

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Área de Concentração: Ecologia e Organização do Espaço

TÂNIA MARIA SERRA DE JESUS NOLÊTO



FORTALEZA
2005

TÂNIA MARIA SERRA DE JESUS NOLÊTO

**SUSCETIBILIDADE GEOAMBIENTAL DAS TERRAS SECAS DA
MICRORREGIÃO DE SOBRAL/CE À DESERTIFICAÇÃO**

Dissertação apresentada à
Coordenação do Programa Regional de
Pós-Graduação em Desenvolvimento e
Meio Ambiente (PRODEMA), na área de
Ecologia e Organização do Espaço da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para a obtenção do grau
de Mestre, sob orientação do Prof. José
Gerardo Beserra de Oliveira.

**FORTALEZA, CE
2005**

N727s

Nolêto, Tânia Maria Serra de Jesus

Suscetibilidade Geoambiental das Terras Secas da Microrregião de Sobral/Ce à desertificação / Tânia Maria Serra de Jesus Nolêto - Fortaleza: 2005

145 p.

Dissertação (Mestrado). – Universidade Federal do Ceará.

1. Geologia. 2. Geomorfologia. 3. Desertificação. 4. Sobral/Ce.
5. Índice climático. I. Nolêto, Tânia Maria Serra de Jesus. II. Título

CDD 551.415

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários a obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, na área de Ecologia e Organização do Espaço, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Tânia Maria Serra de Jesus Nolêto

Tânia Maria Serra de Jesus Nolêto

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 14/ 09/ 2005
(COM LOUVOR)

José Gerardo Beserra de Oliveira

Professor Dr. José Gerardo Beserra de Oliveira

Orientador

Marta Celina Linhares Sales

Professora Dr^a Marta Celina Linhares Sales

Jacqueline Pires Gonçalves Lustosa

Professora Dr^a Jacqueline Pires Gonçalves Lustosa

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários a obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, na área de Ecologia e Organização do Espaço, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Tânia Maria Serra de Jesus Nolêto

DISSERTAÇÃO APROVADA, COM LOUVOR, EM: 14/ 09/ 2005

Professor Dr. José Gerardo Beserra de Oliveira
Orientador

Professora Dr^a Marta Celina Linhares Sales

Professora Dr^a Jacqueline Pires Gonçalves Lustosa

Dedico a DEUS,

Aos meus pais, Alberto e Amparo, à
minha mãe Vane (*in memoriam*) e a
minha querida Teresina.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por tudo; pela oportunidade de estudo, pelas experiências, por todos os momentos, pela VIDA.

Ao Professor José Gerardo, pela orientação; pela amizade; por sua simplicidade; por sua disposição incondicional à realização deste trabalho, pela disponibilidade do laboratório e equipamentos; pela alegria de viver e pelo convite para o Mestrado.

À Professora Marta Celina, pela companhia nas viagens de campo e no laboratório; pelas sugestões que muito contribuíram para a realização deste trabalho; pela amizade.

À Professora e amiga Jacqueline pela companhia, pelas conversas e por sua alegria de viver.

Ao PRODEMA pela preocupação com o Meio Ambiente e pela oportunidade de estudo oferecida.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo e ao CNPq e a FUNCAP com a ajuda de custo para o trabalho e as viagens de campo.

Aos Professores: Irlane Gonçalves de Abreu, Francisco de Assis Veloso Filho, Agostinho de Paula Brito Cavalcante, Cláudia Maria Sabóia de Aquino e demais professores da UFPI. À Professora Vlândia Pinto Vidal de Oliveira e aos demais professores do PRODEMA.

Aos Amigos.

Aos meus avós.

Aos meus sobrinhos: Paulinho, Pedrinho e Stellinha.

Aos meus irmãos: Paulo, Bebeto e Bruno.

Ao Murilo, a quem admiro; pelos bons momentos e por seu exemplo de amor e dedicação à profissão.

