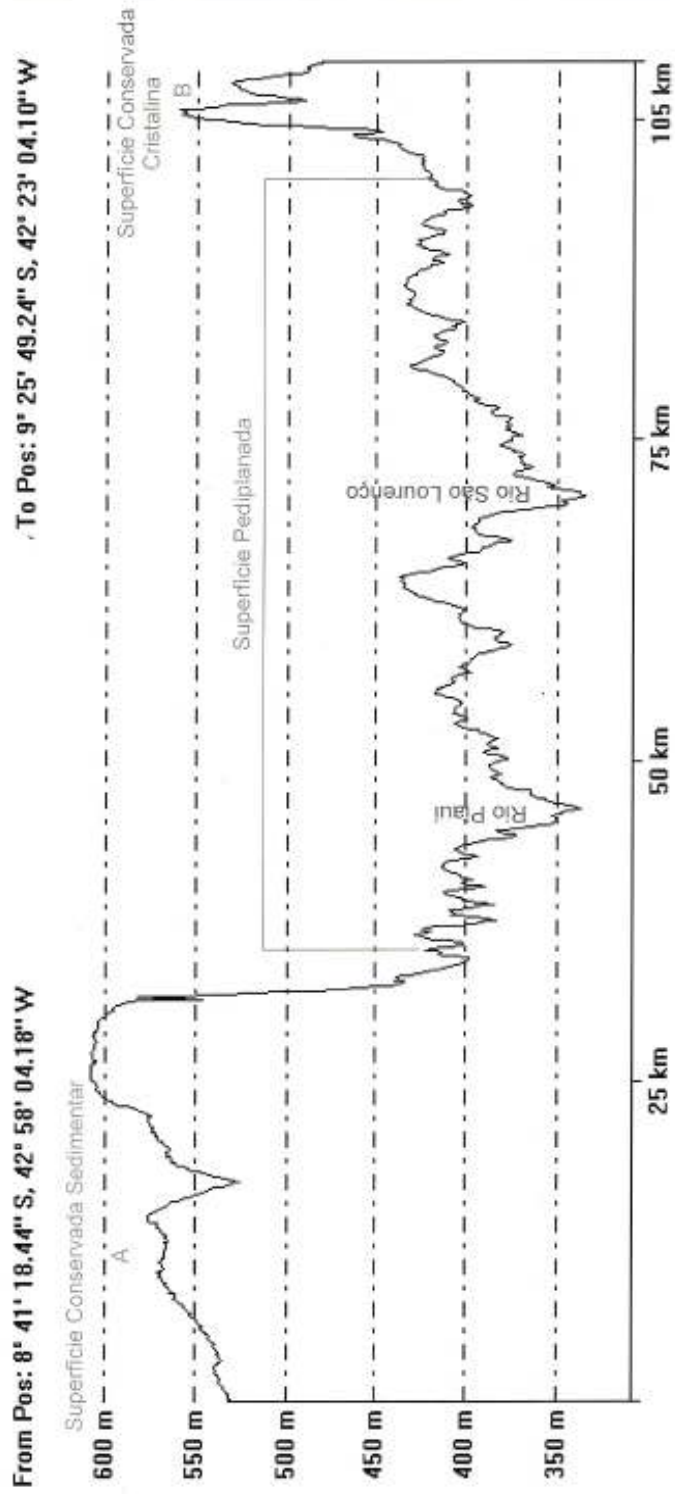


Figura 23 – Perfil topográfico Global Mapper, sentido NW – SE, do núcleo de São Raimundo Nonato, em corte indicado pela linha na Figura 24.

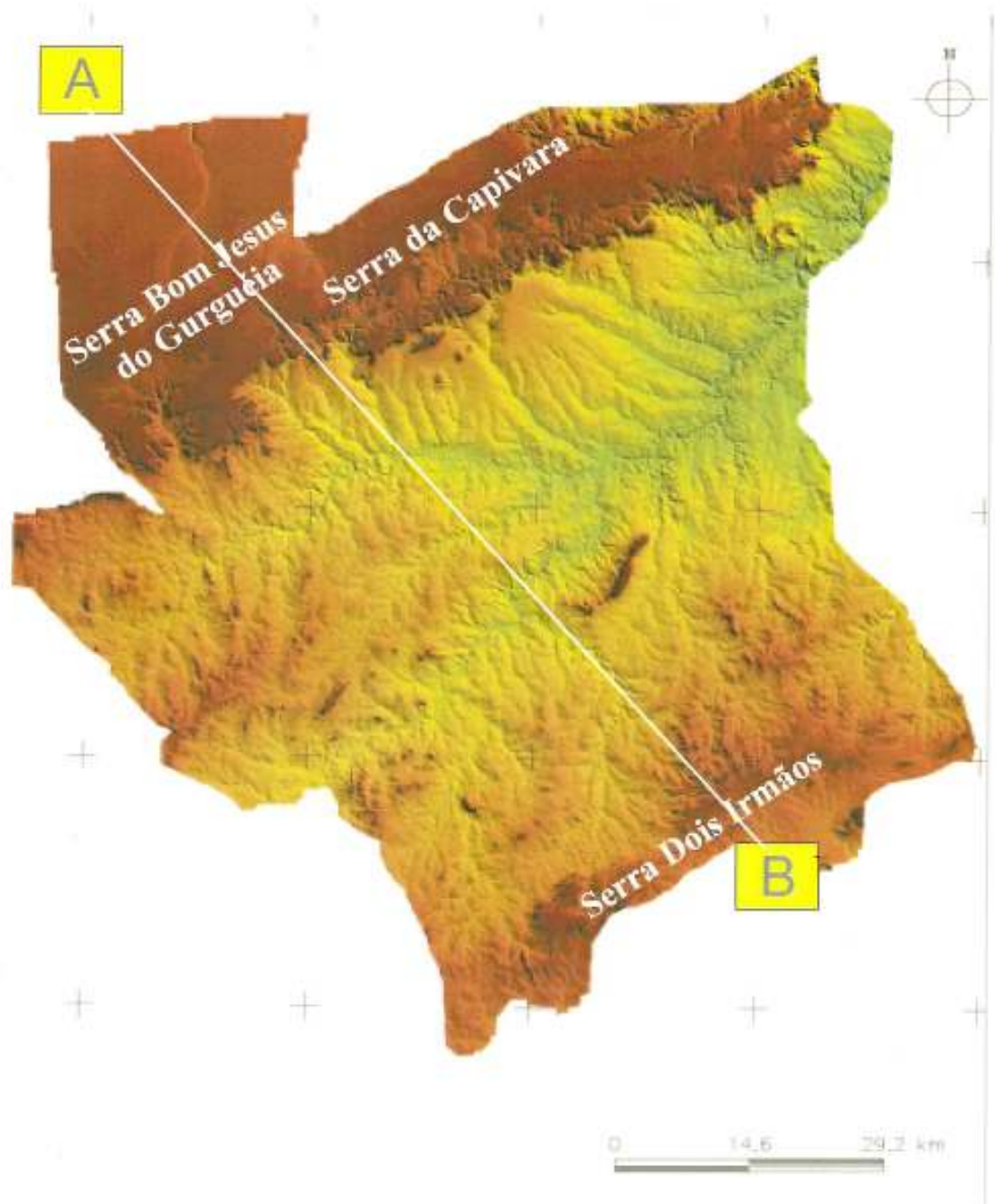


Figura: 24 - Corte sentido NW - SW do núcleo de São Raimundo Nonato.

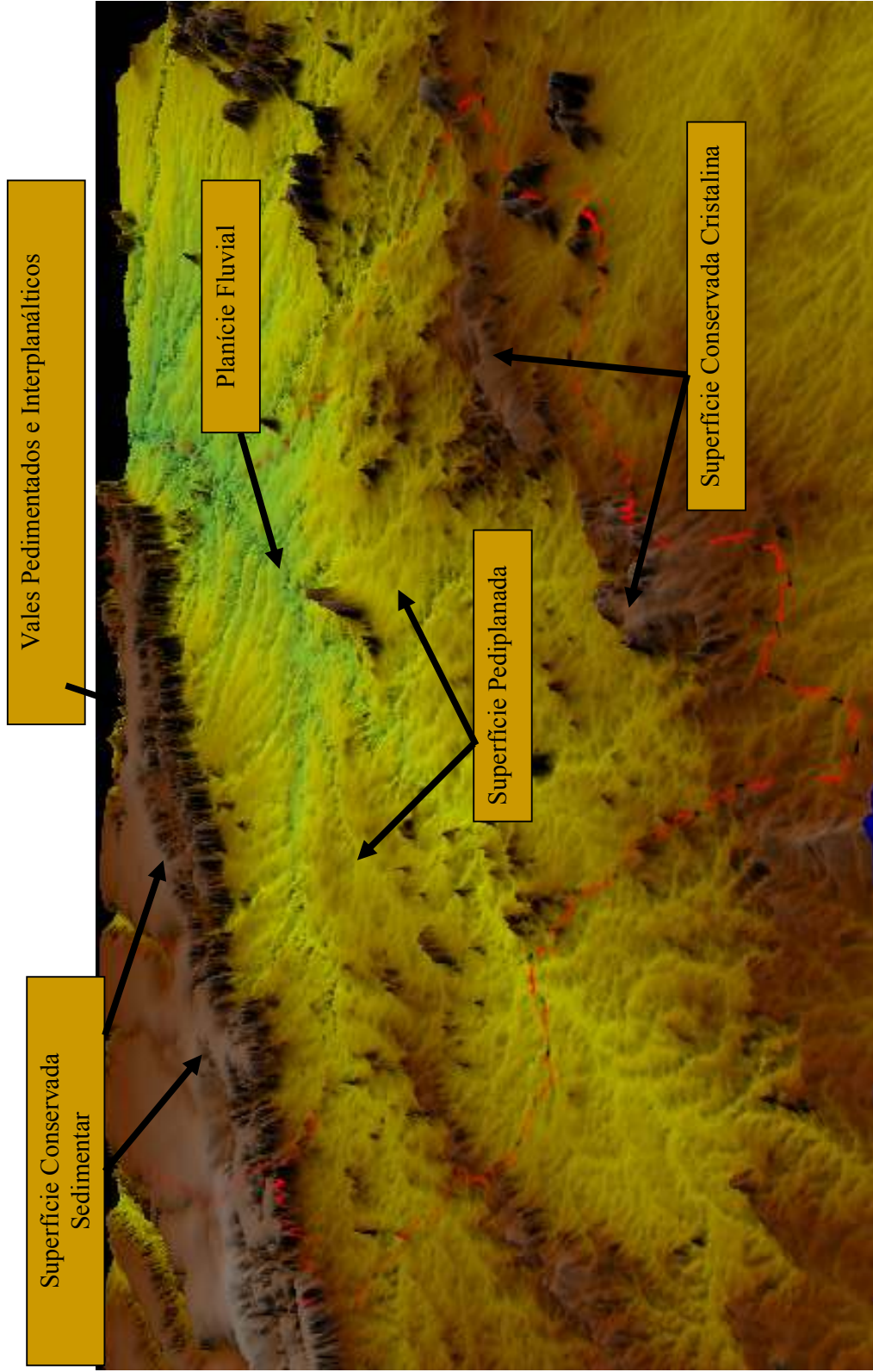


Figura 25 – Visão geral da área de estudo em 3D.

## 6.2.2 EROSIVIDADE DA CHUVA (R)

A partir do emprego da equação de Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), foram estimados os valores de erosividade das chuvas para a área de estudo. Os valores mensais de erosividade dos postos pluviométricos estudados estão apresentados na Tabela 8.

Uma análise da Tabela 8 permite inferir que o menor valor de R obtido considerando os postos inseridos na área de estudo foi de 4.006 Mj.mm/há.h.ano no posto Riacho das Vacas e o maior valor de R foi de 5.217 Mj.mm/há.h.ano no posto Cavalheiro.

Os valores de R obtidos para a área de estudo são compatíveis com os constantes em Cecílio (2008) que apresenta para as localidades alagoinhas (PB), Areia (PB) e Caruaru (PE) todas localizados no semiárido brasileiro os seguintes valores de erosividade 3.423, 3.875 e 2.060 4 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os valores de R da pesquisa também são similares aos obtidos por Campos Filho et al. (1992), Albuquerque et al (2002), Sales (2003) e Silva et al. (2008).

Campos Filho et al. (1992) obtiveram valor médio anual de erosividade de 3.551 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, para Glória de Goitá no Agreste Pernambucano. Albuquerque et al (2002) obteve para Sumé um valor médio anual de erosividade de 4.928 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>. Sales (2003) obteve para o núcleo de desertificação de Irauçuba valores de erosividade média de 5.592 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.

Silva et al. (2008), estudando a bacia hidrográfica de São João do Cariri no semiárido paraibano com o auxílio de um pluviógrafo, determinaram valores de erosividade média anual de 3.783,77 e 1.514,54 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> para os anos de 2000 e 2002 respectivamente.



Tabela 8 - Erosividade da chuva (R) mensal anual, e a correspondente concentração (novembro a abril) nos postos pluviométricos do entorno e no interior do Núcleo de São Raimundo Nonato, Piauí.

Postos pluviométricos	Erosividade Mensal (Mj.mm/há.h.ano)												Índice anual de Erosividade (Mj.mm/há.h.ano)	% concentração de R nos meses de novembro a abril
	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Canto do Buriti	1083	810	1283	635	24	3	0	1	4	145	473	828	5289	96,6
Breão	859	901	996	336	7	0	0	0	30	201	707	886	4923	95,2
Caracol	1177	712	981	525	10	0	0	0	7	183	708	912	5216	96,0
Anísio de Abreu	829	898	888	823	17	8	0	0	4	195	697	718	5079	95,6
São Francisco	550	935	1191	429	10	6	2	0	2	60	325	568	4077	98,0
Serra do Faustino	816	1081	1065	484	23	1	16	0	5	120	459	726	4796	96,5
São João do Piauí	4523	767	879	642	31	0	2	0	5	58	309	391	7607	98,7
Sete Lagoas	632	775	1370	483	17	1	2	0	8	62	290	580	4220	97,9
Estação	777	948	1285	713	24	19	1	1	13	95	622	659	5158	97,0
Moreira	640	899	1072	594	16	11	2	0	3	52	400	648	4337	98,1
Juscelino Kubitschek	526	882	1056	622	7	5	3	0	10	113	529	705	4457	97,0
Riacho das Vacas	427	717	1217	453	8	5	0	0	2	92	471	614	4006	97,3
São Lourenço	702	705	916	712	22	7	1	0	13	108	520	649	4355	96,5
Cavalheiro	691	982	1211	974	29	5	0	0	3	126	571	624	5217	96,8
Bom Jardim	790	733	785	716	50	1	1	0	11	179	644	553	4405	95,8
Curral Novo	617	721	1000	639	9	12	2	0	5	47	578	775	4405	98,3
Campo Alegre de Lourdes	921	950	1129	556	24	2	1	0	5	97	623	689	4999	97,4
Casa Nova	539	757	1024	618	43	3	4	0	0	41	438	434	3901	97,7
Baluarte	1110	959	1129	645	46	0	0	2	5	220	582	785	5482	95,0
Remanso	778	638	1067	486	11	1	0	0	3	85	533	880	4482	97,7

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

De acordo com dados computados na Tabela 8, constata-se que os maiores valores médios mensais de Erosividade ocorreram nos meses de novembro a abril. Nesses meses, houve concentração de mais de 95% da erosividade em todos os postos analisados. Este período também evidenciou os maiores valores de precipitação conforme dados da Tabela 9. Esses dados confirmam a influência da dinâmica atmosférica regional na área de estudo, posto que neste período concentram-se mais de 85% da precipitação total anual dos postos analisados, tendência esta observada por outros pesquisadores a exemplo de Silva et al. (1981), Campos Filho et al. (1992) e Marques (1996).

Silva et al.(1981) alertam para o fato de que a ocorrência de chuvas de alta intensidade com elevados índices de erosividade, no último trimestre do ano (outubro, novembro e dezembro), período utilizado pelos agricultores para o preparo da terra, acentua o efeito erosivo das chuvas, devido os solos estarem totalmente descoberto de vegetação. Este fato é agravado nas regiões semiáridas em função da pouca proteção oferecida pela vegetação tipicamente xerofítica e caducifólia favorecendo neste período as maiores perdas de solo por erosão.

Considerando as coordenadas geográficas dos postos pluviométricos utilizados no estudo, os valores de R foram plotados em mapa, objetivando o traçado de isoerodentes, possibilitando a delimitação de áreas com igual valor de R, representando as diferentes classes com seus respectivos pesos. A Figura 26 representa a distribuição espacial das classes de R na área de estudo.

Com base no mapa de isoerodente da Figura 26, constata-se que 67,7% da área de estudo apresenta valores de R variando de Muito Baixo a Moderado e que em apenas 32,3% da área os valores variam de alta a muito alta erosividade.

Estes baixos valores de erosividade das chuvas resultam numa baixa capacidade de erosão dos solos, contudo, a presença de cobertura vegetal rarefeita na área de estudo, aliado a concentração destes valores em meses destinados ao preparo da terra (novembro e dezembro) tendem a ampliar as taxas de perdas de solo pela erosão hídrica, favorecendo a redução do perfil de solo, o decréscimo dos teores de matéria-orgânica acompanhada por consequente redução no rendimento das culturas.

Tabela 9 - Precipitação média mensal e a correspondente concentração (novembro a abril) nos postos pluviométricos do entorno e do interior do Núcleo de São Raimundo Nonato, Piauí.

Postos pluviométricos	Precipitação média mensal												% concentração de precipitação nos meses de novembro a abril
	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Canto do Buriti	149,3	129,9	153,6	108,2	15,6	4,6	1,1	1,8	5,8	43,5	95,2	130,4	91,4
Brejão	128	136,7	134,5	73,7	6,8	0,0	0,9	0,0	13,2	51,7	113,6	130,1	92,8
Caracol	145,6	108,7	138,1	92,6	8,9	1,1	0,3	0,5	7,7	56,2	113,1	133,4	90,7
Anísio de Abreu	125,7	129,8	129	125,2	12,9	8,4	1,1	0,2	5,6	51,6	114,3	120,6	90,3
São Francisco	85,5	114,2	131,8	69,8	7,7	5,9	2,5	0,2	3,1	21,4	61,2	86	93,1
Serra do Faustino	119,5	140,9	139,7	87,9	14,7	2,2	10,7	0,6	5,9	37,5	93,6	118,3	90,7
São João do Piauí	11,9	119,1	145,9	74,2	7,1	1,9	0,1	0,4	6,2	21,5	86,6	93,2	93,5
Sete Lagoas	89,7	104,4	150,9	79,1	10,8	2,5	2,7	0,2	6,0	24,3	59,8	90,3	92,5
Estação	121,9	137	163,9	115,9	15,9	13,5	2,7	2,0	10,7	34	110,2	114	90,6
Moreira	96,3	117,6	130,4	92,2	11,1	8,6	3,6	0,4	3,8	21,1	74,3	98,4	92,6
Juscelino Kubitschek	88	119,3	132,6	99,1	6,5	5,4	3,1	0,2	9,0	37,8	87,3	106,5	91,1
Riacho das Vacas	71,7	94,4	132,9	77,4	6,6	5,4	1,1	0,5	2,8	31,1	82,6	93,2	92,4
São Lourenço	104,3	104,5	121,9	105,1	13,5	6,6	2,0	0,0	9,8	34,8	90,6	101,8	90,4
Cavalheiro	111,9	138,8	159,4	137,9	17,4	6,3	0,4	0,0	4,8	42,5	101,5	107,3	91,4
Bom Jardim	114,7	109,7	114,3	108,2	22,5	2,3	1,6	1,4	9,3	47,2	101,1	95,2	88,4
Curral Novo	95,5	104,6	128,6	98,1	8,0	9,7	3,5	0,2	6,1	20,8	88,9	109,1	92,8
Campo Alegre de Lourdes	132,2	130,5	151,4	97,4	15,8	4,0	2,3	0,0	5,9	32,9	103,5	109,8	92,2
Casa Nova	81,7	99,8	119,2	88,6	18,4	3,6	4,5	0,1	0,0	18,0	72,4	72	92,3
Baluarte	158,7	144,7	162,4	90,7	22,7	0,0	0,0	2,8	5,2	55,3	106,3	123,3	90,1
Remanso	109,5	93,2	134,5	86,5	9,2	2,9	1,0	0,3	4,5	29,8	87,6	110,9	92,9

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

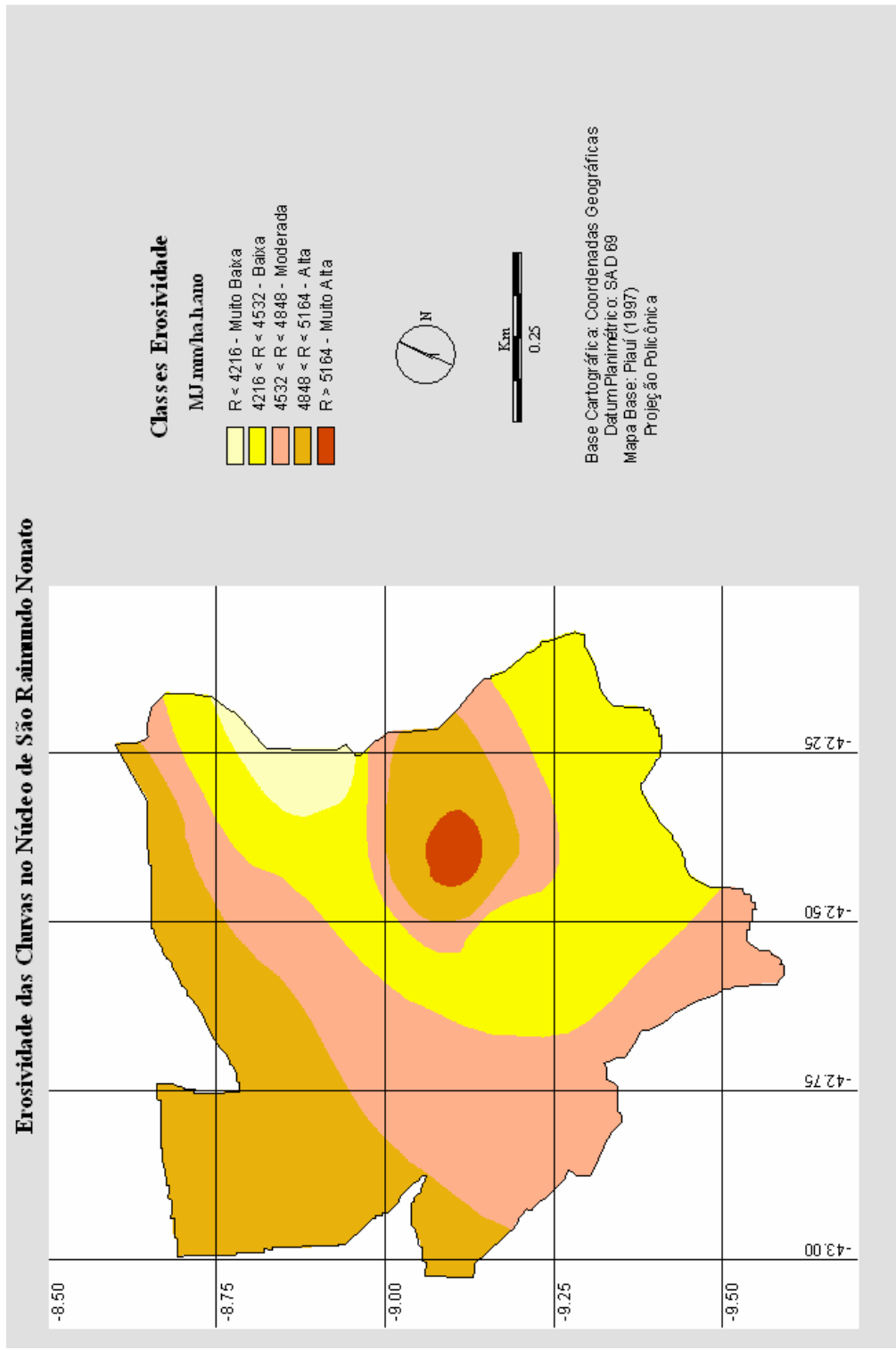


Figura 26 – Erosividade das Chuvas no Núcleo de São Raimundo Nonato.

A tabela 10 apresenta as classes de erosividade, os níveis e as percentagens de ocorrência nas unidades geoambientais e ainda a média ponderada deste indicador.

Tabela 10 – Distribuição das classes de Erosividade nas unidades geoambientais, com os respectivos pesos e média ponderada empregada na fórmula descritiva.

Classes de Erosividade	Intervalos de R (Mj.mm/há.h.ano)	Pesos	Ocorrência nas Unidades Geoambientais (%) *				
			SCS	SCC	PF	SP	VP
Muito Baixa	R < 4216	1	-	-	16,0	-	-
Baixa	4216 < R < 4532	2	1,3	66,8	46,3	34,0	-
Moderada	4532 < R < 4848	3	11,0	32,6	19,8	51,0	7,4
Alta	4848 < R < 5164	4	87,2	0,5	17,1	13,0	92,6
Muito Alta	R > 5164	5	0,4	-	0,8	2,0	-
Média ponderada usada na fórmula descritiva			3.868	2.830	2.394	2.337	3.926

\* SCS - Superfície Conservada Sedimentar; SCC - Superfície Conservada Cristalina; PF - Planície Fluvial; SP - Superfície Pediplanada; VP - Vales Pedimentados e interplanálticos.

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Constata-se pela Tabela 10 que as unidades geoambientais: Superfície Conservada Cristalina, Planície Fluvial do Rio Piauí e a Superfície Pediplanada apresentam respectivamente, 99,4%, 82,7% e 82,1% de suas áreas inseridas nas classes de Erosividade de moderada a muito baixa, resultando em baixo potencial erosivo do escoamento das águas superficiais. As unidades geoambientais Vales Pedimentados e interplanálticos e a Superfície Conservada Sedimentar possuem respectivamente 92,6% e 87,6 de sua área inserida nas classes de alta e muito alta erosividade.

Os baixos valores de R na Superfície Conservada Cristalina, Planície Fluvial do Rio Piauí e na Superfície Pediplanada estão diretamente relacionados aos baixos valores de precipitação constatados nestas unidades geoambientais e podem como afirmado anteriormente está associados a aspectos altimétricos, já que as unidades Superfície Conservada Sedimentar e Superfície Conservada Cristalina funcionam como barreira orográfica dificultando a ocorrência de precipitações mais intensas nas áreas da Planície Fluvial do Rio Piauí e na Superfície Pediplanada.

Vale ressaltar que, embora os dados evidenciem uma baixa capacidade potencial da chuva em causar erosão na Superfície Conservada Cristalina, na Planície Fluvial do Rio Piauí e ainda na Superfície Pediplanada, o caráter torrencial das chuvas na área, a parca e esparsa cobertura vegetal de caráter caducifólio favorecem a desagregação das partículas do solo e conseqüente remoção das mesmas, favorecendo ano a ano a intensificação dos processos erosivos, com perdas e/ou redução da produção e da produtividade, que pode resultar no desencadeamento da desertificação.

### 6.2.3.ERODIBILIDADE DAS ASSOCIAÇÕES DE SOLOS

Os valores de erodibilidade estimados para as associações de solos do núcleo de São Raimundo Nonato com os respectivos pesos e classe relacional, estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Média ponderada da Erodibilidade das associações de solos do Núcleo de São Raimundo Nonato com seu respectivo peso e classe.

Associações de solo	Valores de K Ton.ha.h/ ha.MJ.mm	Peso	Classe atribuída
LA21	0,020	2	Baixa
LA22	0,025	4	Moderadamente Alta
LA33	0,022	3	Moderada
LA37	0,015	1	Muito Baixa
LV2	0,020	2	Baixa
NC4	0,027	4	Moderadamente Alta
PE18	0,020	2	Baixa
PE24	0,025	4	Moderadamente Alta
PE25	0,024	3	Moderada
PE26	0,025	4	Moderadamente Alta
PV18	0,027	4	Moderadamente Alta
R10	0,024	3	Moderada
R18	0,027	4	Moderadamente Alta
R20	0,028	5	Alta
R26	0,028	5	Alta
R27	0,028	5	Alta
R28	0,030	5	Alta
RE	0,018	1	Muito Baixa

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Pela análise da Tabela 11 constata-se que:

- I. O menor e o maior valores de K, em ton.ha.h/MJ.mm.ha, foram, respectivamente, 0,015 e 0,030, para a associação de solos LA 37 do grupo dos Latossolos e para a associação R 28 grupo dos Neossolos Litólicos;
- II. Nas classes de erodibilidade muito baixa e baixa foram encontrados, respectivamente, 100%, 60% e 20% das associações de solos Neossolos Regolíticos, Latossolos e Argissolos;
- III. Nas classes de erodibilidade moderada, moderadamente alta e alta foram encontrados, respectivamente, 100%, 80% e 40% das associações de solos, Luvisolos e Neossolos Litólicos, Argissolos e Latossolos;
- IV. A variação constatada nos valores de K ocorre tanto entre os diferentes grupos de associações de solos, como dentro de um mesmo grupo de associações, o que está de acordo com observações de El-Swaify et al. (1982) e Silva (1994b), que afirmam a existência dessas variações nos solos das regiões tropicais;
- V. Considerando que o cálculo de K pela equação de Romkens et al. (1987 e 1997), tem por base apenas a textura do horizonte superficial, pode-se inferir que a variação dos valores de K aqui obtidos é consequência da variação da textura desses horizontes entre os solos estudados;
- VI. Os resultados de baixa erodibilidade e conseqüentemente menor suscetibilidade à erosão, encontrados para Neossolos Regolíticos e Latossolos, são coerentes com os de Leprun (1988), Silva (1994 b) e Bueno et al. (2000). Martins Filho & Silva (1985) e Silva (1994b) atribuem estes baixos valores de erodibilidade às características físicas dos solos, tais como altas permeabilidades e elevadas percentagens de areia que aumentam a capacidade de infiltração e, conseqüentemente, diminuem o escoamento superficial e o transporte do material desagregado da superfície do solo;

IV. Os valores de erodibilidade obtidos para as associações dos Luvisolos e Neossolos Litólicos são compatíveis com os apresentados por Silva (1994b) na medida em que foram classificados pelo autor como de alta erodibilidade. A estes altos valores de erodibilidade obtidos alie-se o fato de que estes solos, notadamente os Neossolos Litólicos têm ocorrência em áreas de relevo que variam de suave ondulado a ondulado, fato que tende a acentuar os processos erosivos.

Os resultados da espacialização dos valores de K são apresentados na Figura 27. Uma análise da Figura 27 permite deduzir que:

- I. 20,3%, 19%, 36,7%, 9,6% e 14,4% da área apresentam, respectivamente valores de erodibilidade muito baixos ( $0,0015 \leq K \leq 0,018$  ton.ha.h/ha.MJ.mm), baixos ( $0,019 < K \leq 0,021$  ton.ha.h/ha.MJ.mm), moderados ( $0,022 < K \leq 0,024$  ton.ha.h/ha.MJ.mm), Moderadamente altos ( $0,025 < K \leq 0,027$  ton.ha.h/ha.MJ.mm) e altos ( $> 0,028$  ton.ha.h/ ha.MJ.mm);
- II. Em 60,7% da área de estudo há associações de solos situados nas categorias de moderada, moderadamente alta e alta erodibilidade, com predominância destas categorias nas seguintes associações de solos: Argissolos, Neossolos Litólicos e nos Luvisolos;
- III. De modo geral, as associações de solos citadas acima apresentam predominantemente características físicas desfavoráveis, principalmente ligadas ao gradiente textural (granulometria mais fina do tipo argila e silte) aliada à baixa permeabilidade no horizonte subsuperficial, o que lhes confere valores elevados de erodibilidade e conseqüentemente alta susceptibilidade à erosão.
- IV. Vale ressaltar que os processos erosivos verificados em uma dada região, não resultam apenas da erodibilidade dos solos, ou seja, da sua vulnerabilidade a erosão, o entendimento destes processos demanda uma análise conjunta e combinada de outros fatores como, por exemplo: quantidade de chuva precipitada, relevo, cobertura vegetal e uso da terra.



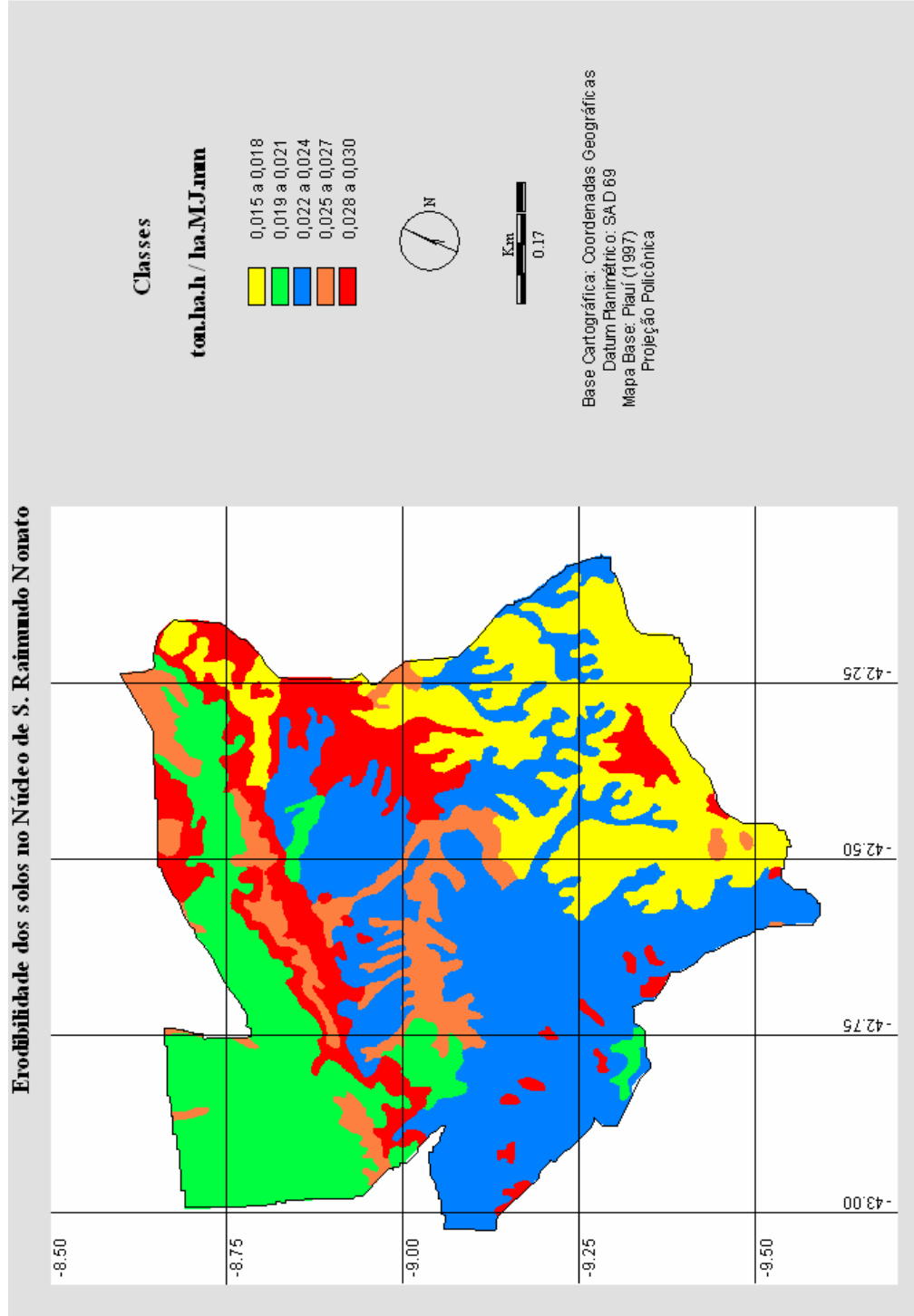


Figura 27 - Erodibilidade das associações de solos do Núcleo de São Raimundo Nonato.

A tabela 12 apresenta as classes de erodibilidade com os respectivos intervalos de K, os pesos atribuídos a cada classe, as percentagens de ocorrência por unidade geoambiental e ainda a média ponderada que corresponde ao valor a ser empregado na fórmula descritiva.

Tabela 12 – Distribuição das classes de Erodibilidade nas unidades geoambientais e média ponderada empregada na fórmula descritiva.

Classes de Erodibilidade	Intervalos de K (ton.ha.h/ha.MJ. mm)	Pesos	Ocorrência nas Unidades Geoambientais (%) *				
			SCS	SCC	PF	SP	VP
Muito Baixa	0,015 a 0,018	1	-	60,3	18,9	25,0	-
Baixa	0,019 a 0,021	2	71,5	-	1,9	4,4	3,7
Moderada	0,022 a 0,024	3	3,4	27	31,2	56	-
Alta	0,025 a 0,027	4	11,5	3,4	13,4	6,7	56,7
Muito Alta	0,028 a 0,030	5	13,6	9,3	34,6	7,9	39,6
Média ponderada usada na fórmula descritiva			2,674	2,681	2,199	2,014	4,322

\* SCS - Superfície Conservada Sedimentar ; SCC - Superfície Conservada Cristalina ; PF - Planície Fluvial; SP - Superfície Pediplanada; VP - Vales Pedimentados e interplanálticos.

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Constata-se pela Tabela 12 que os Vales Pedimentados e Interplanálticos, a Planície Fluvial do Rio Piauí, seguida da Superfície Pediplanada, foram as unidades geoambientais que apresentaram as associações de solos com maiores valores de erodibilidade, 96,3%, 79,2% e 70,6% respectivamente considerando o somatório das classes de moderada, moderadamente alta e alta erodibilidade. A média ponderada nos Vales Pedimentados e Interplanálticos é notadamente a mais elevada 4,322, resultado da alta erodibilidade de 82,7% das associações de solos do tipo Neossolos Litólicos presentes na unidade.

A unidade geoambiental representada pela Superfície Conservada Sedimentar apresentou 74,9% de suas associações de solos nas categorias de baixa e muito baixa erodibilidade, resultado da presença significativa de Latossolos de textura arenosa, que ocupam 78,8% desta unidade.

A importância do estudo da erodibilidade resulta da necessidade de conhecimento acerca do quão vulneráveis são os solos do Núcleo de São Raimundo Nonato à erosão,

considerando especialmente suas propriedades texturais em interação com a chuva (fator R). Segundo Vitte & Mello (2007), grandes partículas de areia resistem ao transporte, já areia fina e o silte são muito susceptíveis à erosão. A identificação dos valores de erodibilidade apresentados neste estudo orienta o processo de ocupação e os diferentes usos do território objetivando a conservação dos solos.

#### 6.2.4. DECLIVIDADE

A declividade e suas variações espaciais determinam formas e feições da paisagem, ditando as potencialidades de uso, bem como, as restrições ao aproveitamento das terras (Duarte et al. 2004) e ainda diferentes níveis de fragilidade dos ambientes constituindo-se, portanto, um indicador indispensável na estimativa do risco de degradação ambiental.

O mapa de declive da Figura 28 evidencia para o Núcleo de São Raimundo Nonato a predominância de relevos do tipo plano a suave ondulado. O somatório destas duas classes perfaz 74,7% do total da área estudada, apenas 25,3% da área apresenta relevos que variam de ondulado a escarpado, permitindo inferir ser o fator declividade favorável à exploração agropecuária, limitada apenas em função do aspecto climático, e em especial da concentração das precipitações.

Na Tabela 13 é mostrada a distribuição dos dados quantitativos da declividade nas unidades geoambientais da área de estudo.

Tabela 13 – Distribuição das classes de Declividade nas unidades geoambientais e média ponderada empregada na fórmula descritiva.

Classes de Declividade	Intervalos de Declividade (%)	Pesos	Ocorrência nas Unidades Geoambientais (%) *				
			SCS	SCC	PF	SP	VP
Plano	< 2	1	49,6	11,8	19,3	27,5	12,9
Suave ondulado	2 a 5	2	23,3	40,6	51,0	54,5	16,4
Ondulado	5 a 10	3	10,8	31,6	24,5	14,4	18,9
Muito ondulado	10 a 15	4	5,8	8,9	4,3	1,8	17,2
Forte ondulado	15 a 45	5	5,8	7,1	0,9	1,7	33,9
Montanhoso	45 a 70	6	10,0	--	-	0,1	0,7
escarpado	> 70	7	--	--	-	--	--
Média ponderada usada na fórmula descritiva			2,050	1,958	2,165	2,592	3,445

\* SCS - Superfície Conservada Sedimentar; SCC - Superfície Conservada Cristalina; PF - Planície Fluvial; SP - Superfície Pediplanada; VP - Vales Pedimentados e Interplanálticos.

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

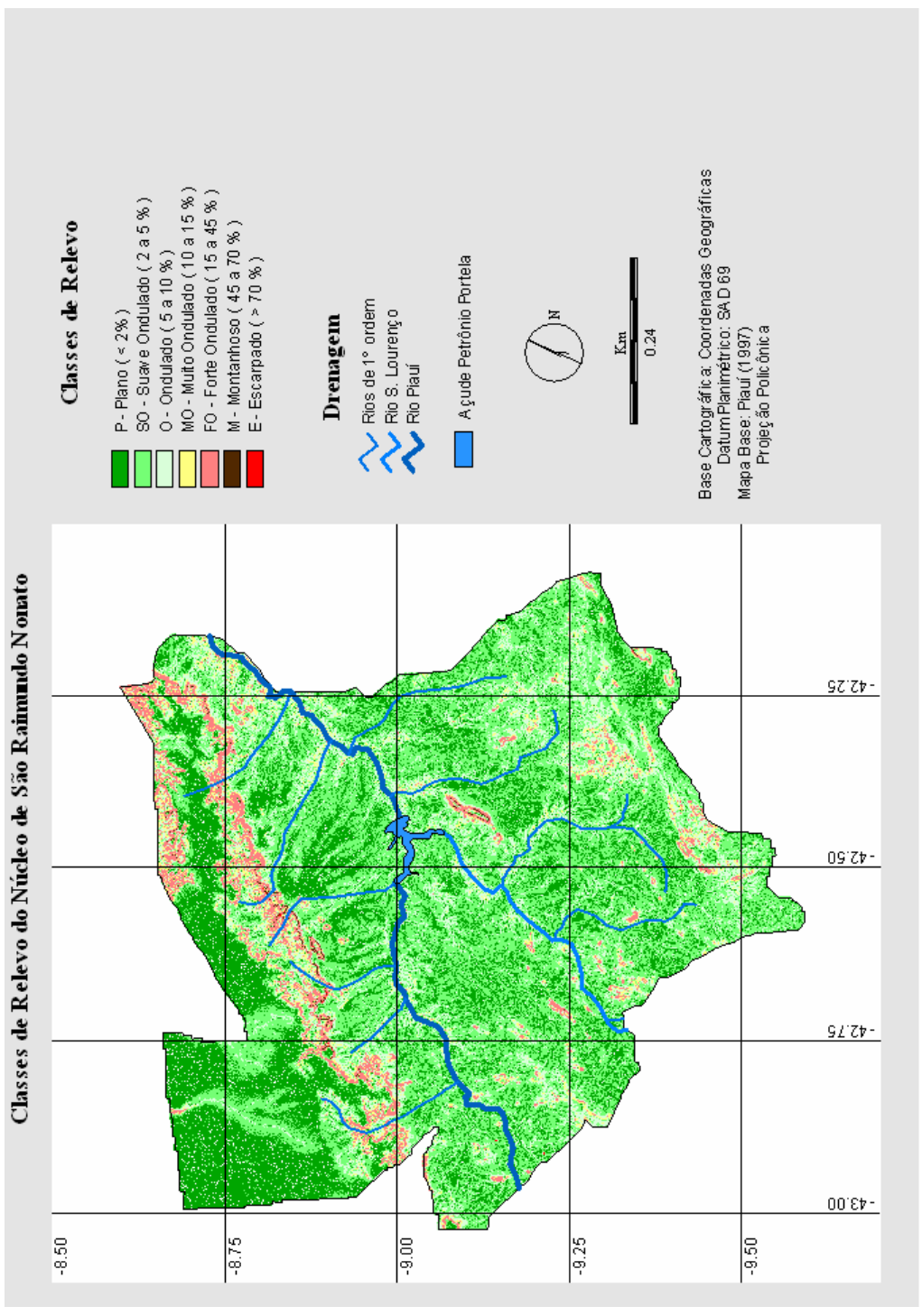


Figura 28 – Classes de relevo do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Constata-se que as classes de relevo plano e suave ondulado predominam nas unidades geoambientais Superfície Pediplanada, Superfície Conservada Sedimentar e Planície Fluvial, ocupando respectivamente 82%, 72,9% e 70,3% das respectivas unidades. Na Superfície Conservada Sedimentar, as áreas de relevo plano são representadas pelos topos/platôs da Serra de Bom Jesus e da Serra da Capivara, que exibem relevo do tipo cuestiforme. Vale destacar ainda que esta unidade geoambiental concentra a maior percentagem de relevo do tipo montanhoso, 10%. Essa tipologia de relevo localiza-se na frente da cuesta e encontra-se representado por paredões areníticos com front voltado para a Superfície Pediplanada.

Em 54,5% da Superfície Pediplanada o relevo suave ondulado está representado pelas encostas dos pedimentos com declives suaves resultantes do recuo paralelo das vertentes. No Vale do rio Piauí, 51% da área apresenta tipologia de relevo suave ondulado. Em 69,1% da área de estudo as classes de altitude do relevo variam de 240 a 480 metros. De modo geral constata-se serem modestas as altitudes e as declividades na área de estudo, como demonstram as Figuras 28 e 29.

#### 6.2.5. DINÂMICA INTERANUAL DO NDVI

Objetivando avaliar mudanças no NDVI que pudessem evidenciar degradação ambiental na área de estudo, foram estimados e depois comparados os valores deste índice obtidos para os anos de 1987 e 2007.

Os valores de NDVI estimados para a área de estudo foram reclassificados em seis classes: alta, muito alta, moderadamente baixa, baixa, muito baixa e solo exposto, representando os diferentes graus de proteção oferecido pela cobertura vegetal ao solo. A figura 30 apresenta a espacialização da variabilidade do NDVI na área de estudo para os meses de agosto e setembro do ano de 1987 e setembro de 2007, meses que caracterizam a estação seca na área de estudo. A Tabela14 apresenta a distribuição absoluta e relativa dos valores de NDVI por classes para os anos considerados.

Pela Tabela, constata-se não ter havido alterações nos valores de NDVI nas classes Alta e Moderadamente Baixa, na classe Moderadamente Alta houve um pequeno aumento da ordem de 0,6 km<sup>2</sup>.

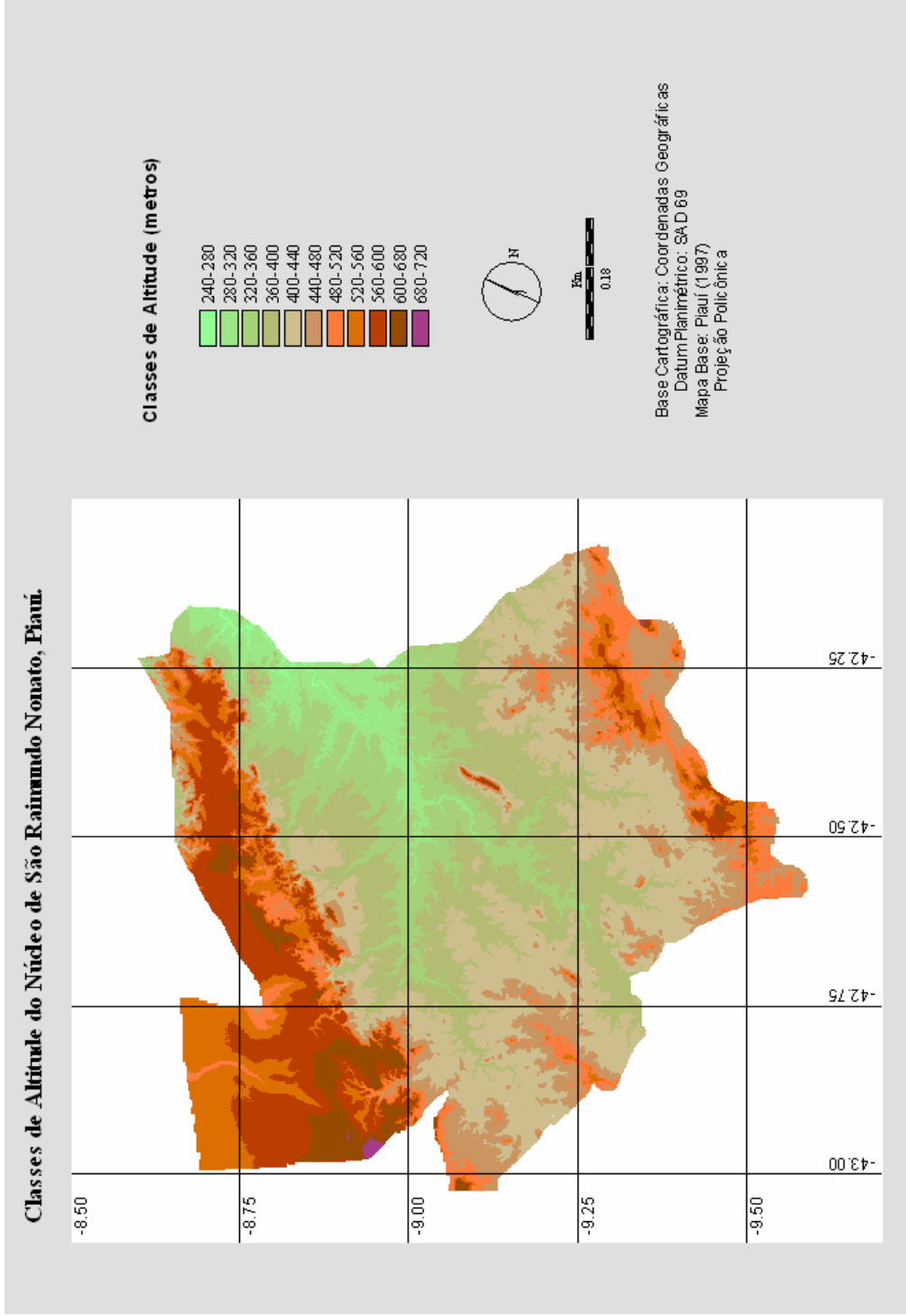
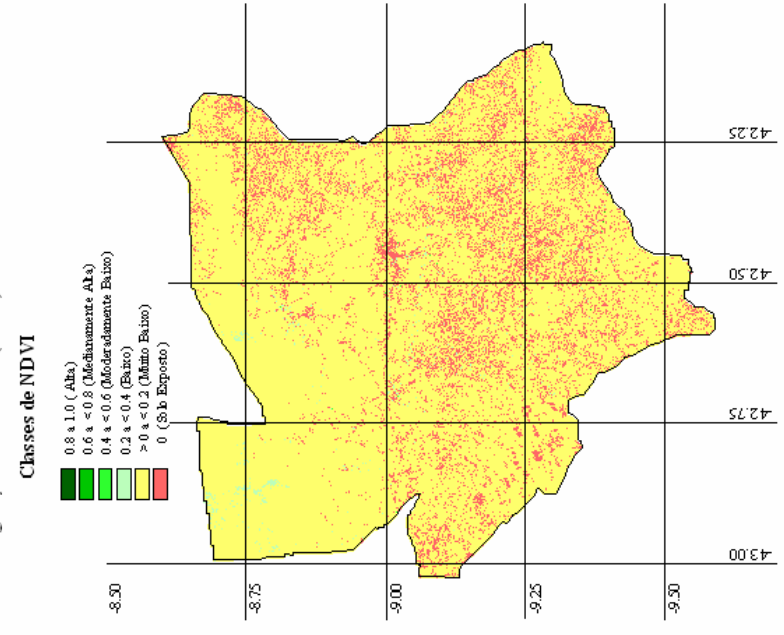
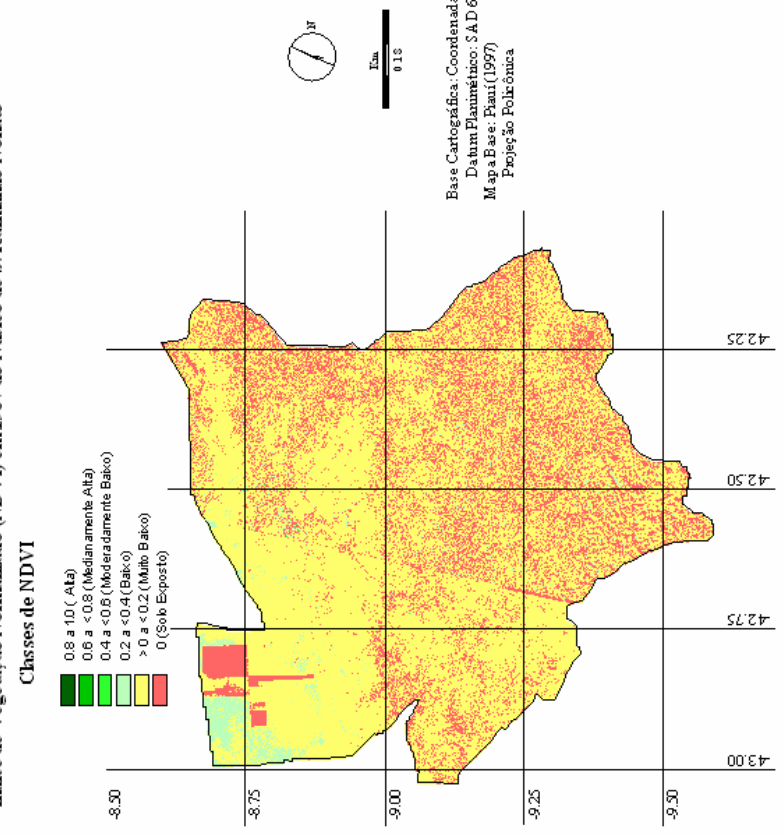


Figura 29 – Classes de Altitude do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) em 2007 do Núcleo de S. Raimundo Nonato



Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) em 1987 do Núcleo de S. Raimundo Nonato



**Figura 30 - Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) do Núcleo de São Raimundo Nonato. Comparação entre os anos de 1987 e 2007.**

Tabela 14 - Valores absolutos e relativos de NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos 1987 e 2007, com as respectivas classes de proteção.

Classes de Proteção (Faixa de NDVI)	Intervalo	Peso	Área no Nível (km <sup>2</sup> )		% da Área Total no Nível	
			1987	2007	1987	2007
(Alta)	0,8 a 1,0	1	0,12	0,12	---	---
(Moderadamente alta)	0,6 a < 0,8	2	0,28	0,22	---	---
(Moderadamente baixa)	0,4 a < 0,6	3	1,23	1,23	---	---
(baixa)	0,2 a < 0,4	4	223,56	51,87	3,2	0,7
(muito Baixa)	> 0 a < 0,2	5	5018,33	6007,93	71,8	86,0
Solo Exposto	≤ 0	6	1744,33	926,60	25,0	13,3
<b>Nível de Proteção da cobertura vegetal</b>					<b>15,7</b>	<b>17,5</b>
Índice V de Cramer = 0,4169						
Índice Kappa = 0,7680						

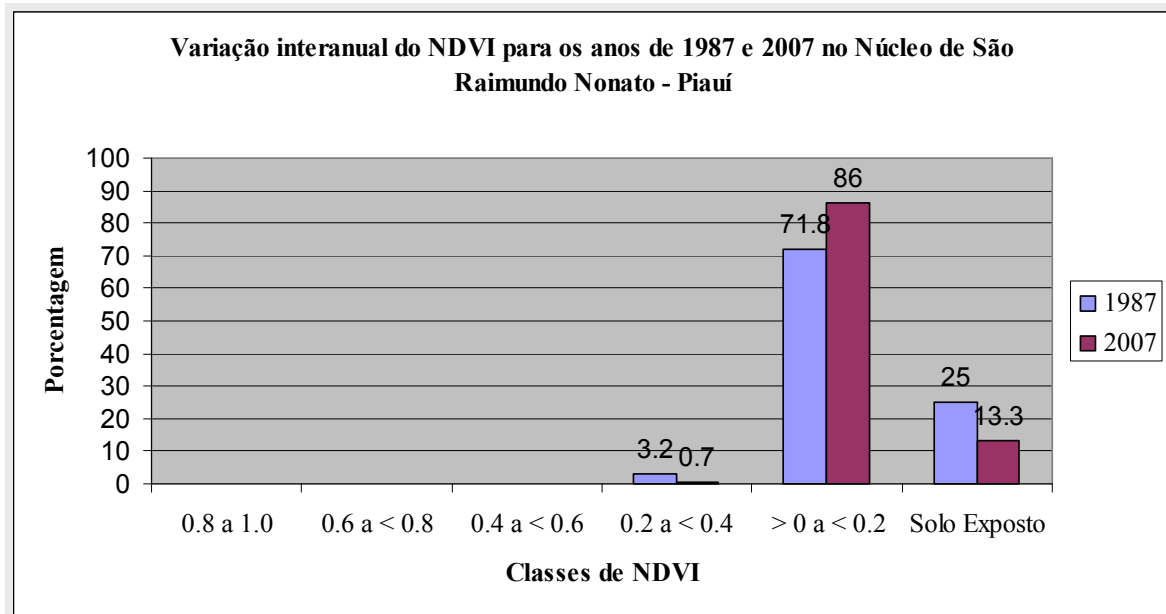
Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Mudanças mais significativas são constatadas nas classes de NDVI baixo, muito baixo e solo exposto. Houve decréscimo nas classes baixo de 3,2% para 0,7%; a classe muito baixa aumentou de 71,8% para 86,7% e na classe solo exposto verificou-se redução de 25% para 13,3%. O gráfico da Figura 31 permite visualizar as mudanças de NDVI destacadas acima.