E, finalmente, aos meus pais, ALBERTO e AMPARO, pelo amor, pelo apoio e por tudo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	17
2.1 Revisão da literatura.....	19
2.2 A desertificação.....	19
2.1.2 O processo de desertificação e a erosão dos solos.....	21
2.1.3 Erosão e Equação Universal de Perdas de Solos – (EUPS).....	23
2.1.3.1 Erosividade da chuva (R).....	26
2.1.3.2 Erodibilidade dos solos (K).....	29
2.1.3.3 Componente Topográfico (SL).....	35
2.1.3.4 Cobertura Vegetal (C).....	36
2.1.3.5 Severidade do clima.....	38
2.2 Estudos de desertificação no nordeste brasileiro e no Estado do Ceará.....	40
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3.1 Caracterização da área de estudo.....	46
3.1.1 Características Geoambientais.....	47
I. Geologia.....	47
II. Geomorfologia.....	51
III. Clima.....	54
IV. Pedologia.....	55
V. Vegetação.....	57
VI. Recursos Hídricos.....	58
3.1.2 Caracterização sócio-econômica dos municípios da Microrregião de Sobral.....	62
3.2 Índice Climático.....	70
3.2.1 Estimativa do Índice de Aridez (IA) para identificação das zonas climáticas da UNEP (1991) da Microrregião de Sobral.....	70

3.3.2 Índice de Severidade do clima.....	74
3.3 Índice de erosão do solo (IES).....	74
3.3.1 Erosividade da chuva (R).....	75
3.3.2 Erodibilidade dos solos (K).....	76
3.3.3 Componente Topográfico (LS).....	78
3.3.4 Cobertura Vegetal (C).....	79
I. Potencial Natural de Erosão – IESN.....	80
II. Potencial Antrópico de Erosão – IESA.....	80
3.4..Suscetibilidade Geoambiental das terras secas da Microrregião de Sobral à desertificação.....	84
I. Suscetibilidade Geoambiental Natural – SGN.....	84
II. Suscetibilidade Geoambiental Antrópica – SGA.....	84
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	85
4.1 A Microrregião de Sobral.....	85
4.2 As terras secas da Microrregião de Sobral.....	85
4.2.1 Índice Climático.....	96
4.2.2 Índice de Erosão dos Solos (IES).....	103
4.2.2.1 Erosividade da chuva (R).....	103
4.2.2.2 Erodibilidade dos solos (K).....	107
4.2.2.3 Componente Topográfico (SL).....	109
4.2.2.4 Cobertura vegetal (C).....	113
I. Potencial Natural de Erosão – IESN.....	113
II. Potencial Antrópico de Erosão – IESA.....	113
4.3 Suscetibilidade Geoambiental das terras secas da Microrregião de Sobral à desertificação.....	119
I. Suscetibilidade Geoambiental Natural – SGN.....	119
II. Suscetibilidade Geoambiental Antrópica – SGA.....	119
6. CONCLUSÕES.....	125
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	127
8. ANEXOS.....	128
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Esquema das etapas da pesquisa desenvolvida nas terras secas da Microrregião de Sobral.....	18
2. Concepção da desertificação segundo ROXO & MOURÃO (1998).....	24
3. Esquema de estudo adotado para avaliar a Suscetibilidade Geoambiental das terras secas da microrregião de Sobral.....	46
4. Microrregião de Sobral.....	49
5. Geologia da Microrregião de Sobral (RADAMBRASIL, 1981).....	50
6. Geomorfologia da Microrregião de Sobral (RADAMBRASIL, 1981).....	53
7. Associações de solos na Microrregião de Sobral (JACOMINE, 1973).....	59
8. Vegetação na Microrregião de Sobral (RADAMBRASIL, 1981).....	60
9. Drenagem na Microrregião de Sobral.....	63
10. Declividade Inferior na Microrregião de Sobral.....	81
11. Declividade Superior na Microrregião de Sobral.....	82
12. Componente Topográfico da Microrregião de Sobral.....	83
13. Precipitação média anual na Microrregião de Sobral.....	88
14. Temperatura média anual na Microrregião de Sobral.....	89
15. Evapotranspiração potencial média anual na Microrregião de Sobral.....	90
16. Evapotranspiração real média anual na Microrregião de Sobral.....	91
17. Índice de Aridez (IA) na Microrregião de Sobral (UNEP, 1991).....	92
18. Índice efetivo de umidade (Im) na Microrregião de Sobral.....	93
19. As terras secas da Microrregião de Sobral.....	94
20. Índice de Severidade do Clima da Microrregião de Sobral.....	95
21. Índice Climático das terras secas da Microrregião de Sobral.....	102
22. Erosividade da chuva na Microrregião de Sobral.....	106