As modificações observadas quantitativamente foram avaliadas através da função *CROSSTAB* do software *IDRISI*. Foram estimados os parâmetros *KAPPA* (k) e *CRAMER* (V). O parâmetro K fundamenta-se em critérios da análise multivariada e expressa o grau de concordância entre dois mapas temáticos (Ponzoni & Almeida, 1996). O coeficiente de Cramer indica nenhuma e perfeita correlação estatística entre as imagens. Esse dois parâmetros variam de 0 até 1, o valor 1,0 indica semelhança perfeita e o valor 0,0 indica diferença completa.



Figura 31 - Variação interanual (1987 e 2007) do NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato.



,O valor de *Kappa* obtido considerando os mapas temáticos de NDVI para o ano de 1987 e 2007 foi de 0,7680, este valor permite inferir uma semelhança considerável entre os mapas dos referidos anos confirmando as poucas modificações constatadas nas classes de NDVI estabelecidas para o Núcleo de São Raimundo Nonato. O Índice V de Cramer foi de 0,4169 evidenciando diferenças estatisticamente significativas nas imagens a nível de 5%.

De acordo com os dados da Tabela anterior, pode-se afirmar que de modo geral houve melhoria nos níveis de proteção vegetal na área de estudo entre os anos analisados, a proteção que em 1987 era de 15,7% passou para 17,5% em 2007.

A Tabela 15 permite relacionar as seis classes de NDVI para o ano de 1987 com as modificações sofridas pelas mesmas no ano de 2007.

Tabela 15 - Distribuição absoluta e relativa dos níveis de NDVI na Imagem de 1987 e seus correspondentes níveis na Imagem de 2007.

NDVI na Imagem 1987		Áreas (km <sup>2</sup> ) nos níveis de NDVI da Imagem 2007 correspondentes às áreas dos níveis de NDVI na Imagem de 1987						
Nível	Área / % no Nível	0,8 a 1,0	0,6 a < 0,8	0,4 a < 0,6	0,2 a < 0,4	> 0 a < 0,2	Solo Exposto	
0,8 a 1,0	Área (km <sup>2</sup> )	0,12	--	--	--	0,10	0,02	
	(%)	0,0	--	--	--	83,3	16,7	
0,6 a < 0,8	Área (km <sup>2</sup> )	0,28	--	--	0,02	0,22	0,04	
	(%)	0,0	--	--	7,1	78,6	14,3	
0,4 a < 0,6	Área (km <sup>2</sup> )	1,23	--	--	0,06	0,38	0,17	
	(%)	0,0	--	--	4,9	30,9	13,8	
0,2 a < 0,4	Área (km <sup>2</sup> )	223,56	--	0,02	0,12	10,82	18,29	
	(%)	3,2	--	0,0	0,1	4,8	8,2	
> 0 a < 0,2	Área (km <sup>2</sup> )	5018,37	0,09	0,11	0,63	30,24	4487,50	
	(%)	71,8	0,0	0,0	0,0	0,6	89,4	
Solo Exposto	Área (km <sup>2</sup> )	1744,33	0,03	0,09	0,42	10,33	1325,18	
	(%)	25	0,0	0,0	0,0	0,6	76,0	
<b>Totais na Imagem 2007</b>	Área (km <sup>2</sup> )		0,12	0,22	1,23	51,79	6007,94	
	(%)		0,0	0,0	0,0	0,7	86,0	

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Uma análise sucinta da Tabela 15 permite inferir que:

- A classe de solo exposto que em 1987 correspondia a 1744,33 km<sup>2</sup> em 2007 passa a seguinte distribuição: 0,03 km<sup>2</sup> na classe Alta; 0,09 km<sup>2</sup> na classe Moderadamente alta; 0,42 km<sup>2</sup> na classe Moderadamente baixa; 10,33 km<sup>2</sup> na classe baixa; 1325,18 km<sup>2</sup> na classe muito baixa e apenas 408,29 km<sup>2</sup> como solo exposto. Constata-se para esta classe (solo exposto) uma redução da área com consequente aumento da classe de muito baixa proteção (>0 a < 0,2), que passa a

ocupar 75,9% da classe do solo exposto constante em 1987, evidenciando a possível ocorrência de uma sucessão ecológica nesta classe.

- Para a classe de muito baixa proteção ( $> 0$  a  $< 0,2$ ) foram detectadas as seguintes mudanças: i) redução desta classe em 2007 passando de 5018,37 km<sup>2</sup> em 1987 para 4487,50 km<sup>2</sup>; ii) surgimento de uma área de 499,80 km<sup>2</sup> de solo exposto, correspondendo a 10% da referida classe.
- A classe de baixa proteção (0,2 a  $< 0,4$ ) também sofreu modificações conforme Tabela 16. Esta classe teve sua área reduzida de 223,56 km<sup>2</sup> para apenas 10,82 km<sup>2</sup>, com modificações significativas nas classes de muito baixa proteção e solo exposto. Estas passam em 2007 a ocupar 194,32 e 18,29 km<sup>2</sup>, o correspondente a 86,9% e 8,2% respectivamente.
- De modo geral, constata-se que na área de estudo a variabilidade interanual do NDVI de 1987 e de 2007 oscila de forma significativa entre 0,1 e 0,4. Estes valores são semelhantes aos obtidos em estudo de Braga et al.(2008) que analisando a variabilidade sazonal do NDVI na região Nordeste para o período de 1981 a 1991 constataram que os valores de NDVI oscilaram entre 0,15 e 0,62.

A distribuição das classes de proteção (NDVI) em km<sup>2</sup> por unidade geoambiental para os anos de 1987 e 2007 consta na Tabela 16.

Constata-se no ano de 1987 a presença significativa de grandes manchas de solo exposto em todas as unidades geoambientais, resultado da implantação de projetos de Cajucultura na região financiados pelo Fundo de Investimentos do Nordeste - FINOR que tinha como objetivo apoiar financeiramente empreendimentos privados instalados no Nordeste e partes dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo para fins de promoção do desenvolvimento econômico.

Tabela 16 – Distribuição percentual das classes de NDVI nas unidades geoambientais nos anos 1987 e 2007, com as respectivas classes de proteção.

Classes de Proteção (Faixa de NDVI)	Pesos	Ocorrência nas Unidades Geoambientais (%) *				
		1987				
		SCS	SCC	PF	SP	VP
(Alta)	1	--	--	--	--	--
(Moderadamente alta)	2	--	--	--	--	--
(Moderadamente baixa)	3	--	--	--	--	--
(baixa)	4	9,0	1,5	1,3	1,4	3,7
(muito Baixa)	5	79,0	65,6	67,8	71,0	68,5
Solo Exposto	6	12,0	32,9	30,9	27,6	27,8
Classes de Proteção (Faixa de NDVI)	Pesos	Ocorrência nas Unidades Ambientais (%) *				
		2007				
		SCS	SCC	PF	SP	VP
(Alta)	1	--	--	--	--	--
(Moderadamente alta)	2	--	--	--	--	--
(Moderadamente baixa)	3	--	--	0,1	--	--
(baixa)	4	1,4	0,3	0,7	0,5	0,3
(muito Baixa)	5	96,3	87,4	81,3	82,2	89,9
Solo Exposto	6	2,3	12,3	17,9	16,9	9,9
* SCS - Superfície Conservada Sedimentar; SCC - Superfície Conservada Cristalina; PF - Planície Fluvial; SP - Superfície Pediplanada; VP - Vales Pedimentados e interplanálticos.						
Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.						

Segundo Martins & Costa (2005), no Nordeste são encontrados os maiores bosques de cajueiro, sendo que 92% da plantação concentra-se nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí. Os autores (*Op.cit.*) consideram que a cultura do caju representa uma das principais atividades geradoras de emprego e renda no Nordeste, sobretudo porque a colheita é realizada na entressafra de culturas tradicionais (milho, algodão, feijão, mandioca, etc.), evitando assim o êxodo para os centros urbanos.

Martins & Costa (*Op.cit.*) afirmam que, em razão do baixo nível tecnológico no processo produtivo, bem como, de problemas de comercialização, a cajucultura entrou em crise, culminando com o abandono de projetos que haviam sido financiados pelo FINOR a exemplo do que aconteceu com a empresa Fontenelli (Figura 32). Os dados da Tabela 14 remetem a inferências de que o abandono das atividades da fazenda Fontenelli tenha favorecido a recuperação da vegetação aumentando a percentagem de área recoberta por um complexo vegetacional do tipo herbáceo com graus variados de cobertura e exposição do solo.

Figura 32 - Instalações abandonadas da Fazenda Fontenelli no município de São RaimundoNonato.



Fonte: pesquisa direta, Aquino (Julho/2007).

Os dados da Tabela 17 permitem constatar para o ano de 1987 uma maior concentração de solo exposto nas seguintes unidades geoambientais: Superfície Conservada Cristalina, Planície Fluvial, Vales Pedimentados e Interplanálticos e Superfície Peditplanada. Em 2007 constata-se um decréscimo significativo da área de

solo exposto em todas as unidades geoambientais. As maiores ocorrências de solo exposto em 2007 são constatadas na Planície Fluvial e na Superfície Pediplanada.

A presença de solo exposto de forma mais significativa nas referidas unidades geoambientais (Planície Fluvial e na Superfície Pediplanada) resulta da ampla utilização destas áreas no Nordeste para desenvolvimento das tradicionais atividades agrícolas e pastoris. No caso dos vales fluviais, Ab' Saber (1990) afirma que estes não alcançam mais do que 2% do espaço total da região, encontrando-se hoje extensivamente degradados.

Vale ressaltar que as variações interanuais de NDVI não necessariamente indicam processos de degradação por antropismo, posto que, fatores abióticos como o clima, têm grande influência sobre a vegetação, fator determinante na atenuação ou aceleração dos processos erosivos.

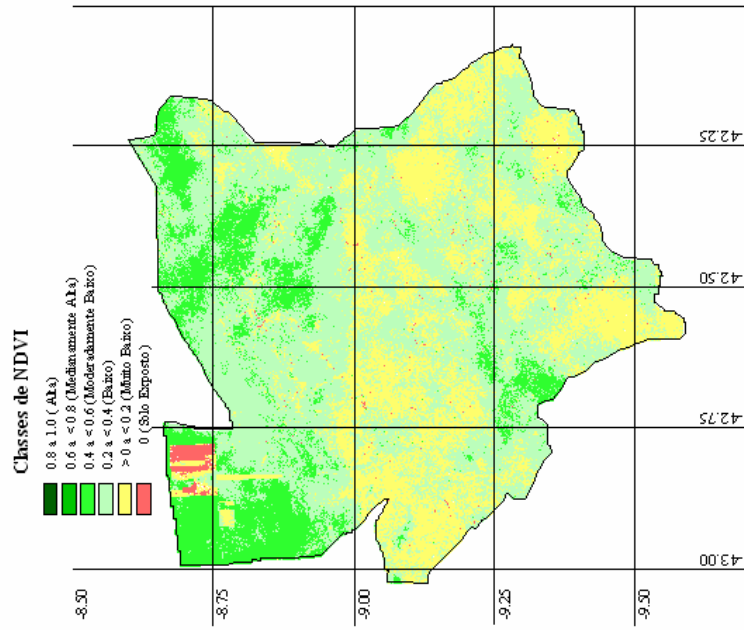
#### 6.2.6 DINÂMICA SAZONAL DO NDVI

Santos & Negri (1997) afirmam a estreita correlação do NDVI com variáveis climáticas tais como a precipitação e a temperatura da superfície terrestre. As oscilações entre as estações secas e úmidas durante o ano e entre os diferentes anos, com condições de maior ou menor secura, influenciam de forma direta o comportamento fenológico das plantas.

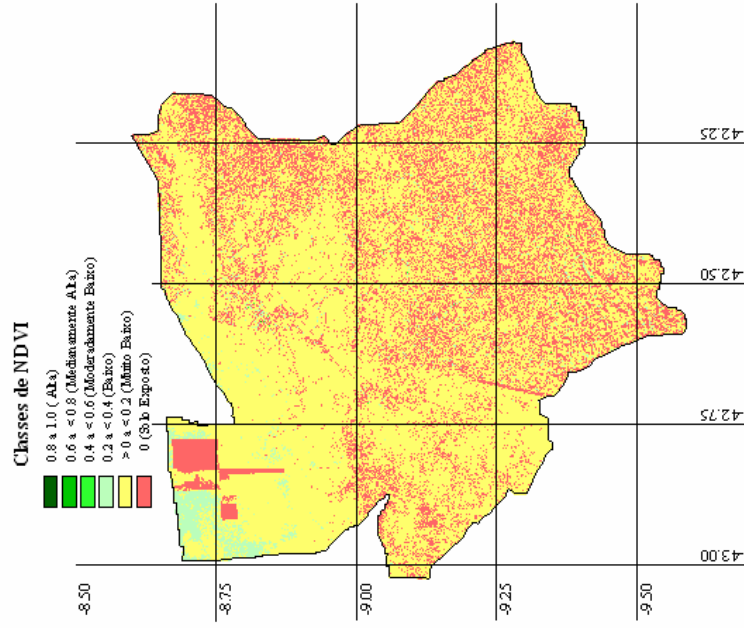
Santos & Negri (*Op.cit.*) consideram que no Nordeste brasileiro as mudanças na fisionomia da vegetação estão associadas a mudanças na precipitação, ou seja, ao longo do ano o NDVI apresenta valores mais elevados próximos a 1 na estação chuvosa e valores menores na estação seca. Partindo desta premissa realizou-se comparação entre os valores de NDVI, obtidos a partir de imagens orbitais dos meses de maio e junho do ano de 1987, com imagens de outubro do mesmo ano. A figura 33 apresenta a distribuição espacial dos níveis de NDVI para a área de estudo nos meses de (maio/junho e outubro) de 1987.

Na Tabela 17 são apresentados os valores absolutos e relativos de NDVI nos meses de maio/junho e outubro de 1987 nas classes de proteção ocorrentes.

**Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) do Núcleo de S. Raimundo Nonato**  
**Dados do fim da estação chuvosa - Imagens de Maio de 1987**



**Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) do Núcleo de S. Raimundo Nonato**  
**Dados da estação seca - Imagens de Agosto / Setembro de 1987**



**Figura 33 - Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) do Núcleo de S. Raimundo Nonato. Comparação entre fim da estação chuvosa (Maio) e estação seca (Agosto / Setembro) do ano de 1987.**

Tabela 17 - Valores absolutos e relativos de NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato no ano de 1987 nos meses de maio/junho e outubro com as respectivas classes de proteção e peso.

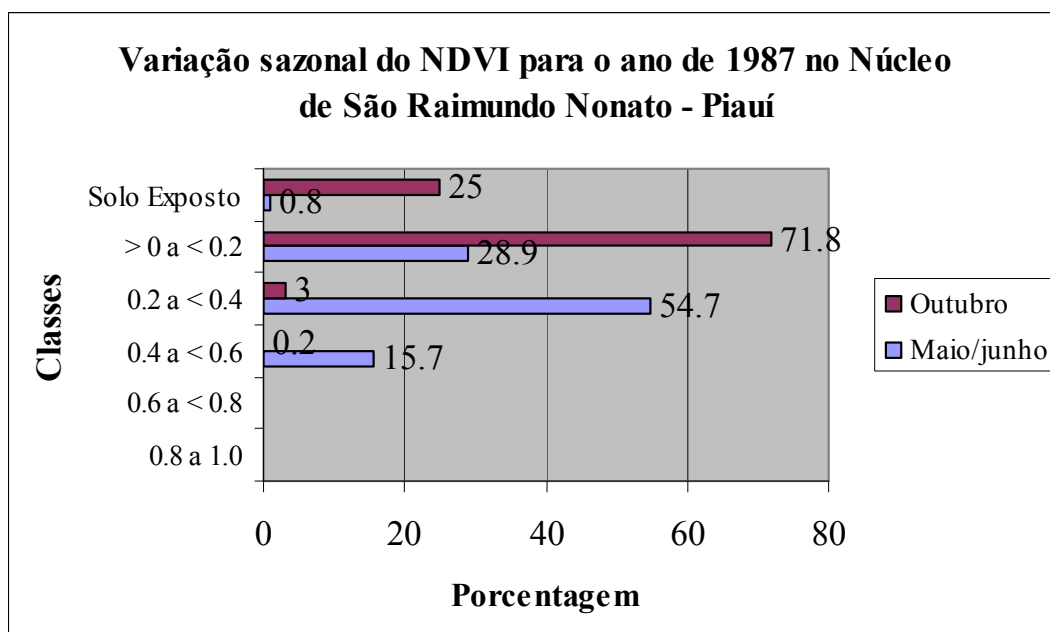
Classes de Proteção (Faixa de NDVI)	Intervalo	Peso	Área no Nível (km <sup>2</sup> )		% da Área Total no Nível	
			Maiou/ junho	Outubro	Maiou/ junho	Outubro
(Moderadamente baixa)	0,4 a < 0,6	3	1095,1	1,23	15,7	0,2
(baixa)	0,2 a < 0,4	4	3816,1	223,6	54,7	3,0
(muito Baixa)	> 0 a < 0,2	5	2013,8	5018,4	28,9	71,8
Solo Exposto	0	6	54,9	1744,3	0,8	25

Índice V de Cramer = 0,4282  
Índice Kappa = 0,4506  
Grau liberdade = 36

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

A Figura 34 permite a comparação visual dos valores percentuais das classes de NDVI obtidas entre os diferentes meses (maio/junho e outubro) de 1987.

Figura 34 - Variação sazonal (maio/junho e outubro) do NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato.





Os dados permitem inferir uma redução expressiva de solo exposto, em função do aumento das precipitações, que ocasiona o aparecimento de espécies vegetais anuais. Esta classe em outubro (estiagem) ocorre em 25% da área de estudo, em maio (fim período chuvoso) passa a representar apenas 0,8%. A classe de muito baixa proteção (>0 a <0,2) em outubro recobria 71,8% da área, em maio recobre apenas 28,9%. Da redução das classes anteriormente apresentadas resultou o incremento de 51,7% e de 15,5% das classes de baixa proteção (0,2 a < 0,4) e moderadamente baixa proteção (0,4 a < 0,6) evidenciando um aumento da atividade fotossintética e consequente aumento da densidade foliar neste período, que exhibe matas verdejantes no período chuvoso e desfolhadas na estação seca.

Os resultados obtidos coadunam a afirmativa de Santos & Negri (*Op.cit.*) e ainda a de Oliveira et al. (2006) que, analisando os padrões de variações e comportamentos sazonais e interanuais da vegetação para várias regiões do país, constataram para o Piauí e Ceará um maior vigor da vegetação nos meses chuvoso (fevereiro a abril) e a queda deste vigor nos meses secos (agosto a outubro) evidenciando os diferenciados processos fenológicos das espécies da caatinga. Estes resultados reafirmam a ideia de Monteiro (1971) de que a cobertura vegetal é modificada durante o ano de acordo com as variações das precipitações.

### 6.2.7 RISCO DE DEGRADAÇÃO FÍSICA E DEGRADAÇÃO EFETIVA NO NÚCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO.

O mapeamento do risco de degradação física e da degradação efetiva indica as áreas com diferentes níveis de comprometimento ambiental nas unidades geoambientais: Superfície Conservada Sedimentar, Superfície Conservada Cristalina, Planície Fluvial, Superfície Pediplanada e Vales Pedimentados e Interplanálticos. Assim, quanto maior o risco físico de degradação nas unidades geoambientais consideradas, mais vulneráveis serão as mesmas aos processos de desertificação.

#### 6.2.7.1 Risco de Degradação física

Como afirmado anteriormente para a estimativa do risco de degradação física e consequente avaliação da fragilidade da área de estudo a processos de desertificação,

fora aplicada a metodologia de Beltrame (1994) conforme discutido no capítulo 5 considerando a combinação dos seguintes indicadores: IC – Índice Climático (Índice Efetivo de Umidade e Meses Secos); R – erosividade da chuva; K – erodibilidade dos solos e D – Declividade.

A análise do risco de degradação física será realizada considerando inicialmente a área total, seguida de uma análise comparativa considerando as unidades geoambientais proposta na Figura 21.

A Figura 35 resultante da combinação dos fatores IC, R, K, e D, apresenta a distribuição espacial do risco de degradação física na área de estudo. A distribuição relativa das classes de risco propostas é a seguinte: em 8,3% da área o risco é baixo, em 81% o risco é moderado e em 10,7% o risco é alto. A constatação de que em 91,7% da área de estudo o risco varia de moderado a alto é reforçada pela afirmativa de Conti (2003) que considera que os elementos do meio físico nos trópicos possuem, via de regra fragilidades exibindo assim um equilíbrio precário, que em face de desestabilizações no meio podem acentuar a sua degradação.

A Tabela 18 apresenta as unidades geoambientais identificadas na área de estudo com a respectiva percentagem de ocorrência nas classes de risco de degradação física.

Tabela 18 - Unidades geoambientais identificadas na área de estudo com a respectiva percentagem de ocorrência nas classes de risco de degradação física.

Unidades ambientais	% de ocorrência nas Classes de Risco		
	Baixo	Médio	Alto
Superfície Conservada Sedimentar	0,1	84,4	15,5
Superfície Conservada Cristalina	28,7	69,3	2,0
Planície Fluvial	0,3	77	22,7
Superfície Pediplanada	11,9	84,5	3,7
Vales Pedimentados e Interplanálticos	--	24,3	75,7

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

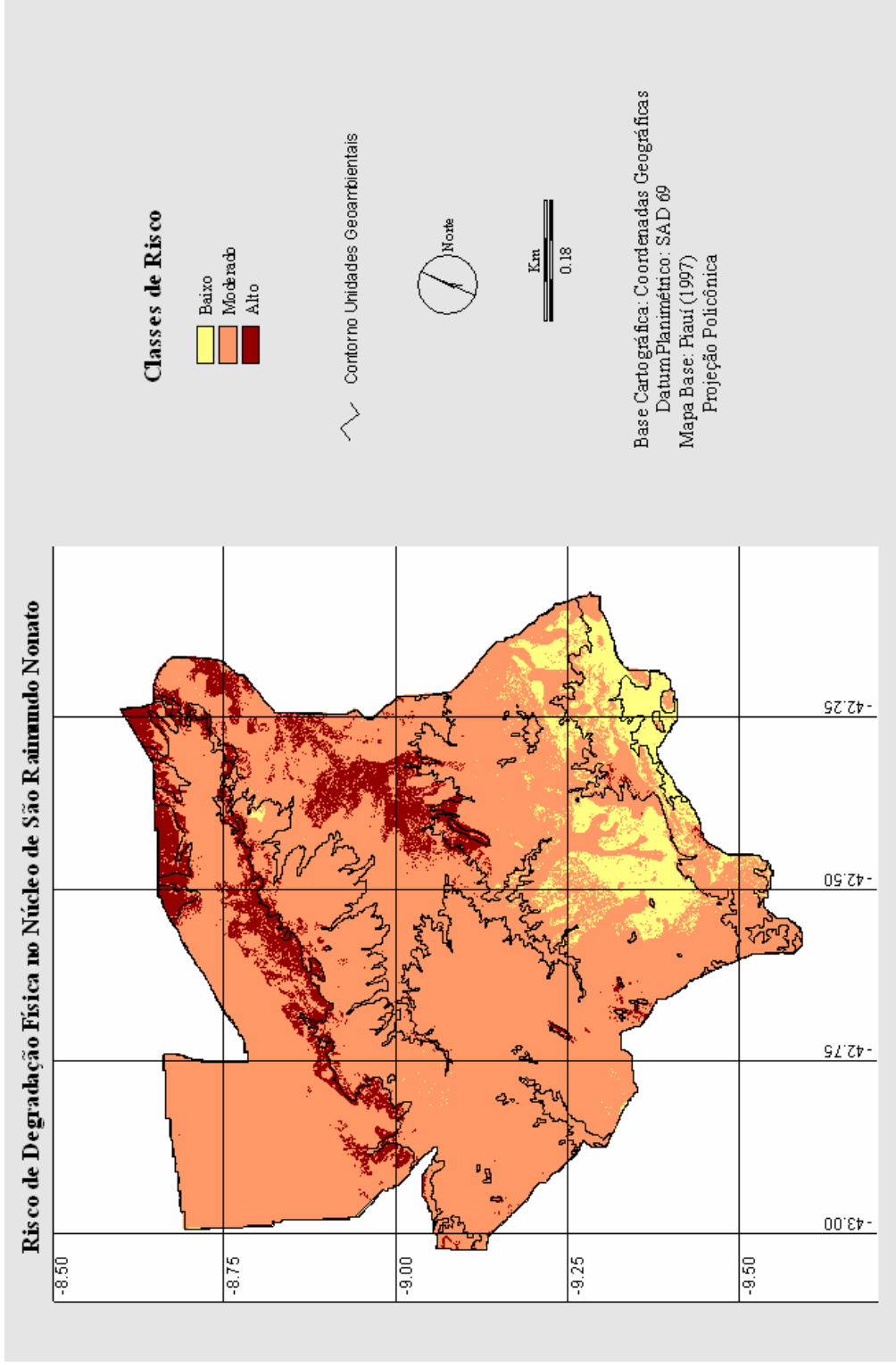


Figura 35 – Risco de degradação Física no Núcleo de São Raimundo Nonato.

Constata-se o predomínio das classes de risco de degradação física médio e alto. A unidade Vales Pedimentados e Interplanálticos apresenta em toda a sua extensão risco de degradação física média e alta, isso devido à significativa contribuição dos indicadores Erodibilidade dos Solos e Erosividade das Chuvas. Em 85,1% desta unidade geoambiental as associações de solos encontradas (R18 e R20) apresentam erodibilidade moderadamente alta e alta e em 92,6% de sua extensão a erosividade é alta, alia-se a estes aspectos o fator declividade.

Na Superfície Conservada Sedimentar, 99,9% de sua extensão geográfica apresenta risco de degradação médio e alto, decorrente de altos valores de erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, bem como, da declividade, esta última potencializa os demais fatores.

Na Planície Fluvial 99,7% da área apresenta risco de degradação física moderada e alta, sendo o Índice Climático o indicador que mais contribui para este risco em face do predomínio das classes de moderada, alta e muito alta severidade climática.

A indicação da Planície Fluvial como área de elevada fragilidade natural é motivo de preocupação, tendo em vista a intensa interferência humana nestas áreas para desenvolvimento de atividades agropastoris que podem desencadear degradação da vegetação e dos solos culminando com a formação de núcleos de desertificação.

A Tabela 19 permite uma análise da contribuição de cada indicador utilizado na estimativa do risco de degradação física nas unidades geoambientais da área de estudo.

Empregando-se as médias ponderadas de cada indicador na fórmula descritiva de Beltrame (1994), observa-se pela tabela 19 que o risco de gradação física da área total (0 a 100%) é de 32,3%. Entre as unidades geoambientais, os Vales Pedimentados e Interplanálticos a Superfície Conservada Sedimentar e a Planície Fluvial são as que apresentam maior risco de degradação física 57,99%, 34,53 e 33% respectivamente. Os resultados indicam serem estas áreas naturalmente frágeis com predomínio de morfogênese mais acentuada especialmente no tocante aos aspectos pedológicos, climáticos e altimétricos.

Tabela 19 - Contribuição absoluta e relativa dos indicadores empregados na estimativa do Risco de Degradação física das unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Unidades Geoambientais	Participação ponderada e relativa dos componentes do risco de Degradação Física					
	R	K	D	IC	Somatório da ponderação dos índices usados na formula descritiva	Índice de degradação física (%)
SCS	3.868 (39,2%)	2.674 (27,1%)	2.050 (20,8%)	1.280 (13%)	9.872	34.53
SCC	2.337 (29,4%)	2.014 (25,3%)	2.592 (32,6%)	1.017 (12,8%)	7.960	23.29
PF	2.394 (24,9%)	2.199 (22,9%)	2.165 (22,5%)	2.855 (29,7%)	9.613	33.0
SP	2.830 (31,7%)	2.681 (30,1%)	1.958 (21,9%)	1.452 (16,3%)	8.921	28.94
VP	3.926 (28,3%)	4.322 (31,2%)	3.445 (24,9%)	2.168 (15,6%)	13.861	57.99
Toda área	2,973 (31,3%)	2,785 29,3%	2,088 22,0%	1,645 17,3%	9.491	32.3

\* SCS - Superfície Conservada Sedimentar ; SCC - Superfície Conservada Cristalina ; PF - Planície Fluvial ; SP - Superfície Pediplanada; VP - Vales Pedimentados e interplanálticos.

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

#### 6.2.7.2 Degradação Efetiva

A partir da afirmativa de Bertrand (2004) de que a vegetação é uma verdadeira síntese do meio, bem como, a de Vasconcelos Sobrinho (1978) para quem o indicador biológico-agrícola mais importante da desertificação, são as modificações que sofre a cobertura vegetal de plantas perenes durante a estação seca, a degradação efetiva do Núcleo de São Raimundo Nonato será analisada considerando além dos indicadores (IC, R, K e D) o emprego do NDVI dos anos de 1987 e 2007, objetivando avaliar o papel da cobertura vegetal na atenuação ou acentuação da degradação do ambiente no Núcleo de São Raimundo Nonato.

A Figura 36 apresenta a distribuição da degradação efetiva na área de estudo nos anos de 1987 e 2007. Uma análise das referidas figuras permite inferir que diferentemente do risco de degradação física, na análise da degradação efetiva a classe baixa não é evidenciada, ou seja, aparecem apenas as classes de média e alta degradação efetiva. Em 1987 a distribuição nas classes de degradação efetiva média e alta era de 70% e 30% respectivamente. Em 2007 a distribuição é a seguinte: 71% e 29% nas classes de média e alta degradação efetiva. Constatam-se modificações muito sutis no sentido de uma melhoria na condição do ambiente, visto um decréscimo na classe de alta degradação efetiva que em 1987 era de 30% e em 2007 passa a 29%, uma redução de 1%, daí afirmamos que a área apresenta uma situação de equilíbrio dinâmico.

Na Tabela 20, é possível analisar as modificações nas classes de degradação efetiva das unidades geoambientais nos anos de 1987 e 2007.

Tabela 20 - Distribuição relativa das classes de degradação efetiva nas unidades geoambientais da área de estudo em 1987 e 2007.

Unidades geoambientais*	% de ocorrência nas classes de degradação efetiva em 1987			% de ocorrência nas classes de degradação efetiva em 2007		
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
SCS	--	68,2	31,8	--	68,9	31,1
SCC	--	85,1	14,9	--	87,7	12,3
PF	--	42,5	57,5	--	44,1	55,9
SP	--	80,0	20,0	--	81,5	18,5
VP	--	2,3	97,3	--	2,4	97,6

\* SCS - Superfície Conservada Sedimentar; SCC - Superfície Conservada Cristalina; PF - Planície Fluvial ; SP - Superfície Pediplanada; VP - Vales Pedimentados e interplanálticos.

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Assim como na análise do risco de degradação física, as unidades geoambientais que evidenciaram maior degradação efetiva nos anos de 1987 e 2007 foram os Vales Pedimentados e Interplanálticos, a Planície Fluvial e a Superfície Conservada Sedimentar. Os Vales Pedimentados e Interplanálticos em sua totalidade integram o Parque Nacional da serra da Capivara, considerados os mesmos áreas inacessíveis, em função da significativa presença de desfiladeiros.

Nas áreas de degradação efetiva alta é notória a presença de solo exposto, intensa pedregosidade, reduzida cobertura vegetal e por vezes a existência de voçorocas

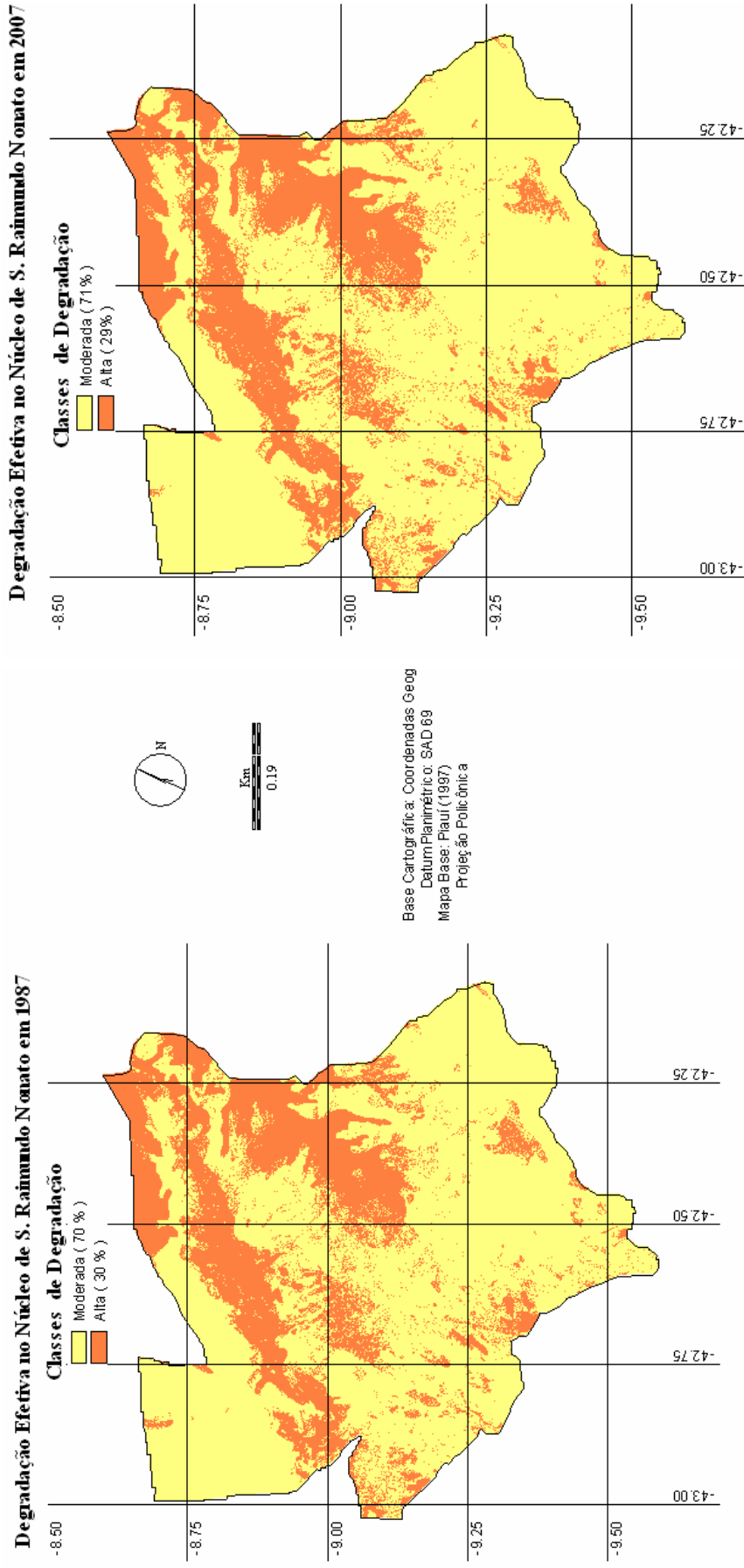


Figura 36 - Degradação Efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato. Comparação entre os anos de 1987 e 2007.

evidenciando intensa atividade erosiva na área, que culmina com o predomínio de processos morfogenéticos e indícios de processo de desertificação, conforme Figuras 37, 38 e 39. Estas áreas podem ser caracterizadas como instáveis segundo classificação de Tricart (1977).

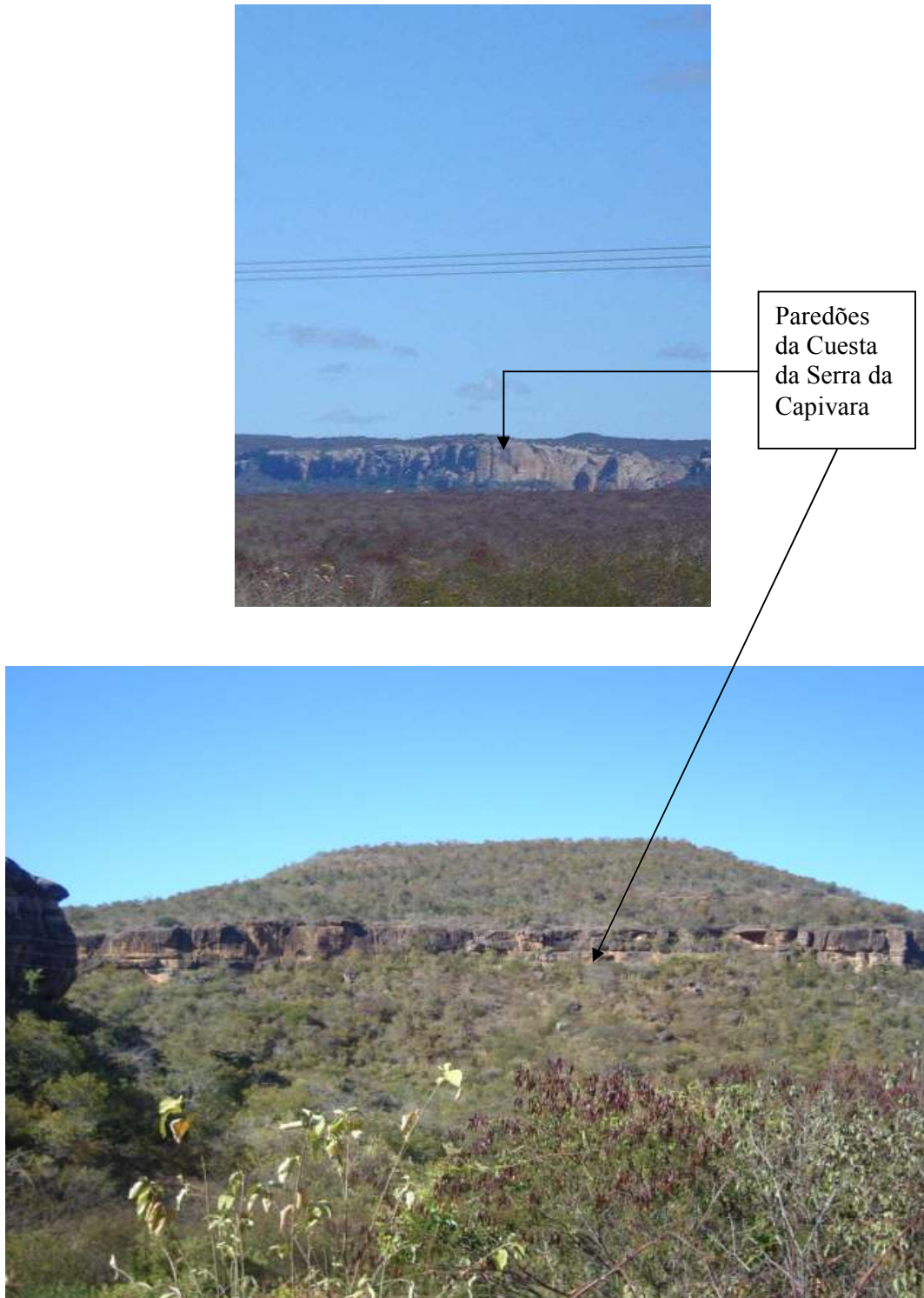


Figura 37 – *Front da cuesta* na área do Parque Nacional Serra da Capivara, onde se observam os paredões completamente desnudados, evidenciando ausência de vegetação e alto declive o que confere alta degradação à unidade Superfície Conservada Sedimentar.





Solo exposto e vegetação rala no Vale Fluvial, utilizada para pecuária.



Solo exposto, recoberto por pedregosidade, circundada por vegetação arbustiva no Vale Fluvial.



Área de relevo movimentado na unidade Vales Pedimentados e Interplanáticos, exibindo cobertura vegetal rala, solo exposto e voçorocas.



Voçorocas presentes na unidade Vales Pedimentados e Interplanáticos

Figura 38 – Degradação Efetiva Alta com indícios de processo de desertificação em diferentes Unidades Geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.



Figura 39 – Solo exposto recoberto por pedregosidade na unidade Superfície Pedimentada evidenciando uma vasta área de erosão e alta degradação efetiva.

As áreas de degradação efetiva moderada exibem uma vegetação de porte mais expressivo representado em sua maioria por espécies características de uma caatinga arbustiva densa, sobretudo nas áreas de maior disponibilidade hídrica e de solos mais profundos a exemplo da Superfície Conservada Sedimentar e áreas restritas da Superfície Pedimentada, conforme Figura 40.

Nas áreas onde a degradação efetiva é moderada, o ambiente segundo classificação de Tricart (1977) pode ser caracterizado como de transição podendo haver predomínio de processos morfogenéticos (meios instáveis) ou pedogenético (meios estáveis). A inexistência de ambientes estáveis na área de estudo resulta da limitação hídrica que impede o intemperismo químico e o consequente aumento da espessura do solo.



Caatinga arbustiva densa na Superfície Conservada Sedimentar.



Caatinga arbustiva densa na Superfície Conservada Sedimentar, área de entorno da Serra da Capivara.



Caatinga arbustiva densa na Superfície Pedimentada.

Figura 40 – Degradação Efetiva Moderada em diferentes Unidades Geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.

A ausência de baixo risco de degradação física, bem como, de baixa degradação efetiva no Núcleo de São Raimundo Nonato, acredita-se resultar da elevada variabilidade espacial e temporal da precipitação, bem como dos consequentes índices climáticos já apresentados, que caracterizam a área como de elevada severidade climática, e tende a repercutir em uma vegetação rarefeita e pouco eficiente do ponto de vista de proteção do solo.

A contribuição percentual de cada indicador utilizado na estimativa da degradação efetiva nas unidades geoambientais da área de estudo, bem como, o índice de degradação efetiva para cada unidade geoambiental, nos anos considerados são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Análise da contribuição absoluta e relativa dos indicadores empregados na estimativa da degradação efetiva das unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos 1987 e 2007.

Unidades Geoambientais*	Ponderação e contribuição percentual dos componentes do Índice de Degradação efetiva ano 1987						
	R	K	D	IC	NDVI	Somatório dos índices	Índice degradação efetiva (%)
PF	2.394 (16,1%)	2.199 (14,8%)	2.165 (14,5%)	2.855 (19,2%)	5.295 (35,5%)	14.908	45.08
SCS	3.868 (26,0%)	2.674 (17,9%)	2.050 (13,8%)	1.280 (8,6%)	5.029 (33,7%)	14.901	45.05
SCC	2.337 (17,6%)	2.014 (15,2%)	2.592 (19,5%)	1.017 (7,7%)	5.314 (40,0%)	13.274	37.65
SP	2.830 (20,0%)	2.681 (18,9%)	1.958 (13,8%)	1.452 (10,2%)	5.261 (37,1%)	14.182	41.78
VP	3.926 (20,6%)	4.322 (22,6%)	3.445 (18,0%)	2.168 (11,3%)	5.241 (27,4%)	19.102	64.16
Toda área	2,973 (20,2%)	2,785 (18,9%)	2,088 (14,2%)	1,645 (11,2%)	5,217 (35,5%)	14.708	44,17

Unidades Geoambientais*	Ponderação e contribuição percentual dos componentes do Índice de Degradação efetiva ano 2007						
	R	K	D	IC	NDVI	Somatório dos índices	Índice degradação física (%)
PF	2.394 (16,2%)	2.199 (14,9%)	2.165 (14,6%)	2.855 (19,3%)	5.171 (35%)	14.784	44.52
SCS	3.868 (26%)	2.674 (18,0%)	2.050 (13,8%)	1.280 (8,6%)	5.008 (33,7%)	14.880	44.95
SCC	2.337 (17,8%)	2.014 (15,3%)	2.592 (19,8%)	1.017 (7,7%)	5.164 (39,3%)	14.085	41.34
SP	2.830 (20,2%)	2.681 (19,1%)	1.958 (13,9%)	1.452 (10,3%)	5.120 (36,5%)	13.080	36.76
VP	3.926 (20,7%)	4.322 (22,8%)	3.445 (18,2%)	2.168 (11,4%)	5.096 (26,9%)	18.957	63.50
Toda área	2,973 (20,3%)	2,785 (19,1%)	2,088 (14,3%)	1,645 (11,3%)	5,125 (35,1%)	14.616	43,75

\* PF - Planície Fluvial; SCS - Superfície Conservada Sedimentar; SCC - Superfície Conservada Cristalina; SP - Superfície Pediplanada; VP - Vales Pedimentados e interplanálticos.

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Os dados da Tabela 21 evidenciam:

- Um aumento da degradação efetiva, quando comparado ao risco de degradação apenas físico. O risco de degradação física para a área em sua totalidade era de 32,29%, considerando o índice de cobertura vegetal, este índice de degradação passa a 44,17% em 1987 decaindo para 43,75% em 2007, evidenciando assim a importância do indicador cobertura vegetal, que no caso da área de estudo em face do caráter xerofítico das plantas tende a acentuar a morfogênese e o consequente desencadeamento da degradação.
- A indicação de maior degradação efetiva nos anos de 1987 e 2007, nos Vales Pedimentados e Interplanálticos, na Planície Fluvial e na Superfície Conservada Sedimentar, resulta do predomínio nestas unidades das classes de solo exposto e de muito baixa proteção vegetal (NDVI), conforme dados já apresentados na Tabela 15.
- Com a inserção do indicador de cobertura vegetal, o NDVI passa a se sobressair frente aos demais, reafirmando a importância da vegetação no desencadeamento ou aceleração de processos de degradação do meio físico e biótico.
- A comparação entre os índices de degradação efetiva em 1987 e 2007 são respectivamente de 44,17% e 43,75% permitindo afirmar o predomínio de uma situação de equilíbrio dinâmico, com tendência a “recuperação” do ambiente, consequência da regeneração da cobertura vegetal. Vale ressaltar ser o período analisado curto, e revelador apenas de um momento recente da história do Núcleo de São Raimundo, posto que como defendem Coimbra Filho & Câmara (1996) o processo de ocupação e uso da terra instalados por colonizadores europeus em todo o Nordeste provocaram drásticas alterações ambientais.
- A discussão dos resultados indica as áreas com diferentes riscos de degradação física e degradação efetiva, consequentemente as que apresentaram maior degradação efetiva são as mais propensas ao desencadeamento e/ou intensificação de processos de desertificação.

## **7. DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL, DO USO DA TERRA E DOS ASPECTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DO NÚCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO.**

### **7.1. DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DA TERRA NOS ANOS DE 1987 e 2007**

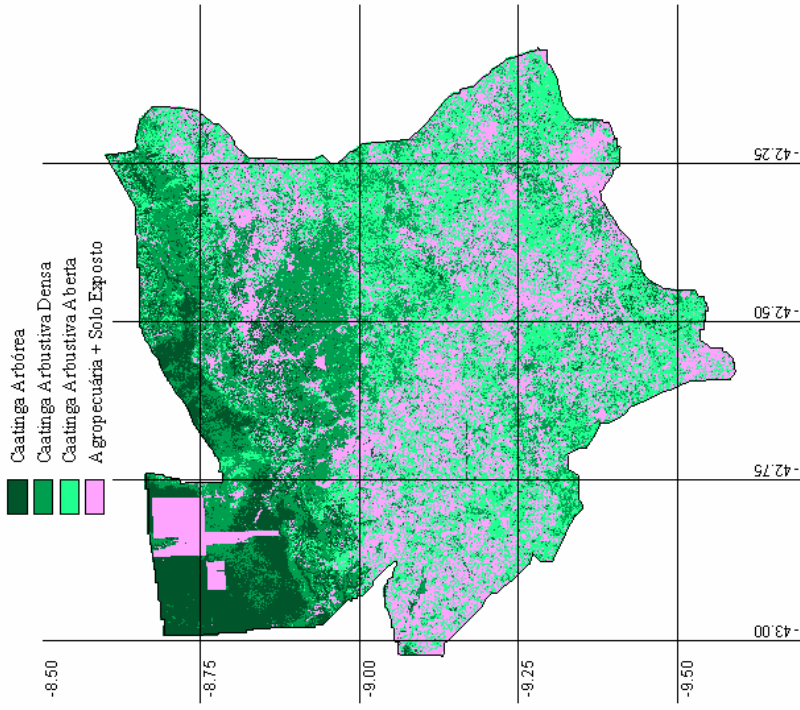
Considerando a afirmativa de Brasil (2004), de que o uso e ocupação das terras secas ao longo de várias décadas tem contribuído para o estabelecimento dos processos de desertificação e determinado a velocidade de sua ocorrência, esta parte do trabalho objetivará estabelecer relações entre os tipos de cobertura vegetal, o uso da terra e o NDVI, dados estes obtidos a partir de técnicas de sensoriamento remoto com informações de produção agrícola e pecuária em uma perspectiva multitemporal, para fins de avaliação da degradação efetiva do Núcleo de São Raimundo Nonato.

As fácies de cobertura vegetal identificadas, considerando a estratificação (distribuição das plantas conforme suas alturas) e ainda a densidade entre as espécies, foram: caatinga arbórea, caatinga arbustiva densa, caatinga arbustiva aberta e agropecuária + solo exposto. O fato de as áreas utilizadas para agricultura e pecuária na estação seca exibirem em sua maioria a presença de solo exposto identificadas nas imagens como sendo as áreas mais claras, justifica a junção destas duas categorias em uma única classe.

A Figura 41 apresenta a distribuição espacial dos tipos de cobertura vegetal e uso da terra para os anos de 1987 e 2007.

Com base nesta Figura, constata-se para o ano de 1987 a seguinte distribuição espacial entre as classes: 12,0% caatinga arbórea, 24,9% caatinga arbustiva densa, 32,0% caatinga arbustiva aberta e 31,1% agropecuária + solo exposto. Para o ano de 2007 a distribuição das fácies apresentadas anteriormente é a seguinte: 4,9%, 39,3%, 29,0% e 26,8% respectivamente.

Formações Vegetais e Uso da Terra no Núcleo de S Raimundo Nonato, 1987  
Tipos de Cobertura Vegetal e Uso da Terra



Formações Vegetais e Uso da Terra no Núcleo de S Raimundo Nonato, 2007  
Tipos de Cobertura Vegetal e Uso da Terra

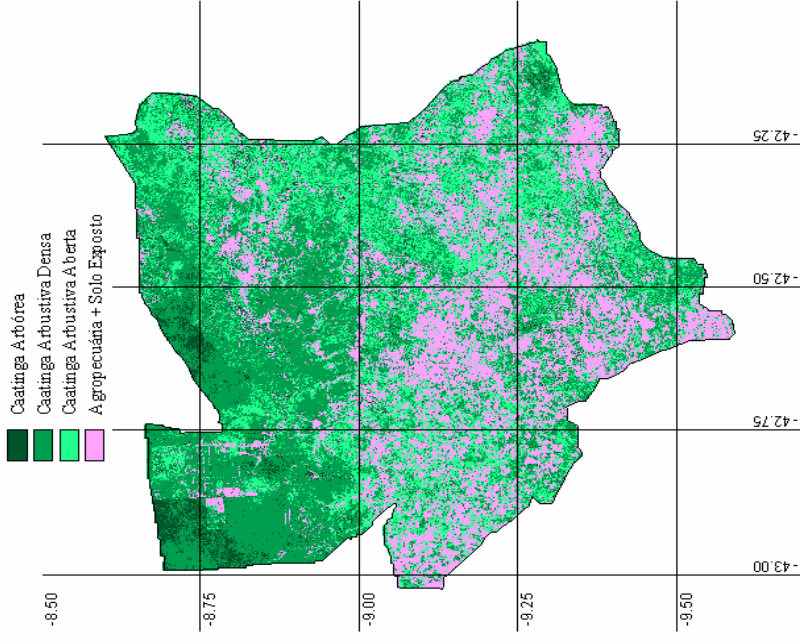


Figura 41 - Formações Vegetais e Uso da Terra no Núcleo de S. Raimundo Nonato. Comparação entre os anos de 1987 e 2007.

A Tabela 22 apresenta a distribuição das fácies vegetacionais identificadas nas diferentes unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Tabela 22 - Distribuição absoluta e relativa dos tipos de vegetação/uso da terra nas unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1987 e 2007.

Unidades geoambientais*			Tipos de Vegetação/uso da terra 1987			
			Arbórea	Arbustiva Densa	Arbustiva Aberta	Agropecuária + solo Exposto
SCS*	Área (Km <sup>2</sup> )	1.615,2	653,4	573,4	157,7	226,6
	%	23,1	40,6	35,6	9,8	14,0
SCC*	Área (Km <sup>2</sup> )	518,0	20,4	71,1	277,5	148,3
	%	7,4	3,9	13,7	53,6	28,7
PF*	Área (Km <sup>2</sup> )	1.183,0	26,2	354,7	445,2	356,1
	%	16,9	2,2	30,0	37,7	30,1
SP*	Área (Km <sup>2</sup> )	3.548,1	103,6	686,8	1323,6	1431,9
	%	50,8	2,9	19,4	37,3	40,4
VP*	Área (Km <sup>2</sup> )	122,9	31,5	53,7	27,5	8,7
	%	1,8	25,9	44,2	22,7	7,2
Unidades geoambientais*			Tipos de Vegetação/uso da terra 2007			
			Arbórea	Arbustiva Densa	Arbustiva Aberta	Agropecuária + solo Exposto
SCS*	Área (Km <sup>2</sup> )	1.615,2	179,9	1069,3	266,8	95,1
	%	23,1	11,2	66,4	16,6	5,9
SCC*	Área (Km <sup>2</sup> )	518,0	14,4	170,1	215,0	117,7
	%	7,4	2,8	32,9	41,6	22,8
PF*	Área (Km <sup>2</sup> )	1.183,0	46,4	420,1	459,6	256,2
	%	16,9	3,9	35,5	38,9	21,7
SP*	Área (Km <sup>2</sup> )	3.548,1	95,9	1012,7	1044,2	1393,2
	%	50,8	2,7	28,6	29,4	39,3
VP*	Área (Km <sup>2</sup> )	122,9	6,3	71,8	35,5	7,6
	%	1,8	5,2	59,2	29,3	6,3
* SCS - Superfície Conservada Sedimentar; SCC - Superfície Conservada Cristalina; PF - Planície Fluvial ; SP - Superfície Pediplanada; VP - Vales Pedimentados e Interplanálticos.						
Kappa = 0,7680 (semelhança considerável entre as imagens; Cramer= 0,4167).						

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.