23. Erodibilidade das associações de solos na Microrregião de Sobral.....	112
24. Níveis de cobertura vegetal na microrregião de Sobral.....	116
25. Potencial natural de erosão nas terras secas da Microrregião de Sobral.....	117
26. Potencial antrópico de erosão nas terras secas da Microrregião de Sobral.....	118
27. Suscetibilidade Geoambiental Natural das terras secas da Microrregião de Sobral à desertificação.....	123
28. Suscetibilidade Geoambiental Antrópica das terras secas da Microrregião de Sobral à desertificação.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1. Unidades Litológicas da Microrregião de Sobral.....	51
2. Unidades Geomorfológicas da Microrregião de Sobral.....	54
3. Descrição das associações de solos da Microrregião de Sobral 56 (JACOMINE, 1973).....	
4. Tipos de Cobertura vegetal e percentual de ocorrência na Microrregião de 58 Sobral.....	
5. Principais açudes, suas respectivas Bacias Hidrográfica, capacidade e 61 volume.....	
6. Caracterização sócio-econômica da Microrregião de Sobral 65 (IPLANCE).....	
7. Zonas climáticas e intervalos de IA de acordo com UNEP (1991) e suas 74 classes.....	
8. Intervalos de R com os pesos e as denominações das classes 76 correspondentes a cada intervalo.....	
9. Intervalos de K com os pesos e as denominações das classes 77 correspondentes a cada intervalo.....	
10. Tipos de relevo, suas classes, declividade e pesos atribuídos (LEPSCH, 78 1991).....	
11. Tipos de vegetação encontradas na Microrregião de Sobral, seus 79 respectivos níveis de proteção e pesos atribuídos.....	
12. Caracterização climática da Microrregião de Sobral.....	86
13. Características do clima (média e coeficiente de variação).....	100
14. Tipos de clima.....	101
15. Dados de Erosividade da Microrregião de Sobral.....	105
16. Erodibilidade e tipos de declividade (S) das associações de solos da 108 Microrregião de Sobral.....	
17. Resultados obtidos por SILVA (1994).....	110
18. Percentual das associações de solos e do fator erodibilidade nos 114 municípios da Microrregião de Sobral.....	

19. Área e percentagem de cada município nas classes dos Potenciais Natural e Antrópico de erosão e do Índice de Aridez.....	121
20. Área e percentagem de cada município nas classes de Suscetibilidade Geoambiental Natural e Antrópica de erosão.....	122

RESUMO

A desertificação é um fenômeno que tem ocorrido em diversas partes do mundo, o que levou a Organização das Nações Unidas – ONU a se preocupar com as suas causas e expansão. Irauçuba, município integrante da Microrregião de Sobral é conhecido como um Núcleo de Desertificação. A Microrregião de Sobral destaca-se no Estado do Ceará por sua importância histórica e econômica. Com a finalidade de avaliar a propagação do processo de desertificação nessa área, adotou-se uma metodologia baseada no Índice Climático, representado pelo Índice de Aridez – IA da UNEP e do Índice de Severidade do Clima e, através do uso da Equação Universal de Perdas de Solos – EUPS, com os fatores erosividade, erodibilidade, cobertura vegetal e componente topográfico. Os resultados permitem concluir que 80,10% do território está enquadrado em áreas suscetíveis ao processo de desertificação que são intensificados pelas atividades antrópicas como o desmatamento e a agropecuária.

ABSTRACT

The desertification is a phenomenon that has occurred in diverse parts of the world, what it took the United Nation if to worry about its causes and expansion. Irauçuba, integrant city of the Sobral's Microrgion is known as Nucleus of Desertification. This Microregion is distinguished in the State of the Ceara for its hidtorical and economic importance. With the purpose to evaluate the propagation of the desertication in this area, adopted it a methodology based on the Climatic Index – IC, represented for the Dryness Index – IA of the UNEP and the Index of Severity of the Climate – ISC and through the use of the Universal Soil Loss Equation – USLE, with the factors erosivity, erodibility, topographical component and vegetal covering. The results allow to conclude that 80,10% of the territory are fit in susceptible areas to process of desertification.

1. INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas - ONU, definiu desertificação como a degradação do solo em áreas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, ocasionada por causas diversas, tais como variações climáticas e atividades antrópicas (CNUMAD, 1997).

A desertificação ocorre em diversas partes do mundo. No estado do Ceará o município de Irauçuba é citado como um Núcleo de Desertificação no semi-árido brasileiro (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978), tendo 50,5% de seu território suscetível ao processo (SOARES et alii 1992).

A escolha da Microrregião de Sobral para um estudo da desertificação encontra justificativa nos fatos:

1. O município de Irauçuba está localizado nesta microrregião, que é composta ainda, por mais 11 (onze) municípios apresentando uma população elevada com cerca de 340.000 habitantes, um regime de precipitações médias anuais relativamente baixas com altas taxas anuais de temperatura e evapotranspiração potencial, além de rebanhos significativos e áreas rurais exploráveis vocacionadas para atividades agro-pastoris;
2. Contêm terras das Bacias Hidrográficas do Litoral, Acaraú, Coreaú e Curu, de grande importância para o estado do Ceará, onde são situados açudes que, no seu conjunto, armazenam considerável volume de água;

3. Na microrregião situa-se o município de Sobral que se destaca por ser o mais antigo (surgiu no séc. XVIII) e de valor econômico no passado com a cultura do algodão e as charqueadas. Estas últimas beneficiaram-se com o Porto de Acaraú e muito favoreceram o progresso no norte do Ceará. A Revolução Industrial na Inglaterra e a Guerra de Secessão nos Estados Unidos foram significantes para consolidar Sobral como influente centro de coleta e para a comercialização do algodão, facilitando a implantação do transporte ferroviário na cidade.
4. Nos dias atuais, a cidade de Sobral é considerada uma Capital Regional e é uma das mais importantes cidades do Estado do Ceará. Em 1996, era sua quinta cidade mais populosa. É considerada importante via de tráfego para os Estados do Piauí e Maranhão, para o litoral noroeste do Ceará e o sertão cearense, ampliando o fluxo de transportes, contribuindo para a dinamização do comércio e a especialização dos serviços urbanos na região.
5. Atualmente Sobral destaca-se no setor de pesquisa e educação, por ser a sede de uma das mais importantes universidades do Estado, a Universidade Estadual do Vale do Acaraú (UVA) e do Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos e Ovinos (CNPIC) da EMBRAPA, além de possuir várias indústrias entre as quais uma fábrica de cimento. Sobral possui outros serviços, principalmente na área médico-hospitalar onde se destaca sua Santa Casa de Misericórdia, que é um dos hospitais mais importantes da região.
6. A inexistência de um trabalho que avalie a propagação do fenômeno da desertificação na área, considerando a proximidade do Núcleo de Desertificação de Irauçuba.

Estudos realizados por FOLHES & VIANA (2001) consideraram que os municípios integrantes dessa microrregião apresentam níveis de propensão à desertificação de moderado a muito forte. Os autores acreditam que os riscos de desertificação são mais acentuados nas regiões mais densamente povoadas, onde as freqüentes secas, característica de toda a região semi-árida do nordeste

brasileiro, contribuiriam no agravamento de problemas ambientais e na vulnerabilidade econômica e social da população.

Diante da importância da Microrregião de Sobral e das indicações de que em toda ela pode estar ocorrendo um processo de desertificação, com núcleo em Irauçuba é proposto o presente trabalho que tem como objetivo avaliar a suscetibilidade geoambiental das Terras Secas da Microrregião de Sobral à desertificação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO

Para realizar os estudos necessários à avaliação da suscetibilidade geoambiental das Terras Secas da Microrregião de Sobral à desertificação foram empregados procedimentos que estão resumidos na FIGURA 1.