Quanto à distribuição geográfica dos tipos de vegetação/uso da terra identificados constata-se que:

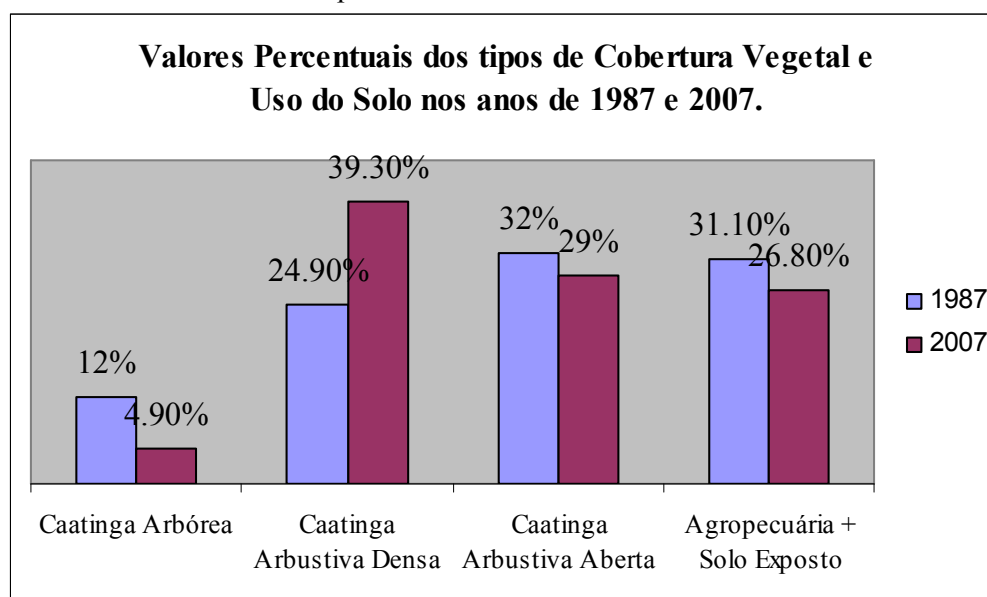
- Em ambos os anos analisados, evidencia-se que as fâcies de caatinga arbórea e arbustiva densa distribuem-se de forma descontínua em toda a área, porém constata-se uma concentração maior nos topos das Serras de Bom Jesus e da Capivara, bem como nos boqueirões do Parque Nacional da Serra da Capivara, integrantes da unidade geoambiental Superfície Conservada Sedimentar. Isso deve-se à presença de solos mais profundos, maior ocorrência de precipitação, aliado à existência do Parque Nacional da Serra da Capivara, que confere a esta unidade maior proteção contra o antropismo. De acordo com a Tabela 22 para o ano de 1987, a soma destas duas tipologias totaliza 76,2% da área da referida unidade geoambiental. Em 2007, embora tenha se constatado redução substancial da fâcie caatinga arbórea nesta unidade, a soma das fâcies arbórea e arbustiva permanecem com valores muito próximos ao de 1987, ou seja, da ordem de 77,6%.
- Os menores valores relativos de caatinga arbórea são encontrados em ambos os anos nas unidades geoambientais Planície Fluvial e Superfície Pedimentada. No caso da Superfície Pedimentada, a explicação resulta do fato de ser esta unidade a que concentra o desenvolvimento da pecuária extensiva da região. A remoção da caatinga arbórea em áreas de pecuária é prática comum no semiárido, objetivando o aumento da cobertura do estrato herbáceo, ou seja, da forrageira, alimento básico do rebanho bovino, caprino e ovino criado no regime extensivo.
- Em ambos os anos, evidencia-se que a caatinga arbustiva aberta distribui-se em todas as unidades geoambientais da área de estudo, contudo, constata-se maiores concentrações desta na Superfície Conservada Cristalina, na Planície Fluvial e na Superfície Pedimentada, ocupando 53,6%, 37,7% e 37,3% respectivamente em 1987 e 41,6%, 38,9% e 29,4% em 2007. Na Planície Fluvial e na Superfície Pedimentada o raleamento da vegetação e o predomínio de cobertura vegetal baixa e

rarefeita resulta, como afirmado anteriormente, de práticas agropastoris largamente desenvolvida nas mesmas em face das melhores condições hídricas.

- Consta-se que nas unidades Superfície Pedimentada e Planície Fluvial estão concentradas as maiores ocorrências em números absolutos e relativos da classe de agropecuária + solo exposto 40,4% e 30,1% respectivamente em 1987 e 39,3% e 21,7% respectivamente em 2007, em face da utilização agropastoril destinada a estas unidades geoambientais, evidenciadas na Figura 42.
- Os dados da Tabela 22 permitem inferir ter havido uma melhora em termos de proteção oferecida pela cobertura vegetal em toda a área de estudo, bem como, em todas as unidades geoambientais do Núcleo de São Raimundo Nonato.

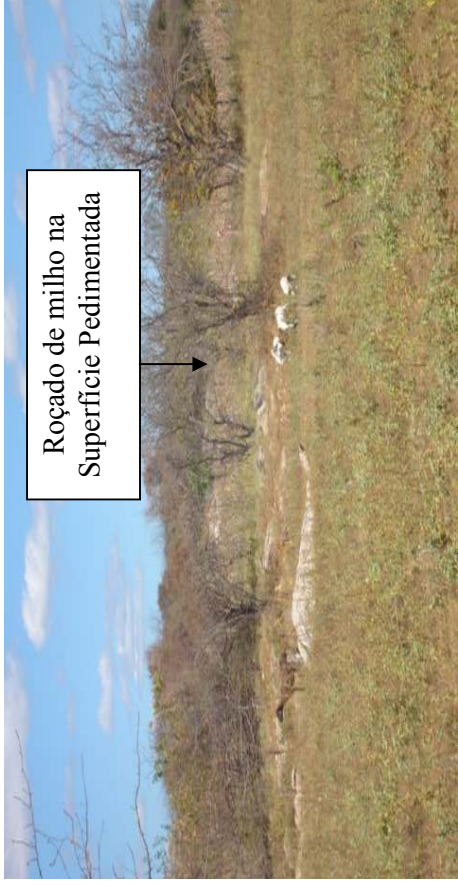
O Gráfico da Figura 43 permite visualizar a distribuição dos tipos de cobertura vegetal e uso da terra nos anos estudados e a conseqüente melhoria na proteção oferecida pela vegetação.

Figura 43 – Valores percentuais dos tipos de cobertura vegetal e uso do solo nos anos de 1987 e 2007 para o Núcleo de São Raimundo Nonato.





Prática de pecuária extensiva bovina na Planície Fluvial



Prática de pecuária extensiva caprina na Superfície Pedimentada, ao fundo roçado de milho.



Prática agrícola na Superfície Pedimentada (cultivo de milho)

Figura 42 – Diferentes formas de utilização da Terra na área de estudo

Constata-se uma coerência nos dados obtidos na pesquisa com os encontrados por Lemos (2003). Este autor, baseado no porte (altura e diâmetro), caracterizou uma hectare de caatinga do Parque Nacional Serra da Capivara. Concluiu que dos 5.827 indivíduos amostrados (73,6%) do total apresentavam de 2,1 a 5,0 metros, apenas 22 indivíduos (0,37) ultrapassaram 8,0 metros de altura e 26,03% apresentaram uma altura média de 3,5 metros. Estes dados confirmam o predomínio de uma caatinga com fisionomia arbustiva com indivíduos bastante ramificados na área de estudo e a presença de algumas árvores emergentes esparsas. Freitas (2007) afirma ser o predomínio de estratos arbustivos um sinal de possível sucessão secundária na área de estudo.

A redução de áreas de solo exposto e o consequente aumento da classe de proteção de NDVI muito baixa ( $0 > a 0,2$ ), representado por um estrato herbáceo também pode ser usado como indicador de uma possível sucessão secundária na área de estudo.

A avaliação da detecção de mudanças entre os tipos de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos de 1987 e 2007, objetivou identificar e avaliar processos de degradação e/ou recuperação ambiental na área de estudo. A avaliação destas mudanças pode ser constatada na Tabela 23 que apresenta as modificações nos de tipos de cobertura vegetal identificados em 1987, com as respectivas alterações sofridas pelos mesmos em 2007.

Tabela 23 - Distribuição absoluta e relativa dos tipos de vegetação\uso da terra na imagem de 1987 e sua dinâmica na imagem de 2007.

Tipos de vegetação\uso da terra (1987)			Dinâmica dos tipos de vegetação\uso da terra (2007)			
			Arbórea	Arbustiva Densa	Arbustiva Aberta	Agropecuária +solos exposto
Arbórea	Área (Km <sup>2</sup> )	835,7	147,3	546,8	93,6	48,0
	%	12,0	17,7	65,4	11,2	5,7
Arbustiva Densa	Área (Km <sup>2</sup> )	1741,2	60,7	1035,7	431,1	213,7
	%	24,9	3,5	59,5	24,8	12,2
Arbustiva Aberta	Área (Km <sup>2</sup> )	2235,6	64,6	701,0	903,0	567,0
	%	32,0	2,9	31,4	40,4	25,3
Agropecuária	Área (Km <sup>2</sup> )	2175,2	70,8	463,4	596,8	1044,2
	%	31,1	3,3	21,3	27,4	48,0
Vegetação no ano de 2007	Área (Km <sup>2</sup> )	6887,7	343,4	2746,9	2024,5	1872,9
	%	100,0	4,9	39,3	29,0	26,8

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Uma análise dos dados acima permite inferir que:

- Do total de 835,7 Km<sup>2</sup>, que representava a mancha de caatinga arbórea identificada em 1987, apenas 17,7% permaneceu nesta classe em 2007, 65,4% , 11,2% e 5,7% passaram para as classes de caatinga arbustiva densa, caatinga arbustiva aberta e agropecuária + solo exposto, evidenciando assim, desequilíbrios/degradação que podem resultar de variações nas condições climáticas da área e/ou de desmatamentos.
- Para o tipo identificado em 1987 como caatinga arbustiva densa, constatou-se uma recuperação vegetacional em 3,5% da área que passou em 2007 a categoria de caatinga arbórea, 59,5% da área manteve-se recoberta por caatinga arbustiva densa, 24,8% e 12,2% passaram para as classes de caatinga arbustiva aberta e agropecuária + solo exposto.
- Na classe caatinga arbustiva aberta também podem ser evidenciados modificações substanciais no sentido de recuperação vegetacional, pois em 2,9% e 31,4% da área desta mancha a vegetação passou em 2007 para as classes de arbórea e arbustiva densa respectivamente evidenciando assim a ocorrência de sucessão ecológica. Os dados obtidos revelam que 40,4% desta classe manteve-se como caatinga arbustiva aberta e 25,4%, passou a categoria agropecuária + solo exposto.
- Mudanças substanciais também foram observadas na categoria agropecuária + solo exposto. Em 2007 este mosaico apresentou 3,3%, 21,3% e 27,4% dos seguintes tipos de cobertura vegetal caatinga arbórea, caatinga arbustiva densa e caatinga arbustiva aberta. Apenas 48,0% permaneceu como agropecuária + solo exposto o que permite inferir diferentes estágios de sucessão ecológica secundária, com consequente melhorias na dinâmica do ambiente.

## 7.2 VARIAÇÕES ECONÔMICAS E ASPECTOS SOCIAIS

A compreensão espacial das relações sociedade/natureza demanda avaliações holísticas. Assim, a utilização de indicadores econômicos e sociais (produção agrícola e pecuária, renda, benefícios, etc.) é fundamental para a compreensão e busca de solução dos problemas ambientais. Coelho (2001) afirma que no que se refere aos impactos ambientais, as condições ecológicas alteram as condições culturais, sociais, históricas e econômicas e são por elas transformadas. Ainda segundo Coelho (*Op.cit.*), o impacto ambiental é, ao mesmo tempo, produto e produtor de novos impactos.

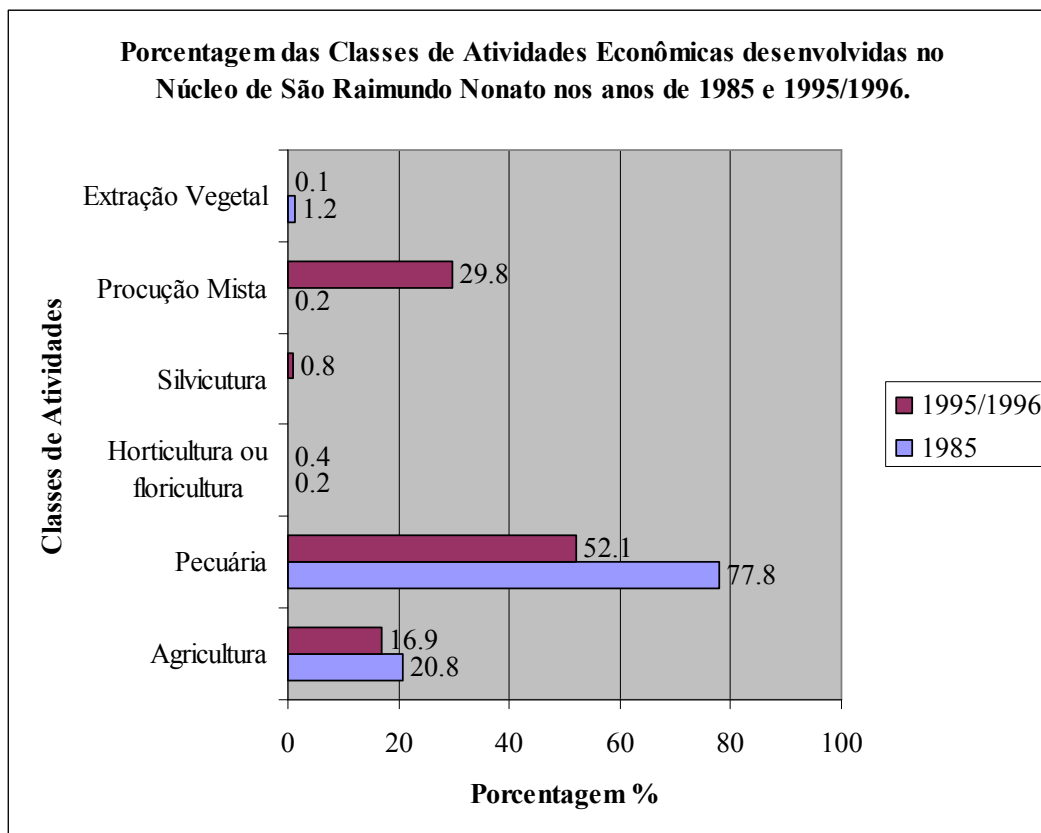
A região Nordeste constitui um exemplo clássico das disparidades regionais de nosso país. Bacelar (2000) afirma que já nos anos 90, os investimentos federais eram direcionados às áreas dinâmicas com vista ao mercado mundial. A lógica era fortalecer a dinâmica dos mais fortes, e abandonar as áreas não-dinâmicas e sem competitividade, condenando-as à pobreza eterna. Eram realçadas assim as disparidades intra-regionais.

Como resultado desta conduta política, o semiárido do nordeste brasileiro amarga um enorme atraso social e econômico, que se materializa, em baixos níveis de escolaridade, elevado desemprego, baixo nível tecnológico e em uma economia incipiente e significativamente dependente das condições climáticas da região.

O Núcleo de São Raimundo Nonato inserido no semiárido brasileiro tem a base de sua economia nas atividades da agricultura de subsistência e da pecuária extensiva, conforme gráfico da Figura 44.

Em 1985 a distribuição em termos percentuais das principais classes de atividades econômicas desenvolvidas na área de estudo era a seguintes: agricultura 20,8%, e pecuária 77,8%. Em 1995/1996 constata-se uma redução das áreas destinadas a estas atividades passando as mesmas a representar apenas 16,9% e 52,1%, respectivamente, já a classe de produção mista tem um aumento significativo passando a ocupar em 1995/1996, 29,8% das atividades econômicas consideradas.

Figura 44 – Porcentagem das classes de atividades econômicas desenvolvidas no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1985 e 1995/1996.



Quanto à utilização da terra, a partir dos dados da Tabela 24, pode-se constatar que em 1985 a área com lavoura (permanentes e temporárias) era de 60.779 hectares (20,6%), as pastagens ocupavam 78.424 hectares (26,7%) e as áreas de matas e florestas totalizavam 155.314 hectares (52,7%) das formas de uso consideradas. Em 1995/1996 a área ocupada com lavouras (permanentes e temporárias) de modo geral reduz-se passando a ocupar apenas 41.852 hectares (19,9%). Vale ressaltar mudanças significativas no padrão das lavouras entre 1985 e 1995/1996, com uma redução das áreas destinadas a lavoura temporária e aumento das lavouras permanentes, esta última segundo os dados do IBGE passou de 12,7% em 1985 para 32,5% em 1995/1996, a mudança é resultado da implantação da cajucultura, tanto em grandes quanto em pequenos estabelecimentos agropecuários na área de estudo.

Tabela 24 - Utilização da terra no núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1985 e 2006.

Municípios	Utilização das terras (1985)			
	Lavouras		Pastagens	Matas\ florestas
	Permanentes	Temporárias		
	Área (hac)	Área (hac)	Área (hac)	Área (hac)
Dirceu Arcoverde	9	10.453	18.596	44.997
São Raimundo Nonato	7 731	42.586	59.828	110.314
<b>SOMA</b>	<b>7.740</b>	<b>53.039</b>	<b>78.424</b>	<b>155.311</b>
<b>Soma das Lavouras</b>	<b>60.779</b>		--	--
<b>Porcentagem</b>	<b>20,6</b>		<b>26,7</b>	<b>52,7</b>
Municípios	Utilização das terras (1995/1996)			
	Lavouras		Pastagens	Matas e florestas
	Permanentes	Temporárias		
	Área (hac)	Área (hac)	Área (hac)	Área (hac)
Bonfim do Piauí	18	5.605	1.583	7.151
Coronel José Dias	80	3.929	3.517	29.780
Dirceu Arcoverde	6	3.525	8.131	12.007
São Lourenço	4	3.208	15.913	7.960
São Raimundo Nonato	13.498	11. 979	7.293	75.525
<b>SOMA</b>	<b>13.606</b>	<b>28.246</b>	<b>36.437</b>	<b>132.423</b>
<b>Soma das Lavouras</b>	<b>41.852</b>		--	--
<b>Porcentagem</b>	<b>19,9</b>		<b>17,3</b>	<b>62,8</b>
Municípios	Utilização das terras (2006)			
	Lavouras	Pastagens	Matas e florestas	
	Área (hac)	Área (hac)	Área (hac)	
Bonfim do Piauí	365	3 229	5 349	
Coronel José Dias	3.303	2 565	25 658	
Dirceu Arcoverde	5.262	11 830	20 974	
São Lourenço	2.708	13 835	18 297	
São Raimundo Nonato	29.800	14 552	33 734	
<b>SOMA</b>	<b>44.438</b>	<b>46.011</b>	<b>104.012</b>	
<b>Porcentagem</b>	<b>22,9</b>	<b>23,7</b>	<b>53,4</b>	

Fonte: Censos Agropecuários (1985, 1995/1996 e 2006).

Para o ano de 2006, as áreas com lavoura (permanentes e temporárias) totalizam 44.438 hectares (22,9) evidenciando um aumento de 2,3% em relação a dados de 1985 e de 2,0% em relação a 1995/1996. Vale ressaltar que este aumento como será discutido adiante foi verificado na cultura permanente do caju. As áreas destinadas à pastagem passaram a ocupar, em 2006, apenas 46.011 hectares (23,7), havendo uma redução de

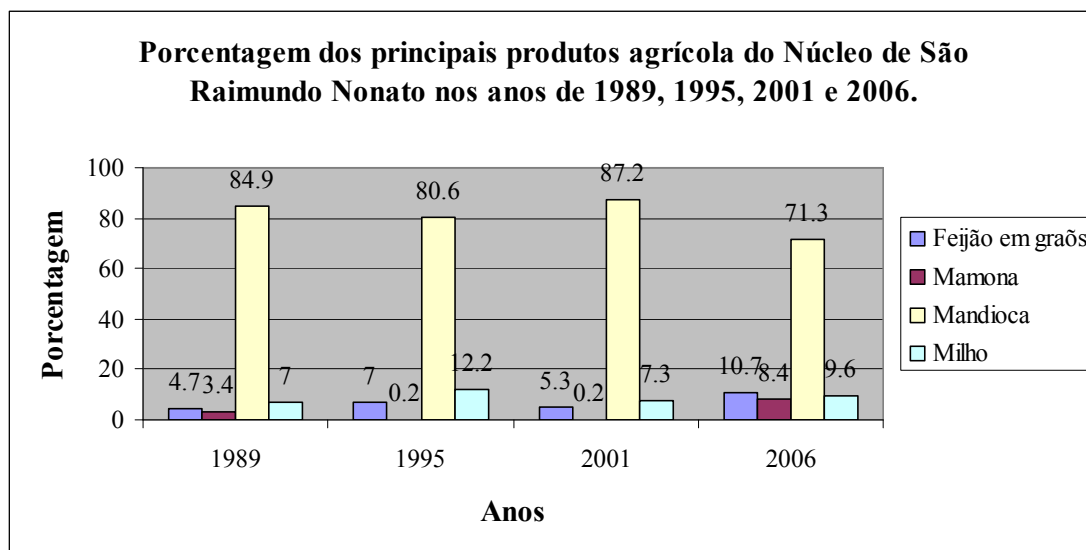


3,0% em relação ao ano de 1985. Para as áreas de matas e florestas foi constatado um pequeno aumento de 0,7% quando comparado ao ano de 1985.

Nas Tabelas 25, 26, 27 e 28, são apresentadas as principais culturas temporárias, com as respectivas quantidades produzidas nos municípios que integram o Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1989, 1995, 2001 e 2006.

Como de resto do Nordeste semiárido, também na área de estudo a cultura da mandioca destaca-se, diante das demais (milho, feijão e mamona), posto sua tolerância à seca e a solos de baixa fertilidade, desempenhando assim uma importante função de segurança alimentar ao sertanejo. O gráfico da Figura 45 que sintetiza as informações das Tabelas 25, 26, 27 e 28, demonstra claramente o papel de destaque da mandioca na atividade agrícola do Núcleo de São Raimundo Nonato, embora seja visível o declínio na produção desta cultura. Entre os anos de 1989 e 2006 constata-se uma queda de 97% na quantidade produzida deste produto.

Figura 45 – Porcentagem dos principais produtos agrícolas do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1989, 1995, 2001 e 2006.



Declínio também pode-se constatar nas culturas de feijão e milho entre os anos analisados, conforme dados das Tabelas 25 e 27, com um pequeno aumento da quantidade produzida destes produtos em 2006 em relação ao ano de 2001. O aumento da produção de feijão pode resultar do consórcio da mamona com o feijão caupi, de

acordo com Beltrão et al. (2002) este consórcio objetiva suprir a deficiência de nitrogênio da mamona.

Tabela 25 - Produção de Feijão em grãos em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato.

Municípios	1989		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Dirceu Arcoverde	5.500	5.500	1.516
São Raimundo Nonato	21.600	21.600	13.940
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>27.100</b>	<b>27.100</b>	<b>15.456</b>
Municípios	1995		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	2.070	2.035	670
Coronel José Dias	1.700	1.700	580
Dirceu Arcoverde	1.116	1.116	248
São Lourenço	1.540	1.540	365
São Raimundo Nonato	5.500	5.500	2.838
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>11.926</b>	<b>11.891</b>	<b>4.701</b>
Municípios	2001		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	1.770	1.770	170
Coronel José Dias	720	720	71
Dirceu Arcoverde	1.019	1.019	79
São Lourenço	721	721	71
São Raimundo Nonato	3.150	3.150	378
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>7.380</b>	<b>7.380</b>	<b>769</b>
Municípios	2006		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	2.265	2.265	272
Coronel José Dias	729	729	55
Dirceu Arcoverde	1.470	1.470	248
São Lourenço	1.105	1.105	155
São Raimundo Nonato	4.390	4.390	527
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>9.661</b>	<b>9.661</b>	<b>1.257</b>

Fonte: Produção Agrícola Municipal (1989, 1995, 2001 e 2006)

Tabela 26 - Produção de Mandioca em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato.

Municípios	1989		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Dirceu Arcoverde	500	500	13.631
São Raimundo Nonato	9.830	9.830	267.995
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>9.880</b>	<b>9.880</b>	<b>281.626</b>
Municípios	1995		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	52	52	426
Coronel José Dias	--	--	0
Dirceu Arcoverde	400	400	4.362
São Lourenço	300	300	2.453
São Raimundo Nonato	2.570	2.570	45.594
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>3.322</b>	<b>3.322</b>	<b>52.835</b>
Municípios	2001		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	45	45	630
Coronel José Dias	30	30	360
Dirceu Arcoverde	56	56	672
São Lourenço	40	40	560
São Raimundo Nonato	700	700	10.500
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>871</b>	<b>871</b>	<b>12.722</b>
Municípios	2006		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	100	94	1.066
Coronel José Dias	75	70	714
Dirceu Arcoverde	121	115	1.132
São Lourenço	100	100	1.078
São Raimundo Nonato	305	292	4.380
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>701</b>	<b>701</b>	<b>8.370</b>

Fonte: Produção Agrícola Municipal (1989, 1995, 2001 e 2006)

Tabela 27 - Produção de Milho em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato.

Municípios	1989		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Dirceu Arcoverde	500	500	4.160
São Raimundo Nonato	9.830	9.830	19.000
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>10.330</b>	<b>10.330</b>	<b>23.160</b>
Municípios	1995		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	1.640	1.640	1.558
Coronel José Dias	2.000	2.000	1.498
Dirceu Arcoverde	950	950	415
São Lourenço	1.280	1.280	545
São Raimundo Nonato	4.500	4.500	4.158
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>10.370</b>	<b>10.370</b>	<b>8.174</b>
Municípios	2001		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	1.237	1.237	272
Coronel José Dias	704	704	81
Dirceu Arcoverde	744	744	100
São Lourenço	475	475	65
São Raimundo Nonato	2.793	2.793	547
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>5.953</b>	<b>5.953</b>	<b>1.065</b>
Municípios	2006		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	1.188	1.188	196
Coronel José Dias	638	638	69
Dirceu Arcoverde	734	734	110
São Lourenço	428	428	75
São Raimundo Nonato	2.628	2.628	641
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>5.723</b>	<b>5.723</b>	<b>1.091</b>

Fonte: Produção Agrícola Municipal (1989, 1995, 2001 e 2006)

Tabela 28 - Produção de Mamona em diferentes anos no Núcleo de São Raimundo Nonato.

Municípios	1989		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Dirceu Arcoverde	1.800	1.800	1.840
São Raimundo Nonato	7.990	7.990	9485
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>9.790</b>	<b>9.790</b>	<b>11.325</b>
Municípios	1995		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	170	50	50
Coronel José Dias	--	--	0
Dirceu Arcoverde	16	6	7
São Lourenço	--	--	0
São Raimundo Nonato	--	--	0
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>186</b>	<b>56</b>	<b>57</b>
Municípios	2001		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	11	11	3
Coronel José Dias	--	--	0
Dirceu Arcoverde	28	28	6
São Lourenço	--	--	0
São Raimundo Nonato	52	52	21
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>91</b>	<b>91</b>	<b>30</b>
Municípios	2006		
	Área plantada (hac)	Área colhida (hac)	Quantidade produzida (toneladas)
Bonfim do Piauí	496	496	71
Coronel José Dias	210	210	41
Dirceu Arcoverde	428	428	79
São Lourenço	442	442	118
São Raimundo Nonato	1.720	1.720	674
<b>Soma das variáveis (área plantada, colhida e quantidade produzida no Núcleo)</b>	<b>1.824</b>	<b>1.824</b>	<b>983</b>

Fonte: Produção Agrícola Municipal (1989, 1995, 2001 e 2006).

O cultivo da mamona (ricinicultura) uma espécie oleaginosa que suporta os baixos índices pluviométricos típicos das regiões semiáridas, também é verificado no Núcleo de São Raimundo Nonato. De acordo com o IBGE os valores mais representativos desta cultura em termos de área plantada e quantidade produzida são constatados no ano de 1989. Nos anos seguintes analisados (1995 e 2001), constata-se redução de área plantada, área colhida e de quantidade produzida deste produto. Em 2006, os dados do IBGE indicam uma retomada no cultivo da mamona na área de estudo, acredita-se que devido à implantação do Programa Nacional de Biodiesel. Vale ressaltar que embora tenha havido um aumento em 2006 do cultivo da mamona este não correspondeu às expectativas esperadas e em 2009, a empresa Brasil Ecodiesel S/A responsável por produzir mamona para a produção de biodiesel no Estado encerrou suas atividades.

De modo geral nos anos de 1989, 1995, 2001 e 2006 pode-se constatar mudanças significativas (tendência de redução) tanto na área plantada, como na quantidades produzidas das culturas de subsistência (milho, feijão e mandioca). A redução entre os anos de 1989 e 2006 para o cultivo de milho, feijão e mandioca foi de 95,3%, 91,8% e 97% respectivamente. Esta redução, em nossa opinião, pode resultar dentre outros fatores, da queda progressiva da população rural e aumento da população urbana, especialmente após o ano de 1993, quando da emancipação dos municípios de Bonfim do Piauí, Coronel José Dias e São Lourenço.

A cajucultura é a principal cultura permanente desenvolvida na área de estudo. Os dados da Tabela 29 comprovam esta afirmativa. Constata-se um aumento significativo da produção de castanha de caju que passa de 23 toneladas em 1985 para 1.529 toneladas no ano de 1989, um acréscimo de 6.547% na quantidade produzida deste produto. Este fato explica a grande mancha de solo exposto identificada na imagem de satélite do ano de 1987. A área plantada e a quantidade produzida quase que dobrou no ano de 1995 chegando a 2.980 toneladas, nos anos seguintes 2001 e 2006 constata-se o aumento das áreas plantadas, contudo, tem-se a constante redução da quantidade produzida (970 toneladas em 2001 e apenas 103 toneladas em 2006), um decréscimo de 89,4%, já entre os anos de 1989 e 2006 esta redução foi de 93,3%. evidenciando-se assim um declínio nesta atividade.

A redução da produção de acordo com visitas *in locu*, acredita-se resultar do envelhecimento dos cajueiros, fato que reduz a produção e ainda dificulta a colheita do pseudofruto. Na atualidade os cajueiros velhos da área estão tendo suas copas substituídas por enxertos de clones de cajueiro anão precoce. O município de São Raimundo Nonato é o que concentra a maior área plantada e, como decorrência, a maior produção de castanha de caju na área de estudo.

Tabela 29 - Área plantada (há) e quantidade produzida de Castanha de Caju (Toneladas) no Núcleo de São Raimundo Nonato

Municípios	Anos					
	1985			1989		
	Área Plantada (ha.)	Área Colhida (ha.)	Quant. Produzida	Área Plantada (ha.)	Área Colhida (ha.)	Quant. Produzida
Dirceu Arcoverde	--	--	--	--	--	--
São Raimundo Nonato	--	--	23	7.800	7.800	1.529
<b>Total de área plantada, área colhida e toneladas produzidas</b>			<b>23</b>	<b>7.800</b>	<b>7.800</b>	<b>1.529</b>
Municípios	Anos					
	1995			2001		
	Área Plantada (ha.)	Área Colhida (ha.)	Quant. Produzida	Área Plantada (ha.)	Área Colhida (ha.)	Quant. Produzida
Bonfim do Piauí	8	8	1	21	21	2
Coronel José Dias	61	61	11	12	12	1
Dirceu Arcoverde	--	--	--	--	--	--
São Lourenço	--	--	--	--	--	--
São Raimundo Nonato	15.145	15.145	2.968	17.024	17.024	967
<b>Total área plantada, área colhida e toneladas produzidas</b>	<b>15.214</b>	<b>15.214</b>	<b>2.980</b>	<b>17.057</b>	<b>17.057</b>	<b>970</b>
Municípios	Ano					
	2006					
	Área Plantada (ha.)	Área Colhida (ha.)	Quant. Produzida			
Bonfim do Piauí	194	194	3			
Coronel José Dias	174	174	4			
Dirceu Arcoverde	156	156	2			
São Lourenço	186	186	3			
São Raimundo Nonato	18.299	18.299	91			
<b>Total área plantada, área colhida e toneladas produzidas</b>	<b>19.009</b>	<b>19.009</b>	<b>103</b>			

Fonte: Produção Agrícola Municipal (1985, 1989, 1995, 2001 e 2006)

A Tabela 30 elaborada a partir das Tabelas 25, 26, 27 e 28 apresenta uma síntese da dinâmica agrícola do Núcleo de São Raimundo Nonato para os anos de 1989 e 2006 considerando as áreas destinadas a culturas temporárias e permanentes.

De acordo com a Tabela 30, as áreas destinadas a plantio de culturas temporárias apresentaram uma queda significativa passando de 57.100 hectares em 1989 para apenas 17.909 hectares em 2006, o que significa uma queda de 68,6%, com consequente redução da degradação em face do aumento da proteção oferecida pela cobertura vegetal “natural”, que ao invés de ser removida e substituída anualmente por culturas temporárias permaneceu na área diminuindo sobremaneira os processos erosivos e a consequente degradação da terra. A tese da diminuição da degradação na área de estudo também é reforçada quando se observa o significativo aumento das culturas permanentes (cajucultura), que aumentou em 60,8% entre os anos de 1989 e 2006. O aumento das culturas permanentes promove maior proteção por parte da cobertura vegetal aos solos, reduzindo sobremaneira os processos degradacionais.

Tabela 30 - Síntese das variações entre os anos de 1989 e 2006 das áreas plantadas (culturas temporárias e permanentes) no Núcleo de São Raimundo Nonato.

Culturas	Área Plantada (ha)		Variação entre 1989 e 2006	
	1989	2006	Porcentagem	Conseqüência
Temporárias	57.100	17.909	Redução de 68,6	Redução da degradação/ Aumento da proteção
Permanente	7.800	19.900	Aumento de 60,8	Aumento na Proteção / Redução da degradação

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Uma análise da produtividade das principais culturas desenvolvidas na área de estudo, permite inferir queda deste indicador entre os anos de 1989 e 2006, conforme mostra dados da Tabela 31, evidenciando indícios da ocorrência de processos de desertificação na área de estudo. A queda da produtividade em face da desertificação tende a desestimular o cultivo da terra, fato que naturalmente ocasiona a revegetação da área, conforme comprova os dados de NDVI.



Tabela 31 – Área plantada, produção bruta, produtividade e sua variação entre os anos de 1986 e 2006 do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Culturas	Área Plantada (ha)		Produção Bruta (ton)		Produtividade (ton/ha)		Variação da produtividade entre 1989 e 2006 (%)
	1989	2006	1989	2006	1989	2006	
Feijão	27.100	9.661	15.456	1.257	0,570	0,130	-77,2
Mandioca	9.880	701	281.626	8.370	28,5	11,9	-58,2
Milho	10.330	5.723	23.160	1.091	2,24	0,19	-91,5
Mamona	9.790	1.824	11.325	983	1,16	0,54	-53,4
Caju – Castanha	7.800	19.009	1.529	103	0,20	0,0054	-97,3

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Os resultados constantes na Tabela 31 estão de acordo com as variações evidenciadas nos níveis de NDVI (1987 e 2007), nos tipos de cobertura vegetal e uso da terra (1987 e 2007) e ainda no mapa de degradação efetiva da Figura 34, que denotam melhoria da condição ambiental no Núcleo de São Raimundo Nonato.

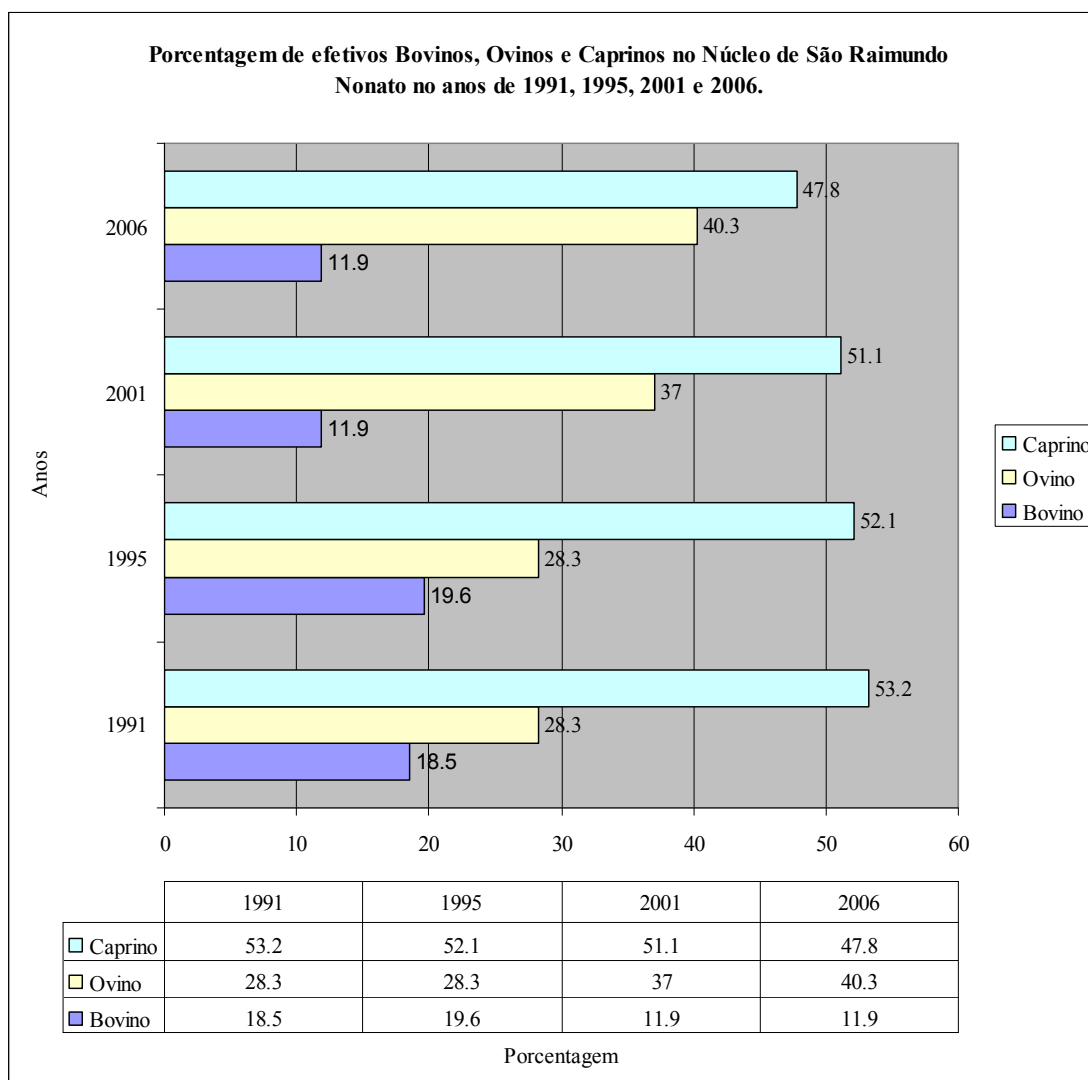
A pecuária extensiva historicamente tem-se constituído a principal atividade econômica no Núcleo de São Raimundo Nonato. No entanto, ao longo dos anos esta atividade vem sofrendo algumas modificações que podem ser constatadas a partir dos dados constantes na Tabela 32 e Figura 46.

Tabela 32 - Efetivos bovino, ovino e caprino do Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1991, 1995, 2001 e 2006.

Municípios	Bovino (Nº de Cabeças)	Ovino (Nº de Cabeças)	Caprinos (Nº de Cabeças)
<b>1991</b>			
Dirceu Arcoverde	12.637	14.893	17.560
São Raimundo Nonato	36.993	61.124	125.402
Nº Total de Cabeças no Núcleo	49.630	76.017	142.962
<b>1996</b>			
Municípios	Bovino (Nº de Cabeças)	Ovino (Nº de Cabeças)	Caprinos (Nº de Cabeças)
Bonfim do Piauí	4.991	6.992	13.547
Coronel José Dias	9.048	14.831	27.529
Dirceu Arcoverde	7.474	70.21	8.278
São Lourenço	9.147	12.606	25.864
São Raimundo Nonato	15.539	25.213	47.786
Nº Total de Cabeças no Núcleo	46.199	66.663	123.004
<b>2001</b>			
Municípios	Bovino (Nº de Cabeças)	Ovino (Nº de Cabeças)	Caprinos (Nº de Cabeças)
Bonfim do Piauí	2.321	7.053	10.921
Coronel José Dias	4.226	10.229	15.237
Dirceu Arcoverde	5.461	23.825	21.731
São Lourenço	3.545	16.825	22.767
São Raimundo Nonato	9.660	20.441	37.467
Nº Total de Cabeças no Núcleo	25.213	78.373	108.123
<b>2006</b>			
Municípios	Bovino (Nº de Cabeças)	Ovino (Nº de Cabeças)	Caprinos (Nº de Cabeças)
Bonfim do Piauí	2.195	7.329	9.880
Coronel José Dias	3.954	10.739	13.772
Dirceu Arcoverde	5.447	25.014	19.643
São Lourenço	3.541	17.665	20.580
São Raimundo Nonato	9.139	21.574	33.868
Nº Total de Cabeças no Núcleo	24.276	82.321	97.743

Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal (1991, 1996, 2001 e 2006).

Figura 46 – Porcentagem de efetivos bovinos, ovinos e caprinos no Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos de 1991, 1995, 2001 e 2006.



Observa-se redução significativa do rebanho bovino entre os anos de 1991 e 2006, evidenciando assim declínio desta atividade. Há um aumento do rebanho de ovinos este em 1991 representavam 28,3% do efetivo total e em 2006 passa a representar 40,3%. O rebanho de caprinos reduziu-se, contudo, mantém-se como o mais expressivo em termos percentuais em todos os anos analisados. Os dados permitem inferir a predominância da ovinocaprino cultura na região, fato que pode estar relacionado à maior resistência destes animais à seca e ainda ao menor consumo de alimentos por parte destes quando comparada ao consumo de forrageira efetuada por bovinos.

Outro aspecto que pode estar favorecendo a expansão da ovino-caprinocultura na área de estudo é o tamanho das propriedades, isto porque de um total de 2.661 imóveis rurais cadastrados junto ao INCRA (2008) 1.732 (65,1%) são minifúndios e 733 (27,5%) são pequenas propriedades, na maioria das vezes com pouca disponibilidade de pasto nativo. Vale ressaltar que a criação de caprinos e ovinos representa uma importante reserva de valor utilizada nos momentos de maiores dificuldades das famílias sertanejas (compra de medicamentos, bens de consumo de primeira necessidade, etc.).

A Tabela 33 elaborada a partir da Tabela 32 apresenta uma síntese da variação dos rebanhos (bovino, caprino e ovino) entre os anos de 1991 e 2006 no Núcleo de São Raimundo Nonato, considerando o número de cabeças e as unidades animais.

Tabela 33 - Síntese da variação dos rebanhos (bovino, caprino e ovino) entre os anos de 1991 e 2006 no Núcleo de São Raimundo Nonato.

Variáveis	Rebanho							
	Bovinos (B)		Caprinos (C)		Ovinos (O)		Totais (B+C+O)	
	Anos							
	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006
Cabeças	49.630	24.276	142.962	97.743	76.017	82.321	268.609	204.340
Unidade Animal	49.630	24.276	9.531	6.516	5.068	5.489	64.229	36.281
Variação entre 1991 e 2006					Porcentagem/ Cabeças		Redução de 23,9%	
					Porcentagem/unidade animal		Redução de 43,5%	
					Conseqüência		Redução da degradação / Aumento da proteção	

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

A partir dos dados da Tabela 33, constata-se redução de 43,5% em termos de unidade animal e de 23,9% no número de cabeças de animal para os rebanhos bovino,

caprino e ovino entre os anos de 1991 e 2006. Estes dados reforçam a tese da redução da degradação efetiva e do aumento da proteção do solo em função da cobertura vegetal, no Núcleo de São Raimundo Nonato, posto uma menor demanda de forrageira para alimentação animal, o que vai culminar com a diminuição do corte e raleamento de espécies arbóreas e arbustivas, e o conseqüente aumento ao longo do tempo das matas nativas.

Os dados relativos à produção agrícola, à pecuária e ainda de NDVI permitem inferir para o Núcleo de São Raimundo Nonato mudanças no padrão de uso da terra, que tem favorecido a redução da degradação.

Brasil (2006) indicou a ovinocaprinocultura e a apicultura como as atividades produtivas estruturantes, em expansão, portanto viáveis e prioritárias para o território da Serra da Capivara, onde encontra-se localizado o Núcleo de São Raimundo Nonato. Ainda de acordo com Brasil (2006 *Op.cit.*) estas atividades potenciais plenamente exeqüíveis em ambientes de clima semiárido, desenvolvem e/ou fortalecem um senso de pertencimento do sertanejo com sua terra, permitindo-o identificar-se com parte do contexto no qual convive. Contudo, é fundamental o reconhecimento da diversificação de ambientes com limitações e potencialidades diferenciadas nesta região. Este reconhecimento é importante no sentido de orientar as atividades produtivas objetivando a fixação do homem no campo através da promoção de políticas de convivência do sertanejo, com a semiaridez e a seca.

Os dados obtidos no IBGE, relativos à agropecuária e constantes na presente pesquisa denotam uma tendência de crescimento da ovinocaprinocultura e da apicultura na área de estudo. Esta tendência é orientada especialmente pela limitação climática. A Tabela 34 e a Figura 47 apresentam o comportamento da atividade apícola nos municípios estudados.

Tabela 34 – Produção de Mel nos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí, 1994, 1995, 2001 e 2006.

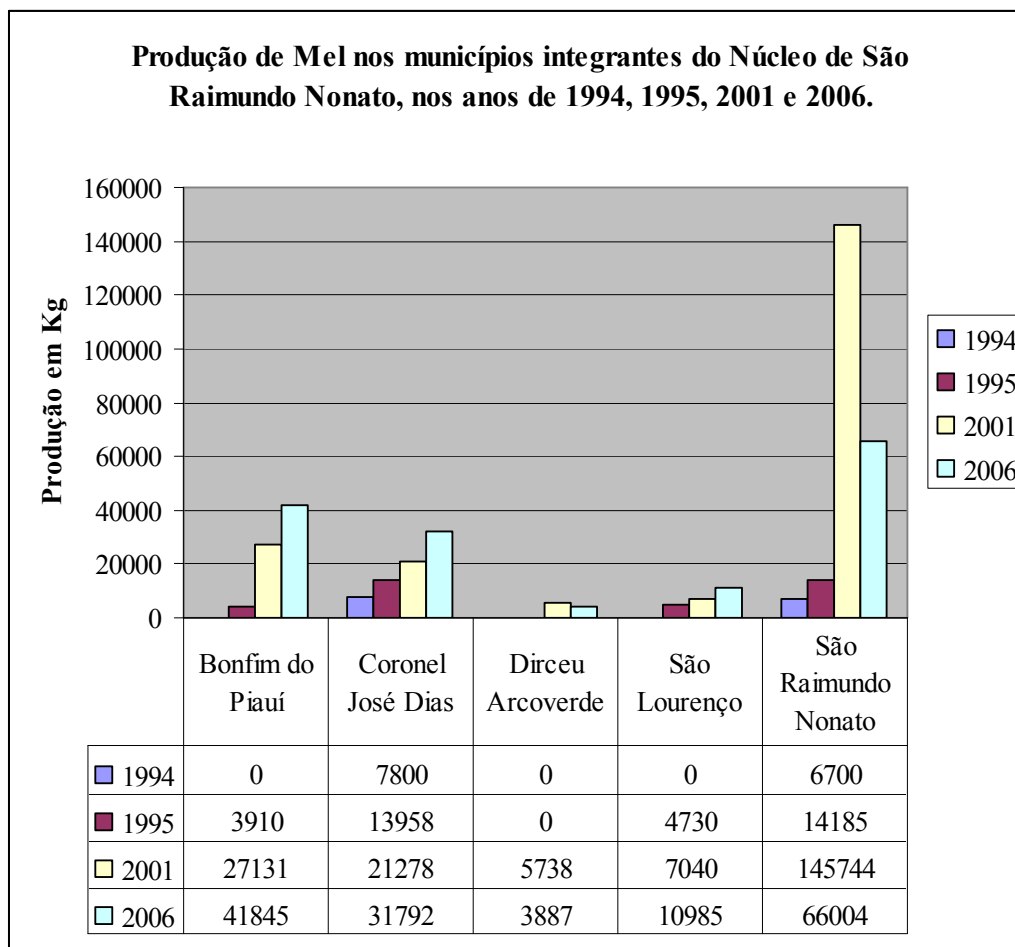
Municípios	Produção de Mel (Kg)			
	Anos			
	1994	1995	2001	2006
Bonfim do Piauí	--	3.910	27.131	41.845
Coronel José Dias	7.800	13.958	21.278	31.792
Dirceu Arcoverde	--	--	5.738	3.887
São Lourenço	--	4.730	7.040	10.985
São Raimundo Nonato	6.700	14.185	145.744	66.004
<b>Produção Total do Núcleo</b>	<b>14.500</b>	<b>36.783</b>	<b>206.931</b>	<b>154.513</b>

Fonte: Pesquisa Agropecuária Municipal (1994, 1995, 2001 e 2006).

Veloso Filho et al (2006) destacam que o agronegócio do mel além de garantir trabalho, renda e conseqüentemente a inclusão social de pequenos e médios produtores, também fomenta o reconhecimento da necessidade da conservação das matas, principal fonte de néctar para as abelhas. Não será a atividade apícola a responsável pelas mudanças no padrão de uso da terra da área estudo?

Como visto nos dados da tabela anterior, é notório o crescimento da atividade apícola na área de estudo que passa de 14.500 kg no ano de 1994 para 154.513kg em 2006, um aumento percentual de 965,6% em relação ao ano de 1994.

Figura 47 – Produção de mel nos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí, 1994, 1995, 2001 e 2006.



Vale ressaltar a existência de um outro viés de desenvolvimento na região, que é o turismo. A área de estudo constitui-se um importante atrativo turístico, por abrigar o Parque Nacional da Serra da Capivara. Muito embora esta atividade possa ser vista como alavancadora da economia local, aspectos relacionados a infra-estrutura deficitária (sistema hoteleiro, serviços de alimentação, péssimas condições de estradas) e ainda a fraca capacitação profissional nos vários segmentos de serviços dificultam a consolidação da mesma. A formação de capital humano e a construção de capacidade gerencial dos governos municipais são condições fundamentais para a viabilidade do desenvolvimento local da região.

Os dados relativos à agricultura e a pecuária no Núcleo de São Raimundo Nonato, permitem inferir, embora em declínio a predominância da atividade pecuarista

na região, atividade que foi a responsável pelo desbravamento e ocupação da área de estudo. Na atualidade, merece destaque o bom desempenho da ovinocaprinocultura. As culturas temporárias com destaque para o feijão, milho, mandioca e mamona, ocupam o segundo lugar, contudo caracteriza-se pelo de caráter de subsistência sem excedente, onde a venda da parte da produção (animal ou agrícola) implica em restrições ao consumo da família (Queiroz, p.102)

De modo geral o baixo desempenho da agropecuária na região está atrelado a fatores de ordem natural, em especial as condições climáticas, posto a totalidade da área localizar-se em ambiente com tipologia climática semiárida, com pouca disponibilidade hídrica, o que vai repercutir em solos pedregosos e rasos, condições estas que atreladas a pouca disponibilidade de crédito ou qualquer mecanismo de financiamento de produção, perpetuam-na como uma atividade rotineira e pouco lucrativa.

A análise socioeconômica no grau de detalhe permitido pelos dados disponíveis permite afirmar a existência de uma produção agrícola tradicional estagnada. Nas palavras de Gomes Maia (2001) trata-se de uma economia sem produção excessivamente dependente das aposentadorias, pensões, empregos públicos disponíveis, das transferências de recursos fiscais para as prefeituras e ainda das transferências diretas de renda de programas sociais do governo federal a exemplo do Programa Bolsa-Família, doravante (PBF), que objetiva compensar a população de baixa renda (aquelas com renda familiar per capita menor ou igual a meio salário mínimo) dos efeitos do parco dinamismo econômico brasileiro e combater a fome e a pobreza.

Com relação aos aposentados Gomes Maia (*Op.cit.*) afirma que:

“Estes já formam uma espécie de nova classe média do sertão, a qual muitos aspiram a se incorporar... Os aposentados e funcionários públicos constituem hoje o mais importante setor da economia do semiárido (Gomes Maia, 2001: 148).

A Tabela 35 apresenta o número de benefícios emitidos pelo INSS para os municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato no ano de 2005.



Considerando dados de Cepro para o ano de 2005 no que se refere ao número de benefícios pagos pelo INSS aos municípios em estudo, constata-se enorme discrepância entre o município de São Raimundo Nonato, com 8.598 pessoas beneficiadas, a maioria delas da zona rural (84,6%) e o município de São Lourenço com apenas 56 beneficiados. O maior número de benefícios em São Raimundo Nonato totalizando R\$ 2.530.008,82 favorece a maior dinamicidade deste município. O número de pessoas beneficiadas com pensão e aposentadorias no núcleo para o ano de 2005 totaliza 9.617, o que corresponde a 19,7% da população total que em 2005 era de 48.807 pessoas de acordo com estimativas do IBGE.

Tabela 35 - Número de benefícios, total de beneficiados, % de beneficiados em relação à população Total dos Municípios (2005), valor total e valor médio (R\$) pago por beneficiário dos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Municípios	Nº de Benefícios		Total de Beneficiados	% de Beneficiados em relação à população estimada dos Municípios (2005)	Valor (R\$) total	Valor (R\$) Médio por beneficiário
	Urbano	Rural				
Bonfim do Piauí	40	215	255	5,3	77.174,00	302,64
Coronel José Dias	20	280	300	6,6	89.474,37	298,24
Dirceu Arcoverde	42	366	408	6,8	122.053,66	299,15
São Lourenço	9	47	56	1,3	15.782,07	281,82
São Raimundo Nonato	1.355	7.243	8.598	29,7	2.530.008,82	294,25
<b>Somatório das variáveis para Núcleo</b>	<b>1.466</b>	<b>8.151</b>	<b>9.617</b>	<b>19,7</b>	<b>2.835.492,9</b>	<b>--</b>

Fonte: CEPRO, 2005.

Um outro fator propulsor de dinamicidade na economia da área de estudo é o benefício do PBF. Os dados referentes à quantidade de pessoas beneficiadas com o programa para o ano de 2008 são apresentados na Tabela 36.

O PBF objetiva reduzir os elevados índices de pobreza, melhorando o perfil das desigualdades sociais. Na Tabela 36 pode-se constatar a importância do PBF para os municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato, em especial para Bonfim do Piauí, Coronel José Dias e São Lourenço do Piauí que apresentam de acordo com dados do Ministério do Desenvolvimento Social (2008) 71,9%, 68% e 62,9% de suas populações beneficiadas pelo respectivo programa.

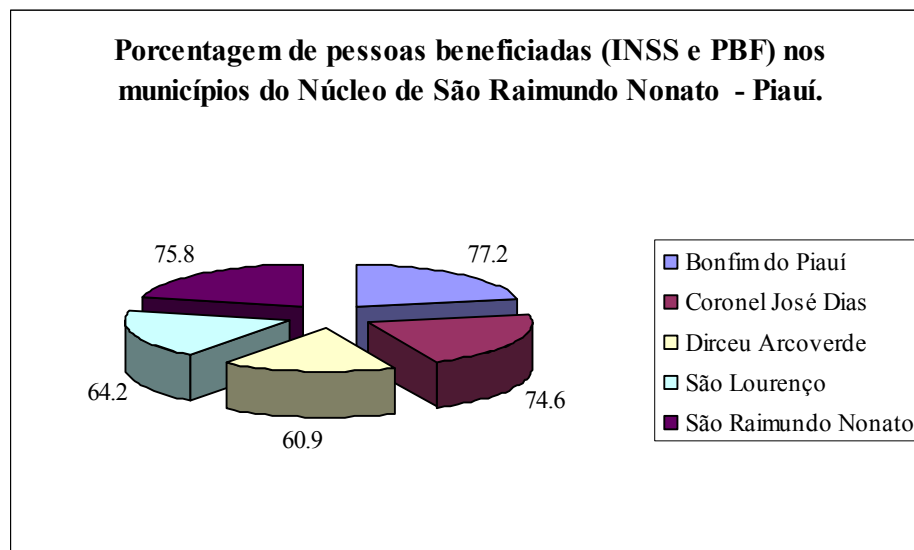
Tabela 36 – Número absoluto e relativo de famílias e pessoas cadastradas e beneficiadas no PBF em 2008 nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Municípios	Programa Bolsa - família				% de pessoas beneficiadas em relação à população estimada do município (2008)
	Famílias Cadastradas	Pessoas Cadastradas	Famílias Beneficiadas	Pessoas Beneficiadas	
Bonfim do Piauí	1.312	4.762	929	3.835	71,9
Coronel José Dias	1.336	4.154	871	3.049	68,0
Dirceu Arcoverde	1.416	5.208	923	3.744	54,1
São Lourenço	1.219	4.051	836	3.172	62,9
São Raimundo Nonato	6.926	22.326	3.796	14.630	46,1
<b>Somatório das variáveis</b>	<b>12.209</b>	<b>40.501</b>	<b>7.355</b>	<b>28.430</b>	<b>54,6</b>

Fonte: [http://www.mds.gov.br/bolsafamilia/menu\\_superior/relatorios\\_e\\_estatisticas/relatorios-e-estatisticas/](http://www.mds.gov.br/bolsafamilia/menu_superior/relatorios_e_estatisticas/relatorios-e-estatisticas/)

O gráfico da Figura 48 apresenta a porcentagem de pessoas beneficiadas com pensão, aposentadorias e ainda com o PBF no Núcleo de São Raimundo Nonato.