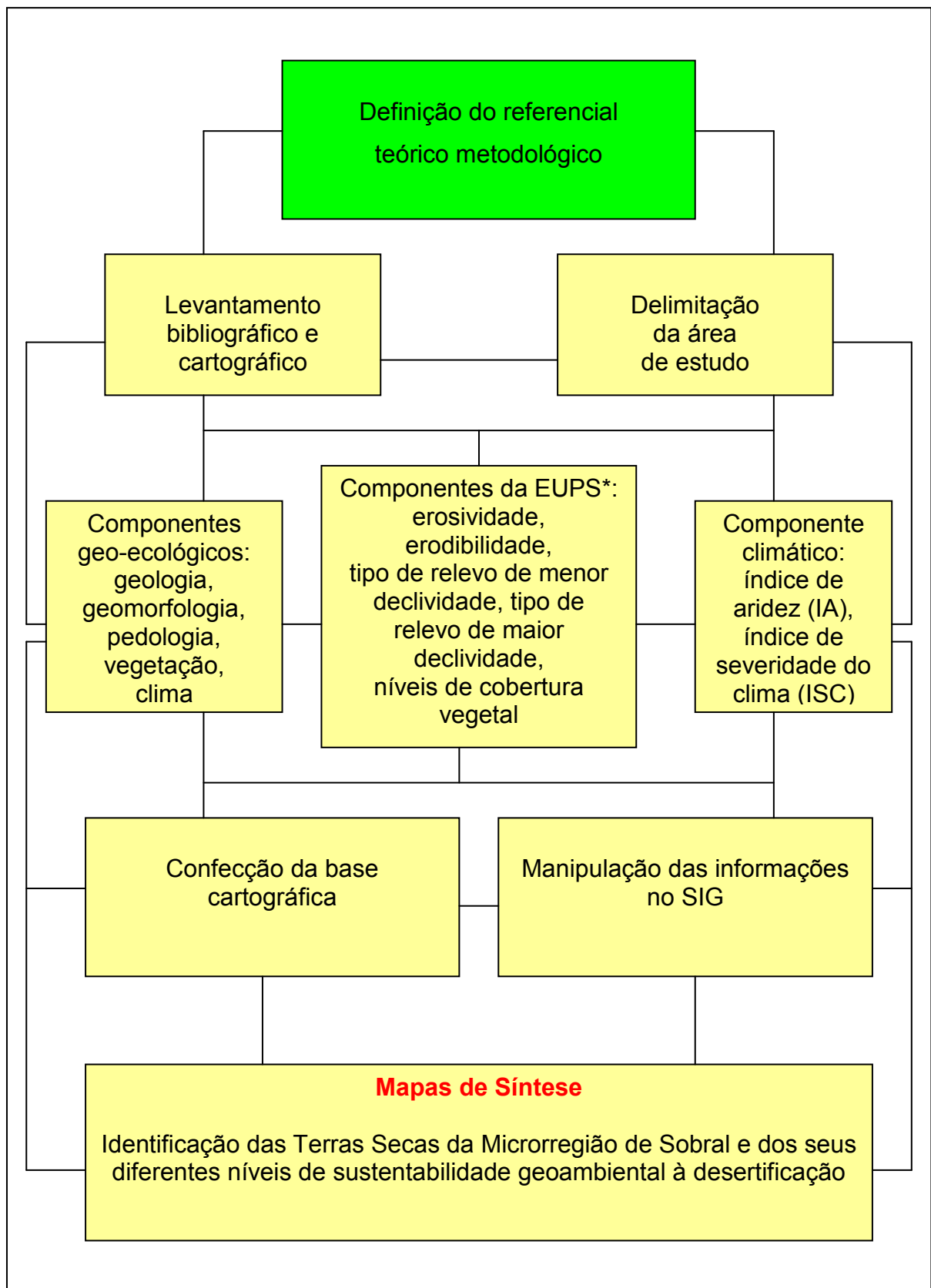


FIGURA 1 – Esquema das etapas da pesquisa desenvolvida nas Terras Secas da Microrregião de Sobral

2.1 Levantamento Bibliográfico

2.1.1 A Desertificação

A desertificação é um problema de significado universal que tem conseqüências diretas sobre o homem e o meio ambiente e indireta nas esferas econômicas mundiais.

DREGNE (1987), RHODES (1991), MOUAT et alii (1997), ARAÚJO FILHO (2001), LEMOS (2000), MATALLO JÚNIOR (2000) e SALES (2003), dentre outros autores tem estudado a desertificação e os problemas por ela causados.