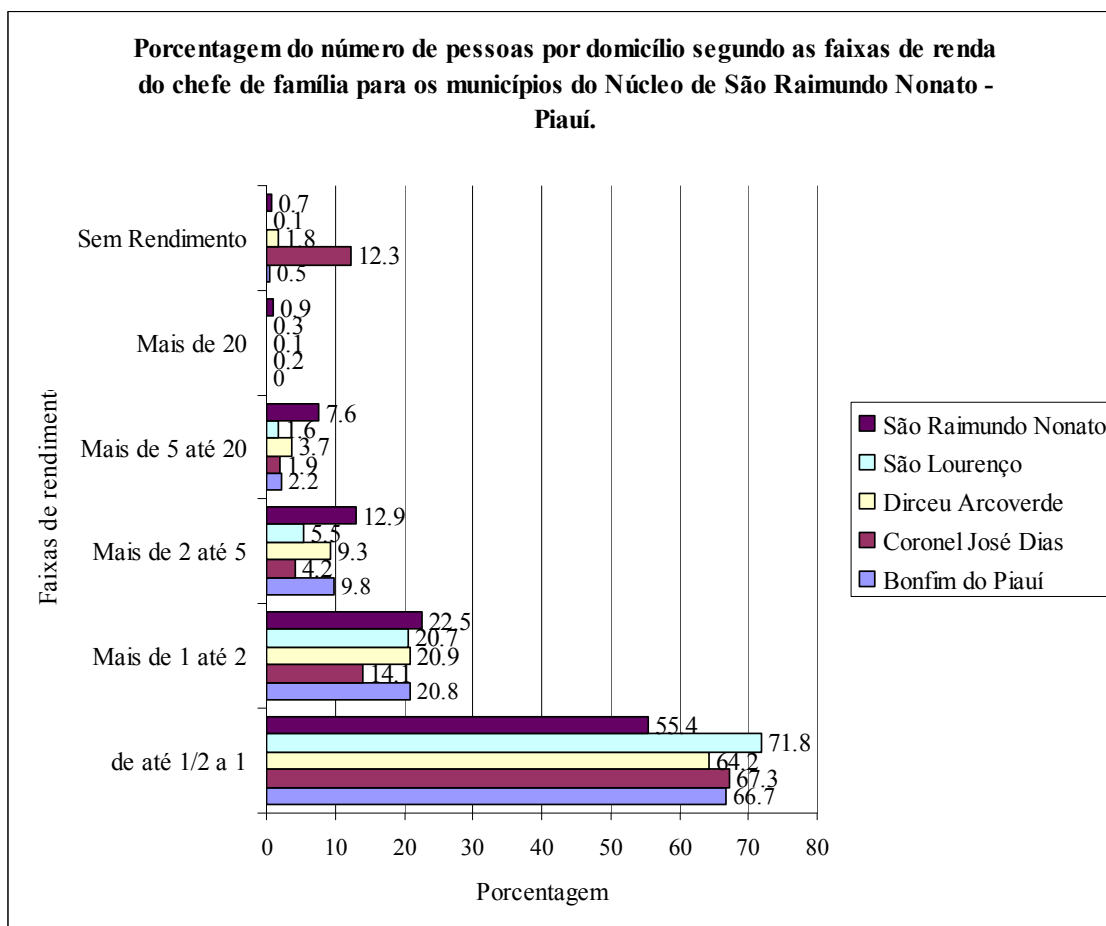
Figura 48 - Porcentagem de pessoas beneficiadas (INSS e PBF) nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato - Piauí.



Ante o exposto confirma-se a existência de uma economia sem produção, no Núcleo de São Raimundo Nonato.

Com relação aos rendimentos mensais auferidos pelo chefe de família pode-se constatar no gráfico da Figura 49 que em todos os municípios mais da metade da população enquadra-se na faixa de renda de  $\frac{1}{2}$  a 1 salário mínimo. Estas classes perfazem 66,7%, 67,3%, 64,2%, 71,8% e 55,4% para os municípios de Bonfim do Piauí, Coronel José Dias, Dirceu Arcoverde, São Lourenço do Piauí e São Raimundo Nonato respectivamente, fato que justifica o grande número de pessoas beneficiadas pelo Programa Bolsa Família na área de estudo.

Figura 49 - Porcentagem do número de pessoas por domicílio, segundo as faixas de renda do chefe de família para os municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato - Piauí.



Este dados revelam à estagnação econômica do Núcleo de São Raimundo Nonato. Acredita-se que parte significativa destes baixos rendimentos resultem das pensões, aposentadorias e de transferências diretas de renda feitas pela União.

Considerando o aspecto social será realizada uma rápida análise da área de estudo a partir do Índice de Desenvolvimento Familiar (IDF), desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica e Sociais (Ipea), este índice busca sintetizar, em um único número, as informações de 6 dimensões quais sejam: a) *ausência de vulnerabilidade*, b) *acesso ao conhecimento*, c) *acesso ao trabalho*, d) *disponibilidade de recurso*, e) *desenvolvimento infantil* e f) *condições habitacionais*. Este índice é constituído por 26 componentes e 48 indicadores socioeconômicos e foi criado com base nos dados do Cadastro Único, instrumento de identificação e caracterização sócio-econômica das famílias pobres do País.

A opção pelo referido índice justifica-se pelo maior número de variáveis que agrega, podendo proporcionar uma representação mais próxima da realidade socioeconômica do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Vale ressaltar que este índice contempla apenas as pessoas que estão inscritas no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico), contudo, dados da Tabela 37 permitem avaliar a grande representatividade deste dados posto que em todos os municípios estudados mais de 70% da população está inscrita no CadÚnico.

Tabela 37 – Relação entre população estimada em 2008 e pessoas cadastradas no CadÚnico nos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Municípios	População estimada em 2008	Pessoas cadastradas no CadÚnico	% da população total em relação às pessoas cadastradas no CadÚnico
Bonfim do Piauí	5.334	4.762	89,2
Coronel José Dias	4.481	4.154	92,7
Dirceu Arcoverde	6.915	5.208	75,3
São Lourenço	5.014	4.051	80,4
São Raimundo Nonato	31.744	22.326	70,3
<b>Somatório das variáveis</b>	53.515	40.501	75,7

Fonte: [http://www.mds.gov.br/bolsafamilia/menu\\_superior/relatorios\\_e\\_estatisticas/relatorios-e-estatisticas/](http://www.mds.gov.br/bolsafamilia/menu_superior/relatorios_e_estatisticas/relatorios-e-estatisticas/)

O IDF varia de 0 a 1, sendo que quanto mais perto de 1, melhores as condições das famílias. Para analisar o nível de desenvolvimento das famílias, utilizou-se uma hierarquização semelhante ao do IDH. Neste caso, municípios com IDF acima de 0,80 seriam considerados com alto nível de desenvolvimento, entre 0,50 e 0,79 com médio desenvolvimento e, finalmente, índices menores que 0,50, baixo nível de desenvolvimento.

A Tabela 38 apresenta as variáveis e os valores de IDF para os municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Tabela 38 - Valores de IDF para os municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Variáveis	IDF				
	Municípios				
	Bonfim do Piauí	Coronel José Dias	Dirceu Arcoverde	São Lourenço do Piauí	São R <sup>do</sup> Nonato
<b>Índice de Desenvolvimento da Família - IDF</b>	0,51	0,48	0,51	0,51	0,51
<b>Ausência de Vulnerabilidade</b>	0,74	0,74	0,75	0,76	0,72
<b>Gestação e Amamentação</b>	0,94	0,96	0,96	0,98	0,94
Ausência de gestantes;	0,99	0,98	0,99	0,99	0,97
Ausência de mães amamentando	0,88	0,95	0,92	0,96	0,92
<b>Atenção e cuidados especiais com crianças, adolescentes e jovens</b>	0,45	0,51	0,45	0,46	0,46
Ausência de crianças (0-6 anos);	0,65	0,71	0,69	0,67	0,67
Ausência de crianças e adolescentes (0-14 anos)	0,38	0,45	0,37	0,41	0,40
Ausência de crianças, jovens e adolescentes (0 - 17 anos)	0,30	0,36	0,27	0,30	0,32
<b>Atenção e cuidados especiais com portadores de deficiências e idosos</b>	0,92	0,94	0,95	0,95	0,92
Ausência de portadores de deficiência	0,95	0,98	0,96	0,98	0,97
Ausência de idosos	0,89	0,90	0,94	0,93	0,88
<b>Dependência Econômica</b>	0,67	0,56	0,66	0,65	0,56
Presença de cônjuge	0,78	0,58	0,76	0,73	0,60
Mais da metade dos membros da família encontra-se em idade ativa.	0,55	0,54	0,56	0,57	0,51
<b>Acesso ao conhecimento</b>	0,26	0,24	0,32	0,35	0,31
<b>Analfabetismo</b>	0,46	0,43	0,55	0,63	0,54
Ausência de adultos analfabetos	0,66	0,64	0,77	0,78	0,67
Ausência de adultos analfabetos funcionais	0,27	0,22	0,34	0,47	0,42
<b>Escolaridade</b>	0,06	0,04	0,08	0,07	0,08
Presença de pelo menos um(1) adulto com ensino fundamental completo.;	0,17	0,13	0,23	0,20	0,24
Presença de pelo menos um (1) adulto com ensino médio completo;	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01
Presença de pelo menos um (1) adulto com alguma educação superior.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cont. Tabela 38 - Valores de IDF para os municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Variáveis	IDF				
	Municípios				
	Bonfim do Piauí	Coronel José Dias	Dirceu Arcoverde	São Lourenço do Piauí	São R <sup>do</sup> Nonato
<b>Acesso ao trabalho</b>	0,25	0,14	0,16	0,22	0,12
<b>Disponibilidade de trabalho</b>	0,73	0,41	0,34	0,62	0,20
Mais da metade dos membros em idade ativa encontram-se ocupados;	0,73	0,41	0,34	0,62	0,20
Qualidade do posto de trabalho;	0,02	0,02	0,15	0,03	0,15
Presença de pelo menos um (1) ocupado no setor formal;	0,01	0,00	0,08	0,03	0,02
Presença de pelo menos um (1) ocupado em atividade não agrícola	0,04	0,05	0,22	0,04	0,27
<b>Produtividade do trabalho</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Presença de pelo menos um (1) ocupado com rendimento superior a 1 salário mínimo;	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Presença de pelo menos 1 ocupado com rendimento superior a 2 salários mínimos;	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Disponibilidade de Recursos</b>	0,36	0,35	0,40	0,36	0,35
<b>Extrema pobreza</b>	0,12	0,10	0,23	0,13	0,13
Despesa familiar per capita superior à linha de extrema pobreza	0,11	0,11	0,37	0,11	0,12
Renda familiar per capita superior à linha de extrema pobreza;	0,15	0,16	0,22	0,20	0,23
Despesa com alimentos superior à linha de extrema pobreza.	0,10	0,04	0,09	0,09	0,03
<b>Pobreza</b>	0,10	0,06	0,09	0,09	0,07
Despesa familiar per capita superior à linha de pobreza;	0,09	0,03	0,07	0,06	0,02
Renda familiar per capita superior à linha de pobreza	0,11	0,08	0,10	0,11	0,13
<b>Capacidade de geração de renda</b>	0,87	0,89	0,87	0,88	0,85
Maior parte da renda não advém de transferências	0,87	0,89	0,87	0,88	0,85
<b>Desenvolvimento Infantil</b>	0,95	0,94	0,94	0,93	0,94
<b>Trabalho precoce</b>	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00
Ausência de criança com menos de 14 anos trabalhando;	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ausência de criança com menos de 16 anos trabalhando	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00

Cont. Tabela 38 - Valores de IDF para os municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato.

Variáveis	IDF				
	Municípios				
	Bonfim do Piauí	Coronel José Dias	Dirceu Arcoverde	São Lourenço do Piauí	São R <sup>do</sup> Nonato
<b>Acesso à escola</b>	0,89	0,88	0,87	0,85	0,86
Ausência de criança até 6 anos fora da escola;	0,75	0,77	0,74	0,70	0,71
Ausência de criança de 7-14 anos fora da escola;	0,98	0,94	0,95	0,93	0,94
Ausência de criança de 7-17 anos fora da escola	0,96	0,93	0,93	0,92	0,92
<b>Progresso Escolar</b>	0,96	0,95	0,96	0,94	0,95
Ausência de criança de até 14 anos com mais de 2 anos de atraso escolar;	0,89	0,87	0,88	0,84	0,88
Ausência de adolescente de 10 a 14 anos analfabeto;	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Ausência de jovem de 15 a 17 anos analfabeto.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Condições Habitacionais</b>	0,48	0,48	0,50	0,44	0,64
<b>Propriedade do domicílio</b>	0,93	0,93	0,91	0,87	0,85
Domicílio próprio;	0,88	0,88	0,86	0,81	0,81
Domicílio próprio,cedido ou invadido	0,98	0,98	0,97	0,93	0,89
<b>Déficit habitacional</b>	0,71	0,82	0,75	0,77	0,65
Densidade de até 2 moradores por dormitório	0,71	0,82	0,75	0,77	0,65
<b>Abrigabilidade</b>	0,98	1,00	0,98	0,99	0,99
Material de construção permanente	0,98	1,00	0,98	0,99	0,99
<b>Acesso adequado à água</b>	0,10	0,06	0,23	0,07	0,55
Acesso adequado à água	0,10	0,06	0,23	0,07	0,55
<b>Acesso adequado a esgotamento sanitário</b>	0,18	0,07	0,19	0,12	0,37
Esgotamento sanitário adequado	0,18	0,07	0,19	0,12	0,37
<b>Acesso à coleta de lixo</b>	0,12	0,16	0,19	0,07	0,47
Coleta de lixo	0,12	0,16	0,19	0,07	0,47
<b>Acesso à eletricidade</b>	0,32	0,30	0,28	0,19	0,62
Acesso à eletricidade	0,32	0,30	0,28	0,19	0,62

Fonte: [http://www.mds.gov.br/bolsafamilia/menu\\_superior/relatorios\\_e\\_estatisticas/relatorios-e-estatisticas/](http://www.mds.gov.br/bolsafamilia/menu_superior/relatorios_e_estatisticas/relatorios-e-estatisticas/)



A partir da hierarquização estabelecida, verifica-se que quatro dos cinco municípios apresentam IDF sintético de 0,51 o que permite inferir uma situação de médio desenvolvimento das famílias, a exceção é o município de Coronel José Dias, que apresentou IDF de 0,48, portanto, de baixo nível de desenvolvimento das famílias do referido município.

As principais carências dos municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato referem-se ao acesso ao trabalho e ao conhecimento. O nível de escolaridade das famílias é uma das principais deficiências, os indicadores médios nessa dimensão ficaram em 0,06, 0,04, 0,08, 0,07 e 0,08 para os municípios de Bonfim do Piauí, Coronel José Dias, Dirceu Arcoverde, São Lourenço do Piauí e São Raimundo Nonato respectivamente. Este baixo nível de escolaridade reflete-se em dificuldades de acesso ao trabalho.

Quando se compara os valores médios das dimensões acesso ao trabalho e ao conhecimento para o Estado do Piauí, pode-se constatar que estes também são muito baixos 0,19 e 0,27 e reforçam a ideia de um quadro histórico de exclusão, caracterizado por um acesso restrito à educação e ao mercado de trabalho, bem como a outros mecanismos de geração de emprego e renda, o que reforça a ideia de um ciclo de pobreza de há muito instaurado no Núcleo de São Raimundo Nonato.

São significativas também as deficiências dos municípios estudados no tocante ao acesso adequado à água, ao esgotamento sanitário e à coleta de lixo, conforme Tabela 38. Esta situação precária é resultado da falta de investimentos para implantação de redes de esgotos e instalações sanitárias.

De modo geral, os dados relativos aos aspectos econômicos e sociais do Núcleo de São Raimundo Nonato denotam o declínio das atividades agrícolas tradicionais (agricultura e pecuária), fato que ao longo das últimas décadas tem aumentado a dependência da população em relação a transferências diretas de renda promovidas pelo governo federal. A pouca disponibilidade de capital, de tecnologia e ainda de escolaridade são fatores que impedem o acesso dessa população a novas tendências econômicas a exemplo da apicultura e da atividade turística consideradas como as mais promissoras na região. A dinamização econômica da área a partir destas atividades

favoreceria a modificação das relações sociais com conseqüente diminuição da dependência de verbas governamentais ou assistência social nos municípios integrantes do Núcleo.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não tenho um caminho novo.  
O que tenho de novo é um jeito de caminhar.  
(Thiago de Melo)

As principais conclusões obtidas neste estudo estão elencadas a seguir:

1. O presente estudo a partir de aspectos geológicos, geomorfológicos e topográficos (MDE's) identificou unidades geoambientais diferenciadas no Núcleo de São Raimundo Nonato, a saber: Superfície Conservada Sedimentar, Superfície Conservada Cristalina, Superfície Pedimentada, Planície Fluvial e os Vales Pedimentados e Interplanálticos, que em função de suas especificidades precisam ser pensadas de forma particularizada para fins de uso, ocupação e exploração racional e sustentável.
2. O risco de degradação física considerado na pesquisa “constante” evidenciou que 8,3%, 81%, e 10,7% da área total do Núcleo apresenta risco baixo, médio e alto, havendo predomínio das classes moderada e alta que juntas perfazem 91,7% da área total.
3. A degradação efetiva da área total do Núcleo considerando o emprego do NDVI em uma análise multitemporal denota para o ano de 1987 os seguintes níveis de degradação efetiva 70% (moderado) e 30% (alto). Para o ano 2007 constata-se que 71,% da área apresenta estado efetivo de degradação moderado e 29% degradação alta. Estes dados revelam uma situação de equilíbrio ecológico dinâmico na área com tendência à melhoria, embora que pequena nas condições de degradação ambiental, ou seja, no processo de desertificação.
4. Embora o emprego das equações de regressão tenha identificado um grau de equilíbrio ecológico dinâmico no âmbito do Núcleo de São Raimundo Nonato como um todo, nas unidades geoambientais Superfície Pedimentada e Planície

Fluvial os processos de morfogênese são intensificados. A vegetação de caráter decidual e bastante antropizada nestas unidades não consegue desempenhar um papel efetivo contra os processos erosivos, resultando em acentuado grau de desequilíbrio ambiental.

5. Seja dispensada atenção especial e realizados estudos mais detalhados nas áreas com alto risco de degradação física objetivando a adoção de formas de uso e ações tecnicamente adequadas a esta condição, bem como, a promoção de ações que visem à recuperação das áreas de alta degradação efetiva, especialmente nas áreas da Planície Fluvial. Vale ressaltar que para a consecução destas propostas faz-se necessário a revitalização dos serviços de assistência técnica e de extensão rural e ainda a implantação das legislações ambientais pertinentes.
6. Em ambas as análises de degradação (física e efetiva) constata-se a predominância das classes moderada e alta, posto os aspectos físicos e bióticos regionais estarem submetidos a um ritmo altamente sazonal, resultado de forte irregularidade climática e de aridez significativa com comprometimento dos recursos hídricos e desencadeamento de processos de degradação/desertificação.
7. A metodologia com o uso do NDVI mostrou-se sensível e eficiente à análise da degradação nas diferentes unidades geoambientais, indicando a priori haver indícios de diminuição da degradação efetiva na área de estudo, em face da revegetação da área, fato que tende a minimizar o processo de desertificação.
8. Embora os resultados evidenciem uma melhoria nas condições do ambiente, vale ressaltar que esta constatação exige cautela e uma análise têmporo-espacial mais aprofundada, posto a predominância na área de uma estrutura fundiária dominada por pequenas propriedades especialmente na Superfície Pedimentada e no Vale Fluvial, que implica em um uso intensivo dos recursos naturais baseado em formas rudimentares do uso da terra, em face dos baixos níveis econômicos e tecnológicos empregados que combinados ao clima tipicamente semiárido podem acentuar a degradação/desertificação.

9. Os produtos cartográficos elaborados e que identificam áreas com diferentes níveis de comprometimento ambiental resultante de suas diferentes fragilidades, devem orientar ações tecnicamente adequadas a estas condições.
10. O declínio e estagnação econômica da área constatados ao longo dos anos analisados a partir da redução de áreas plantadas, da produtividade das principais culturas temporárias e permanente, aliada a redução efetiva dos rebanhos quer em número de cabeças e/ou de unidades animais, reforçam a tese de diminuição da degradação efetiva na área de estudo;
11. Embora a redução do tamanho dos rebanhos e das áreas cultivadas com culturas temporárias contribuam positivamente para a diminuição do processo de degradação, faz-se necessário um estudo que mostre como esses fatos afetam a economia global da região principalmente nos aspectos da produção de alimentos e a qualidade de vida das populações locais;
12. Apesar da estagnação econômica, nota-se uma forte disseminação de políticas públicas com transferência de rendas governamentais ou assistência social, a partir de pensões, aposentadorias e ainda de programas de governo na área de estudo a exemplo do Bolsa Família. Os municípios do Núcleo de São Raimundo Nonato não possuem folego municipal próprio para alavancar programas de desenvolvimento social e econômico.
13. Faz-se necessário a diversificação das atividades econômicas a partir da formulação de políticas públicas de desenvolvimento adequadas às potencialidades da área estudada, que foram identificadas no presente estudo como a apicultura e a ovinocaprinocultura, como forma de gerar emprego e renda, objetivando a transformação efetiva da realidade social e econômica das populações locais.
14. Considerando a importância do Parque Nacional Serra da Capivara deve haver o fortalecimento da atividade turística na região. O incentivo e aumento de recursos para este setor tenderá a aumentar o aporte financeiro na área de estudo, bem como, a inclusão social.

15. É necessário que haja a formulação e implementação de Planos de Ações Estaduais (PAE) e Municipais (PAM) de combate à desertificação para os municípios da área de estudo, que segundo a CCD constituem-se áreas suscetíveis à desertificação.
16. Recomenda-se o fomento e a inclusão de linhas de pesquisa relacionada ao tema da desertificação junto a fundações estaduais de amparo a pesquisa e demais órgãos públicos, como forma de incentivar novas pesquisas e reforçar as já existentes.
17. A integração das características físicas (morfo-estruturais, climáticas, pedológicas, vegetacionais) com aspectos econômicos e sociais por meio de mapas, tabelas e quadros sínteses, considerando o enfoque integrado da paisagem permitiu uma maior compreensão acerca do problema da degradação/desertificação na área de estudo.
18. Os resultados obtidos nesse trabalho, embora ainda necessitem de aprofundamento, constituem uma tentativa de contribuir com os esforços de combate à desertificação promovido pelo Programa de ação Nacional de Combate à desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAN-BRASIL, que estabelece como prioridade o fortalecimento da base de conhecimentos sobre este processo nas áreas a ele suscetíveis.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

AB' SABER, Aziz. Floram: Nordeste Seco. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 4, n. 9, p.149-174, 1990. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/ea/v4n9/v4n9a07.pdf>>. Acesso em março de 2008.

AB'SABER, A. N. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. Instituto de Geografia, USP, (geomorfologia, nº 53), São Paulo, 1977.

ABRAHAM, E. M. & TORRES, L.M. Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificación y la sequía em América Latina y el Caribe. **Interciência**, Caracas, v. 32, nº 12, p.827 -833, Dezembro, 2007.

ABRAHAM, E. M.; MONTANA, E. & TORRES, L.M Desertificación e indicadores: posibilidades de medición integrada de fenômenos complejos. **Scripta Nova**, Barcelona, v. X, nº 214, junho, 2006.

ACCIOLY, L.J.O.; COSTA, T. C.; OLIVEIRA, M.A.J.; SILVA, F.HB.B.; BURGOS, N. O papel do sensoriamento remoto na avaliação e no monitoramento dos processos de desertificação do semiárido brasileiro. In: **I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**, Aracaju, p.17-18, out., 2002a.

ACCIOLY, L.J.O.; GARÇON, E.A.M.; BARROS, M.R.O.; BOTELHO, F. Avaliação de alvos em áreas sob desertificação no semiárido paraibano com base nos sensores Hyperion e LANDSAT7 ETM+. In: **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, p. 347-353, Abril, 2005.

ACCIOLY, L.J.O.; PACHECO, A.; COSTA, T.C.C.; LOPES, O.F.; OLIVEIRA, M.A.J. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/LANDSAT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, nº 3, p. 492-498, 2002b.

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S. ; SANTOS, J.R. Manejo da cobertura do solos e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, nº 1, p. 136-141, 2002.

ALMEIDA, J. R. **Planejamento Ambiental: Caminho para a participação popular e gestão ambiental para o nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Thex Ed., 1999.

ANDRADE, K. S.; FEITOSA, P.H.C.; BARBOSA, M.P. Sensoriamento remoto e sig na identificação de áreas em processo de desertificação no município de Serra Branca – PB: estudo de caso. In: Anais **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 4351-4356, abril, 2007.

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, Fortaleza, 2002.

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. & SALES, M.C.L. Suscetibilidade das Terras Secas do estado do Piauí à desertificação: avaliação a partir de índices. **Mercator**, Fortaleza, ano 05, nº, p. 49 – 60, 2006.

ARAÚJO, A. E.; BARBOSA, M. P.; MORAES NETO, J.M. Geoprocessamento no estudo degradação ambiental e dos riscos a desastres no município de Sousa, Paraíba, desde uma perspectiva social. In: Anais **XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Belo Horizonte, p. 1715-1724, abril, 2003.

ARRUDA, M. B. **Conservação, ecologia humana e sustentabilidade na caatinga: estudo da região do Parque Nacional da Serra da Capivara (PI)**. Brasília: IBAMA, 1997. (Série Meio Ambiente em Debate, nº13).

BACELAR, T. A “questão regional” e a “questão nordestina”. In: TAVARES, M. C.(org.). **Celso Furtado e o Brasil**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2000.



BARBOSA, M. P. et al. Estudo da degradação das terras – município de Picos – PI. In: Anais **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 4357-4363, abril, 2007.

BARROS, K. O.; FARIA, M. M.; ALMEIDA, C.C.; PEREIRA, T.T.C. A pesquisa em desertificação no Brasil: cenários e perspectivas. **Geografia: Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 12, nº 2, p. 55-62, 2008.

BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; MELO, F. B. Melo. Mamona consorciada com feijão visando produção de biodiesel, emprego e renda. **Socioeconomia Bahia Agrícola**, Bahia, v.5, nº2, p. 37-37, nov. 2002.

BERRY, L. & FORD, R.B. **Recommendations for a system to monitor critical indicators in áreas prone to desertification**. Massachusetts: Clark University, 1977.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTONI, J. & F. LOMBARDI NETO. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone ed., 1999.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, nº 13, 1972.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. RA'EGA, Curitiba, nº 8, p. 141 – 152, 2004.

BOAVENTURA, R. S. Erosão acelerada e desertificação. In: **SEMINÁRIO SOBRE DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE**. Brasília: SEMA, 1986.

BRAGA, C.C.; BRITO, J.I.B.; SANSIGOLO, C.A.. Sazonalidade de índice de Vegetação sobre o Nordeste do Brasil. Disponível em: <[http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/09.12.13.37/doc/Braga\\_Sazonalidade%20de%20indice.pdf.pdf](http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/09.12.13.37/doc/Braga_Sazonalidade%20de%20indice.pdf.pdf)>. Acesso em 26 novembro, 2008.

BRAGA, C.C.; BRITO, J.I.B.; SANSIGOLO, C.A.; RAO, T. V. R. Tempo de resposta da vegetação às variações sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, p. 149-157, 2003.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. **Levantamento de Recursos Naturais**: Parte das Folhas SC.23 – Rio São Francisco e SC.24 Aracaju. Rio de Janeiro, Vol.1, 1973.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos Países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África – CCD**. Brasília: MMA, 1996. 89p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de ação Nacional de Combate à desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAN-BRASIL**. Edição comemorativa dos 10 anos da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – CCD. Brasília: MMA, 2004. 225p.

BRASIL. **Plano de Ação para o Desenvolvimento Integrado da Bacia do Parnaíba, PLANAP**; Síntese executiva: Território Serra da Capivara. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF. Brasília: Desenhos & Arte Ltda., 2006.

BUENO, C.R.P.; STEIN, D. P.; GARCIA, G. J. Distribuição espacial do potencial natural de erosão na alta e média baixa do rio Jacaré – Pepira, SP. **Revista Ciências Biológicas e do ambiente**, São Paulo, v. 2, nº2, p. 139-153, maio/ago. 2000.