O botânico e ecólogo francês Aubreville foi quem primeiro utilizou o termo desertificação, declarando que este fenômeno é a conversão de terras férteis em desertos, causados por atividades antrópicas e que levaram à erosão dos solos, causando a diminuição da produtividade na agricultura, à redução da biomassa e da diversidade do ecossistema, à degradação acelerada dos solos, à salinização e aos embrejamentos (DREGNE, 1987).

O interesse na temática da desertificação advém dos prejuízos ambientais, humanos e pecuários acarretados pelas repetidas condições de seca na região de Sahel (RHODES 1991). Tais problemas atraíram a atenção pública mundial e da Organização das Nações Unidas – ONU, que convocou a primeira conferência sobre desertificação, realizada em 1977, passando o processo a ser fortemente debatido como um sério problema ambiental de conseqüências humanas, sociais e econômicas (DREGNE, 1987).

Na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente – CNUMAD, realizada no Rio de Janeiro, conclui-se que a desertificação decorre de vários fatores, como as variações climáticas e as atividades humanas resultantes da degradação das terras nas zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, fatores estes que se tiverem ação contínua, convertem Terras Secas em desertos. (CNUMAD, 1997; MOUAT et alii, 1997).

Para identificar as áreas suscetíveis à desertificação a ONU propôs o Índice de Aridez – IA que consiste na razão entre a precipitação anual e a evapotranspiração potencial, calculando-se esta última pelo método de Thornthwaite. As áreas potencialmente suscetíveis ao processo estariam situadas dentro do IA de 0,05 a 0,065, que engloba as zonas de climas árido, semi-árido e sub-úmido seco (UNEP, 1991).

A degradação antrópica das terras tem início com a diminuição ou a destruição da cobertura vegetal devido ao superpastoreio, à agricultura, ao extrativismo mineral e a outras atividades que modificam as condições naturais existentes. As erosões causadas pelos ventos e pela água aceleram o processo de degradação. Em muitos casos é impossível recuperar por completo áreas já desertificadas (DREGNE, 1987).

A ação antrópica induz principalmente a erosão laminar com a destruição da cobertura vegetal natural que se agrava com as irregularidades pluviométricas, criando as condições materiais para o estabelecimento dos processos de desertificação.

Para ARAÚJO FILHO (2001) os desertos começam a se formar com as mudanças na composição florística da comunidade vegetal desaparecendo a vegetação original, desaparecimento intensificado pela destruição gradual da camada florística e a conseqüente redução do aporte de matéria orgânica que se manifesta no solo com a perda de fertilidade e da estrutura. Essas mudanças na comunidade vegetal podem ter por causa mudanças climáticas ou degradação por atividades antrópicas o que levaria, respectivamente, aos tipos de desertificação Climática e Ecológica de CONTI (1998).

Para CONTI (1998) a desertificação pode ser avaliada pelo índice de aridez e seus indicadores são: elevação da temperatura média, agravamento do déficit hídrico dos solos, aumento do escoamento superficial, intensificação da erosão eólica, redução das precipitações, aumento da amplitude térmica diária e diminuição da Umidade Relativa (UR) do ar, tendo como causas as mudanças nos padrões

climáticos. Indicadores de desertificação incluem processos físicos, biológicos e sócio-econômicos como erosão, salinização, uso da terra (MOUAT et alii, 1997).

CONTI (1998) caracterizou os graus de intensidade da desertificação em: fraca – uma pequena deterioração da cobertura vegetal e dos solos; moderada – grande degradação da cobertura vegetal e surgimento de areia, indícios de salinização dos solos e formação de voçorocas; severa – ampliação das áreas sujeita à formação de voçorocas e aparecimento de dunas, avanço da erosão eólica; muito severa – desaparecimento quase completo da biomassa, impermeabilização e salinização dos solos.

RODRIGUES (2000) considera que as condições de semi-aridez são uma das grandes dificuldades para a utilização e manejo dos recursos naturais, o que é agravado pelas atividades humanas que resultam na eliminação da cobertura vegetal original e perda parcial ou total do solo, por fenômenos físicos ou químicos, e na ocupação da área por espécies de plantas invasoras, culminando com a redução da biodiversidade. Destaca que, além dos fenômenos físicos como a seca, a atividade pecuária também atua como uma das causas da desertificação, consequência do sobrepastoreio por bovinos, caprinos e ovinos que elimina a vegetação nativa, além do emprego de práticas inadequadas no uso dos solos, causas essa agravadas pela ocorrência de secas periódicas.