CAMPOS FILHO, O. R. I. de F. da SILVA, A . P. de ANDRADE & J. C. LEPRUN. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, nº 9, p. 1363 – 1370, 1992.

CANDIDO, Humberto Gois. **Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano**. Dissertação, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.

CARVALHO, C.M. & ALMEIDA FILHO, R. Uso de imagens Landsat-TM para avaliar a extensão da desertificação na região de Gilbués, sul do estado do Piauí. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 4365-4372, abril, 2007.

CARVALHO, V. C. de. Abordagem multiescala para o monitoramento de indicadores do processo de desertificação. In: **Anais do X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu, INPE, p. 1539-1551, 2001.

CARVALHO JÚNIOR, O.A. & SILVA, N. C. Detecção de Mudança Espectral uma nova metodologia para análise de séries temporais. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, INPE, p. 5635-5641, 2007.

CECÍLIO, R. A. Estimativa da erosão a partir da Equação Universal de Perdas do solo. Disponível em: <<http://www.nedtec.ufes.br/prof/Roberto/disciplinas/manejo/USLE.pdf>.> Acesso em novembro, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec/Edusp, 1979, 106p.

CHRISTOFOLETTI, A. Aspectos da análise sistêmica em Geografia. **Geografia**, Rio Claro, v.3, nº 6, p 1 – 31, Out.1978.

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

COELHO, M.C.N. Impactos ambientais em áreas urbanas: teoria, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (orgs.) **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19-45.

COIMBRA-FILHO, A.F. & CÂMARA, I. de G. **Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, 1996.

CONTI, José Bueno. A desertificação como forma de degradação ambiental no Brasil. In: RIBEIRO, W.C. (org.). **Patrimônio Ambiental Brasileiro**. São Paulo: EDUSP, 2003.

CONTI, J.B. **Desertificação nos trópicos: proposta de metodologia de estudo aplicada ao nordeste brasileiro**. 1995 - Tese de Livre Docência - Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo, 1995.

COSTA, H. S.; SOUZA FILHO, C. R.; RISSO, A. Análise temporal de NDVI e mapas potenciais naturais de erosão na região do vale do Ribeira, São Paulo. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 3833-3839, abril, 2007.

COSTA, T.C.C.; ACCIOLY, L.J.O.; OLIVEIRA, M.A.J.; BURGOS, N.; SILVA, F.H.B.B. Phytomass mapping of the “Seridó caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indices. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, nº 4, p.707-715, out./dez. 2002.

CPRM. **Mapa Geológico do Estado do Piauí 2006**. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa\\_piaui.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_piaui.pdf) acesso em 25/10/2008.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 2001. 170 p.

DREGNE, H.E. **Desertification of arid lands**. New York: Harwood, 1983. 242 p.

DUARTE, S. M. A.; SILVA, I. de F.; MEDEIROS, B. G. de S.; ALENCAR, M. L. S. de. Levantamento de solo e declividade da microbacia hidrográfica Timbaúba no Brejo do Paraibano, através de técnicas de fotointerpretação e Sistema de Informações

Geográficas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, nº 2, Jun./dez. 2004.

EL-SWAIFY, S.A.; E.W. DANGLER & C.L.ARMSTRONG, **Soil erosion by water in the tropics**. Honolulu: University of Hawaii, 1982. (Research extension service nº 024).

FERREIRA, D. G.; H. P. MELO; F. R. RODRIGUES NETO; P. J. S. NASCIMENTO & V. RODRIGUES. A desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnóstico e Perspectivas. In: **Conferência Nacional e Seminário Latino Americano da Desertificação**. Fortaleza, 1994.

FREIRE, N.C.F.; PACHECO, A.P. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingo. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, p. 525-532, abril, 2005.

FREITAS, M.W.D.de. **Estudo integrado da paisagem no sertão pernambucano (NE-Brasil) com o uso de sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto**. 2007. Dissertação (Mestrado em sensoriamento remoto) - Inpe, São José dos Campos, 2007.

FUMDHAM. Parque Nacional Serra da Capivara. Brasília, 1998.

FUNDAÇÃO CENTRO DE PESQUISAS ECONÔMICAS E SOCIAIS DO PIAUÍ - CEPRO. **Diagnóstico dos Municípios**. Disponível em: <http://www.cepro.pi.gov.br/diagsoseco.php>.> Acessado em março de 2009.

FUNDAÇÃO CENTRO DE PESQUISAS ECONÔMICAS E SOCIAIS DO PIAUÍ – CEPRO. **Piauí em números 2004**. 7º edição, Teresina, 2005. Disponível em <[http://www.cepro.pi.gov.br/download/200909/CEPRO25\\_79990b4617.pdf](http://www.cepro.pi.gov.br/download/200909/CEPRO25_79990b4617.pdf)> Acessado em março de 2009.

GURGEL, H.C.; FERREIRA, N.J.; LUIZ, A. J.B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, nº 1, p. 85-90, 2003.

HARE, F. K. **Desertificação: causas e conseqüências**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1992.

HENKLAIN, J. C. & O. FREIRE. Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de Latossolos do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, p.191–195, 1983.

HUDSON, N. **Soil conservation**. Iowa: Iowa Stte University Press, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censos Agropecuários anos de 1985, 1995/1996 e 2006**. Rio de Janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censos Demográficos anos de 1970, 1980 e 1991**. Rio de Janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Contagem da população 1996 e 2007**. Rio de Janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativa da população 2005 e 2008**. Rio de Janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Agropecuária Municipal – Piauí - anos de 1989, 1995, 2001 e 2006**. Rio de Janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal anos Piauí - de 1991, 1995, 2001 e 2006**. Rio de Janeiro.

INSTITUTO DESERT. **Sobre Desertificação**. Disponível em: <[www.desert.org.br/sobre\\_desert/index.html](http://www.desert.org.br/sobre_desert/index.html)> Acesso em outubro de 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Estatísticas Consolidadas do Recadastramento 2008**. Brasília: Diretoria de Cadastro Rural, 2008.

JACOMINE, P.K.T. - **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Piauí**. Recife: DPP, AgMA/DNPEA, SUDENE/DRN, 1986. (Boletim de pesquisa nº 26).

JACOMINE, P.K.T. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Piauí**. Recife: DPP, AgMA/DNPEA, SUDENE/DRN, 1986. (Boletim Técnico nº 28).

KAZMIERCZAK, M. L. Desenvolvimento de um algoritmo para modelar a suscetibilidade de desertificação no Nordeste do Brasil: Algoritmo ISD<sub>(NEB)</sub>. Anais **IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos, p. 133-143, Set., 1998.

LACERDA, M. A. D.; LACERDA, R. D. de. Planos de combate a desertificação no Nordeste brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 1-14, jan./jun. 2004. Disponível em [www.uepb.edu.br/eduep/rbct/](http://www.uepb.edu.br/eduep/rbct/).

LAL, F.; ELLIOT, W. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. **Soil Erosion: research methods**. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1994. P. 180-208.

LEMOS, J. J. S. Desertificação e Pobreza no Semiárido do Nordeste. In: **Agricultura, Sustentabilidade e o Semiárido**. Fortaleza: UFC; UFV, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.

LEMOS, J. J. S. **Mapa da Pobreza no Brasil**. Fortaleza: UFC, 1999.

LEMOS, J. J.S. Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 32, n. 3 p. 406-429, jul./set. 2001.

LEMOS, J. R. Fitofisionomia de um hectare de caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara, Estado do Piauí, Brasil. In : **Brasil Florestal**, Brasília, nº 75, 2003.

LEPRUN, J. C. **Manejo e conservação de solos no Nordeste**. Recife: SUDENE, 1988.

LIMA, E.R. V. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. In: **Revista Cadernos do LOGEPA – Série Pesquisa**, ano 1, nº 1, p. 1-43, jan./jun. 2003.

LIMA, I.M.M.F. Relevo piauiense: uma proposta de classificação. **Carta CEPRO**, Teresina, v.12, nº 2, p. 55-84, 1987.

LIMA, M. G. de et al. **Normais de temperatura máxima, mínima e média estimadas em função da latitude, longitude e altitude para o estado do Piauí**. Ensaios - Boletim de Pesquisa, v. 1, nº 1, p.1-40, 1982.

LIMA, P.M.P.; V G. BAHIA; N. CURI & M. L.N. SILVA. Princípios de erodibilidade do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, nº 176, p. 38 – 43, 1992.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solos em Campinas - SP. **Bragantia**, Campinas, v.51, nº 2, p. 189-196,1992.

LOPES, H.; SÁTIRO, A.V.; CANDEIAS, A.L.B.; ACCIOLY, L.J.O. Análise preliminar da degradação ambiental na bacia do Brígida- PE utilizando imagens TM e ETM+. In: **II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**, Aracaju, p.1501-1508, nov., 2004.

LOURENÇO, R.W. & LANDIM, P. M. B. Estudo da variabilidade do “índice de Vegetação por Diferença Normalizada / NDVI” utilizando krigagem indicativa. **Holos Environment**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 38-55, 2004.

MABBUTT, J.A. **Desertification Indicadores**. In:**Climatic Change**. University of Washington, nº 9, 1986. p. 113-122.

MAIA, G. G. **Velhas secas em novos sertões**: continuidade e mudanças na economia do semiárido e dos cerrados nordestinos. Brasília: IPEA, 2001.326 p.



MARQUES NETO, R. Considerações sobre a paisagem enquanto recurso metodológico para a Geografia Física. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n.26, p. 243-255, jun. 2008.

MARQUES NETO, Roberto. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações. **Geografia**, Londrina, v. 17, nº. 2, jul./dez. 2008. Disponível em: <http://www.uel.br/revista/geografia>.

MARQUES, J. J. G. de S. M. **Estimativas e comparações dos fatores erosividade das chuvas e erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil**. 1996. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

MARTINS FILHO, E. C. & J. R. C. SILVA. Comparação de métodos de avaliação da erodibilidade em Latossolo Vermelho-amarelo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, p.175 –177, 1985.

MARTINS, G.; COSTA, L. M.C. Comportamento da área plantada, produção e rendimento da castanha do caju no Estado do Ceará, no período de 1958 a 2001. *Revista Humanidades*, Fortaleza, v. 20; nº 2; p. 130-134; jul/dez, 2005.

MATALLO JÚNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectiva**. Brasília: UNESCO, 2001.

MATALLO JÚNIOR, H.; SCHENKEL, C.S. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 1999.

MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, N. C. & FERREIRA, L.G. Avaliação da qualidade altimétrica dos modelos digitais de elevação obtidos a partir da missão SRTM e de curvas de nível do Mapeamento Sistemático Nacional na escala 1:100.000 para o Estado de Goiás e Distrito Federal. In: IX Simpósio Nacional de Cerrado e II Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Brasília, DF, out. 2008.

Ministério do Desenvolvimento social e combate a fome. **Informações Cadastro Único.** Disponível em [http://www.mds.gov.br/bolsafamilia/menu\\_superior/relatorios\\_e\\_estatisticas/relatorios-e-estatisticas/](http://www.mds.gov.br/bolsafamilia/menu_superior/relatorios_e_estatisticas/relatorios-e-estatisticas/). Acessado em outubro de 2009.

MMA. Programa de ação Nacional de Combate à desertificação. Disponível em: <http://desertificacao.cnrh-srh.gov.br/>. Acesso em 12 de novembro de 2008.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2001.127 p.

MONTEIRO, C.A. de F. Análise Rítmica em Climatologia. **Climatologia**, São Paulo, v. 1, 1971. (IGEORG/USP).

MORAES NETO, J. M. BARBOSA, M. P.; FERNANDES, M. F.; SILVA, M.J. Avaliação da Degradação das terras nas regiões oeste e norte da cidade de Campina Grande, PB: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, nº1, p. 180-182, 2002.

NASCIMENTO, F.R. Degradação ambiental e desertificação no Nordeste brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do & SAMPAIO, José Levi Furtado. Geografia Física, Gessistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da Casa de Geografia de Sobral**. Sobral, v.6/7, nº1, p.167-179, 2004/2005.

NIMER, E. Desertificação: realidade ou mito? **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 50, nº 1, p.7 – 39, 1988.

NIMER, E. Subsídios ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 42, nº 3, p.: 612-637, 1980.

NOGUEIRA, F. C. B & LIMA, F. A.M. Classificação climática de Thornthwaite dos municípios de Pacoti e Guaramiranga, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 20, nº 1/2, jun./dez., p. 175 – 183, 1989.

OLIVEIRA – GALVÃO, Ana Lúcia de. **Reconhecimento da susceptibilidade ao desenvolvimento de processos de desertificação no Nordeste brasileiro, a partir da integração de indicadores ambientais**. Tese. (Doutorado em geologia) - Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2001.

OLIVEIRA, L. M.T.; COSTA, T.C.C.; NICÁCIO, R. M.; ANTUNES, M. A. H.; FRANÇA, G. B. Análise das interferências no NDVI do AVHRR e conjunto de dados alternativos. In: **III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**, Aracaju, out., 2006.

PACHECO, A. P.; FREIRE, N.C.F; BORGES, U.N. A degradação ambiental em Xingó: uma visão sinótica numa perspectiva espectro-temporal. In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis, p. 1 – 9, out. 2006. Disponível em: <[http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2006/220.pdf](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2006/220.pdf)>. Acessado em janeiro de 2010.

PARADA, S.; FAÚNDEZ, J. E. **Sistema de indicadores socioeconômicos sobre los impactos de la desertificacion para el combate contra la desertificacion Bolivia, Ecuador y Perú**. Ecuador: Cepa, IICA, S/D.

PEREZ, L.P.; SHIMABUKURO, Y. E.; FERREIRA, N. J.; ANDRÉ, I. R. N. Dinâmica dos principais domínios fitogeográficos do Nordeste Brasileiro e suas conexões com a precipitação. **Geografia**, Rio Claro, v. 29, nº 2, p.1 – 16, mai/ago 2004.

PONZONI, F. J., ALMEIDA, E. S. O parâmetro Kappa da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: **ANAIS do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, p.729 – 733, abril, 1996.

QUEIROZ, T. J.M. **A importancia da borracha de maniçoba na economia do Piauí: 1900-1920**. Teresina: FUNDAPI, 2006.

REINING, P. **Handbook on desertification indicators**. Washington: American Association for the Advancement of Science, 1978. 141p.

RHODES, J. G. **Repensando a desertificação: o que sabemos e o que temos aprendido?**. Fortaleza: ICID, 1992.

RODRIGUES V.; H. MATALLO JÚNIOR; M. C. LINHARES; A. L. C. O. GALVÃO & A .S. GORGÔNIO. **Avaliação do quadro da desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectivas**. Fortaleza: ICID, 1992.

RODRIGUES, V.; M. G. LIMA; M. M. FONTELES; A.J.ALMEIDA FILHO; H. MATALLO JÚNIOR & D.G. FERREIRA. Processos de desertificação no estado do Piauí. **Carta CEPRO**, Teresina, v.12, nº 2, p. 55-84, 1987.

ROMKENS, M. J.M., R.A. YOUNG, J.W. A POESEN, D.C. McCOOL, S.A.EL-SWAIFY e J.M. BRADFORD – Soil Erodibility Factor (K). In: RENARD, K.G., G.R. FODSTER, G.A WEESIES, D. K. McCOOL & D.C. YODER (Coordinators). **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation, Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington: USDA/ARS, Agriculture Handbook nº 703, 1997. ). P 65 – 100

ROMKENS, M. J.M., S. N. PRASAD & J.W. A POESEN. Soil Erodibility na Properties. In: **Analns of the VIII CONGRESS of the ISSS**, Hamburg, p. 492 – 503, out. 1987.

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.9, p. 65-75, 1995.

ROXO, M. J. & J.M. MOURÃO. Um passo contra o deserto: a percepção pública do fenômeno. **Revista Florestal**, Lisboa, XI (1): 30 -34, 1998.

SÁ, I. B.; G. A. FOTIUS & G. R. RICÉ. Degradação ambiental e reabilitação natural no trópico semiárido brasileiro. In: **Conferência Nacional e Seminário Latino Americano da Desertificação**. Fortaleza, agos.,1994.

SÁ, I.B. Monitoramento ambiental: a degradação ambiental no trópico semiárido do Nordeste Brasileiro In: **I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**, Aracaju, p. 17-28, out., 2002.

SALES, M. C. L. **Estudo da degradação ambiental em Gilbués – PI**. Reavaliando o “núcleo de desertificação”. 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia) - USP/FFLCH, São Paulo, 1998.

SALES, M. C. L. **Estudos climáticos, morfo-pedológicos e fitoecológicos no núcleo de desertificação de Irauçuba - Ceará**. 2003. Tese (Doutorado em Geografia) - USP/FFLCH, São Paulo, 2003.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Propensão à desertificação no semiárido brasileiro. **Revista de Geografia**, Recife, v. 22, n. 2, p. 67-80, 2002.

SANTANA, R.N. M.de. **Evolução histórica da economia piauiense e outros estudos**. Teresina: FUNDAPI, 2008.

SANTOS, C.A.C; BRITO, J. I. B. Análise dos índices de extremos para o semiárido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 22, nº 3, p. 303-312, 2007.

SANTOS, J. R. dos; MALDONADO, F. D.; GRAÇA, P. M. L. A. Integração de imagens Landsat/ETM+\_ e CBERS – 2/CCD para detecção de mudanças em área da Amazônia sob domínio da floresta de transição. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v.01, nº 57, p. 15 – 21, 2005.

SANTOS, J.C. dos. **O Quaternário do Parque Nacional Serra da Capivara e entorno, Piauí, Brasil:** morfoestratigrafia, sedimentologia, geocronologia e paleoambientes. 2007. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2007.

SANTOS, P.; NEGRI, A. J. A comparasion of the normalized difference vegetation index and rainfall for the Amazon and northeastern Brazil. **Journal of applied meteorology**, Washington, v. 36, n 7, p. 958-965, 1997.

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

SCHIMABUKURO, Y. E. Índice de Vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 1729- 1737, 1998.

SCHMITZ, P. Caçadores e coletores antigos da Região do cerrado. In: **Cerrado - caracterização, ocupação e perspectivas.** Brasília: UNB, 1990. 657p.

SCHOBENHAUS, C; BRITO NEVES, B.B. A Geologia do Brasil no contexto da plataforma Sul-Americana. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J.H.(org). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil:** textos, mapas & Sig. Brasília: CPRM, 2003.

SHIRAZI, M. A. & BOERSMA, L. A. A unifying quantitative analyses of soil texture. **Soil Science Society of America Proceedings**, Las Vegas, v. 48, nº 1, p.142 – 147, 1984.

SILVA NETO, Augusto Francisco da. **Estudo das vulnerabilidades agro-ambientais frente aos eventos ENOS e a construção social dos riscos em municípios do Cariri Ocidental – Paraíba:** uma análise comparativa.2004. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2004.

SILVA, F.B.; SALVIANO, A.; ANDRADE, J.B. Áreas degradadas em microbacia de Gilbués-PI utilizando imagens do sensor CCD-CBERS-2. Anais **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 4257-4260, abril, 2007.

SILVA, J. R. C.; L. C. U. SAUNDERS; J. B. PAIVA & A. L. RODRIGUES. Erosividade das chuvas de Quixadá – Ceará: resultados do ano de 1980. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 12, nº ½, p. 97-101, 1981.

SILVA, J.R.C. **Erodibilidade dos solos do Ceará: distribuição espacial e avaliação de métodos para sua determinação**. 1994. Tese para concurso de professor titular, Departamento de Solos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994b.

SILVA, M. L. N. **Erodibilidade e impacto direto das gotas de chuva simulada sobre a superfície de Latossolos brasileiros**. 1994. Dissertação (Mestrado em Solos) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994a.

SILVA, M.V.C.; BRITO, E.G.; OLIVEIRA, V.P.V. Sensoriamento remoto e geoprocessamento como subsídio para o estudo de sistemas ambientais e evidências de degradação/desertificação em Canindé – Ceará. In: **II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**, Aracaju, nov., 2004.

SILVA, R. M.; CAMPOS, S.M. F.; SANTOS, C.A. Erosividade da chuva e desertificação no semiárido paraibano. Disponível em: <<http://www.semiluso.com.br/artigoslivros/erosividadedachuva.pdf>>. Acesso em 02 de novembro de 2008.

SOTCHAVA, V.B. **O estudo dos Geossistemas**. Métodos em questão. São Paulo, nº 16, 1977.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; MORAIS NETO, J.M.; FERNANDES, M.F. Estudo do processo de desertificação e das vulnerabilidades do município de Cabaceiras – Paraíba. **Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal**, v. 4, nº 1, p. 89-102, 2007.

SOUZA, B.I.; SILANS, A.M.B.P.; SANTOS, J.B. Contribuição ao estudo da desertificação na bacia do Taperoá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, nº 2/31, p. 292-298, 2004.

SUDENE. **Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste**: Estado do Piauí. Recife, 1990.

TÁVORA, M. R. P. **Erodibilidade e perdas por erosão de Latossolos Vermelho-Amarelo Distrófico e Areias Quartzozas Distróficas na região de Ibiapaba – Ceará**. 1984. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1984.

THORNTHWAITE, C.W & J.R. MATHER. **The Water Balance** - Publications in Climatology. N. Jersey: Centerton, v. VIII, nº 1, 1955.

THORNTHWAITE, C.W. **An approach toward a rational Classification of Climate, The Geographical Review** . New York, v. XXXVIII, p. 55-94,1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J. R. Instructions and Tables for computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. **Publications in Climatology**, Centerton, N. Jersey, v. X nº 3, 311 p, 1957.

TOMASONI, M.A. Contribuição ao estudo de indicadores ambientais. **Geonordeste**, Aracaju, ano XV, nº 2, p. 90-118, 2006.

TORRES, L. M.; MONTANA, E.; ABRAHAM, E. M. La utilización de indicadores socio-económicos en el estudio y la lucha contra la desertificación. Disponível em <http://www.tau.ac.il/eial/current/torres.html>. **acesso em 14 jan.2008**.

Tricart, J. **Ecodinâmica**. Rio. de Janeiro: Fundação IBGE, 1977.

TROPMAIR, H & GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator**, Fortaleza, Ano 5, nº 10, p. 79- 89, 2006.



TROPPEMAIR, H. **Sistemas, Geossistemas, Geossistemas paulista e ecologia da paisagem**. Rio Claro: edição do autor, 2004, 130p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Eds. da UFRGS e da USP, 1993. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4). 952p.

UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification**. Nairóbi, 1991.

UNITED NATIONS. **Convenção Internacional para o combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação particularmente na África**. Brasília: MMA, 1997.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para Identificação de Processos de Desertificação: Manual de Indicadores**. Recife: SUDENE, 1978.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Processos de desertificação ocorrentes no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção**. Recife: SEMA/SUDENE, 1982.

VEADO, R. W. A.; TROPPEMAIR, H. Geossistemas do Estado de Santa Catarina. In: GERARDI, L. H. de O.; MENDES, I. A. (org.). Teoria, técnica, Espaços e Atividades: **Temas de Geografia Contemporânea**. Unesp/AGETEO, Rio Claro, 2001.

VELOSO FILHO, F.; SOUZA D. C.; AQUINO, C. M. S.; MOURA, S. G. Estudo dos arranjos de mel e produtos apícolas de Picos e Teresina (Piauí): principais resultados e implicações de políticas. In: LASTRES, H.M.M.; CASSIOLATO, J. E.(Org.) **Estratégias para o desenvolvimento: um enfoque sobre arranjos produtivos locais do Norte, Nordeste e Centro-oeste brasileiros**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.

VICENS, R. S.; AGAREZ, F.V.; CRUZ, C.M.; NOGUEIRA, C. As variações temporais do NDVI e a dinâmica do funcionamento hídrico em paisagens de tabuleiros costeiros no Norte do Espírito Santo. In: Anais **X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu, p. 1781-1789, abril, 2001.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e Geografia. **Geografia**. Rio Claro, v. 28, n. 3. p. 323-344, 2003.

VITTE, A. C; MELLO, J.P. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas conseqüências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, nº2, p. 107 – 133, jul./dez. 2007.

WISCHMEIER, W. H., D.D. SMITH & R. E. UHLAND. Evaluation of factors in the soil loss equation. **Agricultural Engineering**, 39: 458 – 462. 1958.

WISCHMEIER, W. H., C. B. JOHNSON & B. V. CROSS. A soil Erodibility Nomograph for Farmland and construction Site. **Journal of soil and Water Conservation**, 26: 189 – 193. 1971.

## **ANEXOS**

## Anexo 1 - Equação para cálculo do valor crítico do processo de Degradação física.

Equação de regressão: $y = a + bx$
1) Equação para o somatório dos valores mínimos dos índices ( R, K, D e IC), portanto, um valor de $x = 4$ ) Se $x = 4$ , então $Y = 0$ , daí a equação: $4b + a = 0$ (1)
2) Equação para o somatório dos valores máximos de todos os índices, portanto, um valor de $x = 21$ ) Se $x = 21$ , então $Y = 100$ , daí a equação: $21b + a = 100$ (2)
3) Subtrair a equação (1) da equação (2), para encontrar o valor de b $\begin{array}{r} 21b + a = 100 \\ - (4b + a = 0) \\ \text{ou} \\ 21b + a = 100 \\ - 4b - a = 0 \\ \hline 17b = 100 \\ 100 \\ b = \frac{\quad}{17} \quad \text{ou } b = 5.88 \end{array}$
4) Substituir b pelo seu valor (5.88) na equação (1), para encontrar o valor de a: $\begin{array}{r} 4 \times 5.88 + a = 0 \\ \text{ou} \\ 23.52 = -a \\ \text{ou} \\ a = -23.52 \end{array}$
5) A equação de regressão para calcular o valor crítico (y) do processo de degradação será, no presente exemplo: $y = 5.88 x - 23.52$
Fonte: Adaptado de Beltrame (1994)

## Anexo 2 - Equação para cálculo do valor crítico do processo de Degradação Efetiva.

Equação de regressão: $y = a + bx$
1) Equação para o somatório dos valores mínimos de todos os índices ( R, K, D ,Ice NDVI), portanto, um valor de $x = 5$ ) Se $x = 5$ , então $Y = 0$ , daí a equação: $5b + a = 0$ (1)
2) Equação para o somatório dos valores máximos de todos os índices, , portanto, um valor de $x = 27$ ) Se $x = 27$ , então $Y = 100$ , daí a equação: $27b + a = 100$ (2)
3) Subtrair a equação (1) da equação (2), para encontrar o valor de b $\begin{array}{r} 27b + a = 100 \\ - (5b + a = 0) \\ \text{ou} \\ 27b + a = 100 \\ - 5b - a = 0 \\ \hline 22b = 100 \\ 100 \\ b = \frac{\quad}{22} \quad \text{ou } b = 4.55 \end{array}$
4) Substituir b pelo seu valor (4.55) na equação (1), para encontrar o valor de a: $\begin{array}{r} 5 \times 4.55 + a = 0 \\ \text{ou} \\ 22.75 = -a \\ \text{ou} \\ a = -22.75 \end{array}$
5) A equação de regressão para calcular o valor crítico (y) do processo de degradação será, no presente exemplo: $y = 4.55x - 22.75$
Fonte: Adaptado de Beltrame (1994)

Anexo 3 – Equação para cálculo do valor crítico do processo de degradação da cobertura vegetal.

Equação de regressão: $y = a + bx$
1) Equação para o somatório dos valores mínimos de NDVI, portanto, um valor de $x = 1$ Se $x = 1$ , então $Y = 0$ , daí a equação: $b + a = 0$ (1)
2) Equação para o somatório dos valores máximos de NDVI, portanto um valor de $x = 6$ Se $x = 6$ , então $Y = 100$ , daí a equação: $6b + a = 100$ (2)
3) Subtrair a equação (1) da equação (2), para encontrar o valor de b $\begin{array}{r} 6b + a = 100 \\ - (b + a = 0) \\ \hline 5b = 100 \\ b = \frac{100}{5} \quad \text{ou } b = 20,0 \end{array}$
4) Substituir b pelo seu valor (20,0) na equação (1), para encontrar o valor de a: $\begin{array}{r} 20,00 + a = 0 \\ \text{ou} \\ 20 = -a \\ \text{ou} \\ a = -20,0 \end{array}$
5) A equação de regressão para calcular o valor crítico (y) do processo de degradação será, no presente exemplo: $y = 20,0 x - 20,0$
Fonte: Adaptado de Beltrame (1994)