MATALLO JÚNIOR (2000) e LEMOS (2000) destacam que a pobreza é um dos principais fatores associados ao processo de desertificação e que, grande parte das áreas afetadas pelo fenômeno, coincide com os bolsões de pobreza do Terceiro Mundo.

2.1.2 O processo de desertificação e a erosão dos solos

AZEVEDO & SILVA (1994) e SILVA et alii (1998) avaliaram em seus estudos a importância do solo para os processos de desertificação. Os autores, ao analisarem o processo de desertificação, consideraram que este não está exclusivamente associado às mudanças climáticas regionais, mas à perda da capacidade de armazenamento de água pelo solo.

SILVA et alii (1998) reconhecem que o desmatamento das florestas influencia a evapotranspiração e o regime pluviométrico e que a ausência de uma cobertura vegetal expõe os solos à erosão. Os autores analisaram 88 postos pluviométricos do Nordeste nos estados da Paraíba, de Pernambuco, de Alagoas, de Sergipe, do Piauí, do Rio Grande do Norte, da Bahia e do Ceará para delimitar áreas do semi-árido suscetíveis ao processo de desertificação. Esses autores concluíram que a precipitação é um parâmetro insuficiente para delimitar regiões inseridas no semi-árido nordestino com predisposição ambiental aos processos de desertificação e que, cerca de 90% das séries analisadas não apresentaram qualquer tendência, mantendo-se decrescente no período de 1911 a 1950 e crescente no período de 1950 a 1992.

ÁLVARES & PIMENTA (1998) consideram que grandes variações na precipitação tornam os processos erosivos mais preocupantes, principalmente nos locais onde os solos são rasos e que, em situações extremas, podem conduzir à desertificação. SILVA et alii (1986) e SILVA (2003) consideram a erosão do solo como uma característica importante para o início da desertificação.

De um modo geral, a desertificação advém da modificação de algumas características do ecossistema, tais como: avanço e crescimento de dunas e mantos de areia, deterioração de pastagens, erosão dos solos, encharcamento e salinização de terras irrigadas, destruição da fauna e da flora e redução significativa da disponibilidade de recursos hídricos. Essas modificações podem ser causadas por variações climáticas como irregularidade no regime pluviométrico, baixas precipitações ou por atividades antrópicas como o superpastoreio, os desmatamentos, com remoção da cobertura vegetal, que agravam o déficit hídrico dos solos, o aumento do escoamento superficial (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978, DREGNE, 1987, CNUMAD, 1997, MOUAT et alii, 1997, CONTI, 1998 e RODRIGUES, 2000, BRASIL/MMA, 2004).

A constatação desses processos ou a tendência para sua ocorrência podem ser utilizadas como indicadores em estudos de desertificação (NIMER, 1988, FERREIRA et alii, 1994, CONTI, 1998, LEMOS, 2000 e AQUINO, 2002). ROXO & MOURÃO (1998), em esquema apresentado na FIGURA 2, indicam que diferentes

combinações das causas e processos que conduzem à desertificação levam, todas elas, à erosão do solo, fenômeno que leva à criação de condições de deserto por meio da degradação natural e antrópica dos recursos de solo, água e vegetação.

Com base nos pressupostos de ROXO & MOURÃO (1998) PIMENTA et alii (1998) propuseram uma metodologia para estudar a suscetibilidade das terras de Portugal à desertificação, empregando como fundamento a estimativa dos níveis de erosão dos solos através de uma adaptação da Equação Universal de Perdas de Solo - (EUPS), enfoque que será adotado no presente trabalho.

2.1.3 Erosão e a Equação Universal de Perdas de Solo - (EUPS)

Os estudos referentes ao processo de erosão dos solos são fundamentais para o planejamento ambiental e o seu uso adequado, principalmente para a fragilidade de ambientes naturais (GUERRA 2000). A previsão de perdas de solo tem sido largamente utilizada para o planejamento de conservação do solo através da implementação de políticas públicas. Práticas conservacionistas no preparo do solo exercem influências marcantes na redução de perdas de solo e água (SILVA et alii, 1986).

A erosão, apesar de ser apenas um fenômeno, acontece de formas diversas conforme o tipo de uso de solo, que é resultante de características culturais, econômicas e sociais das comunidades humanas, influenciando no padrão de cobertura e no grau de exposição do solo ao processo de erosão (SILVA et alii, 2003).

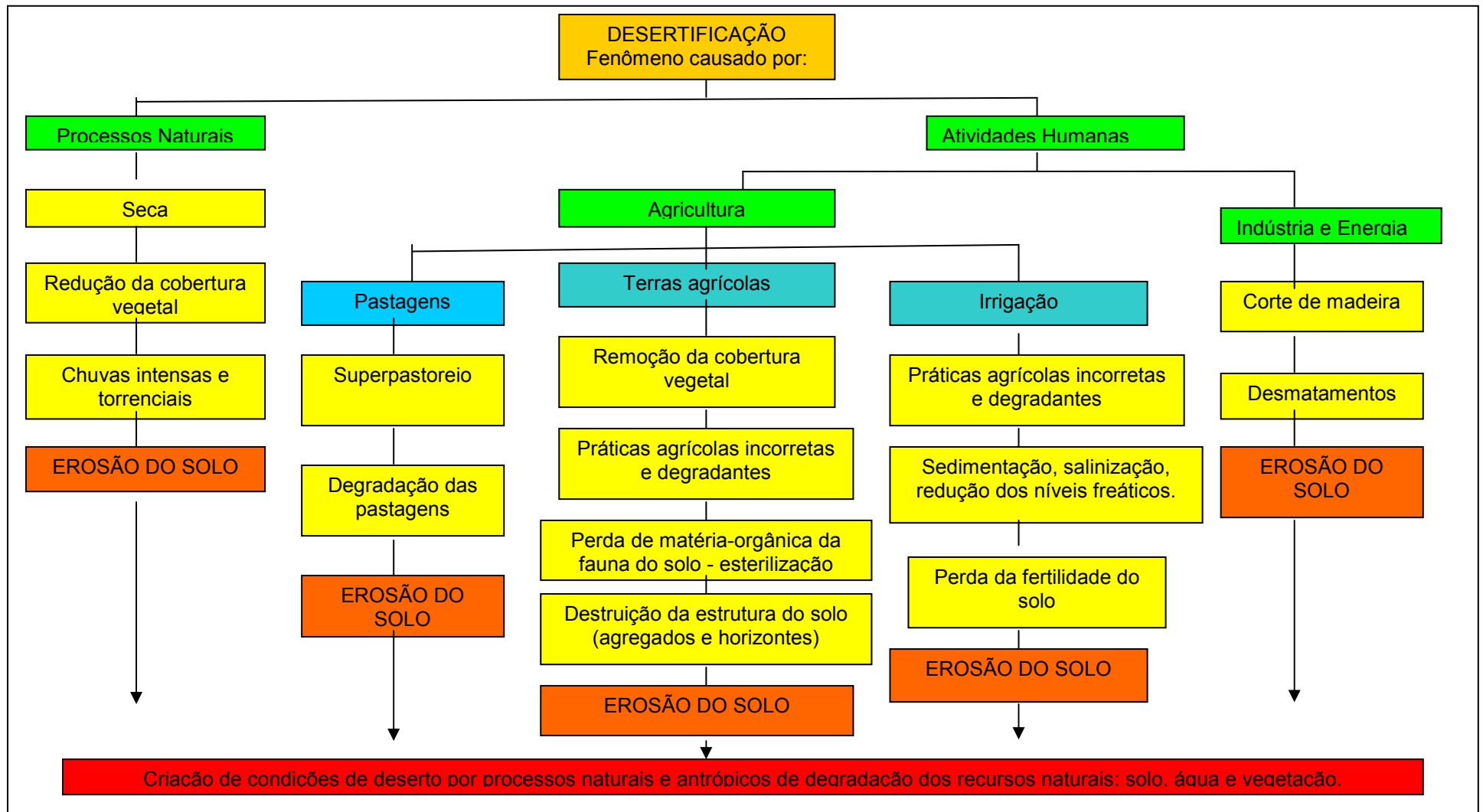


FIGURA 2 – Concepção da desertificação segundo ROXO & MOURÃO (1998).

O planejamento científico para a conservação do solo e o manejo da água requer o conhecimento das relações entre aqueles fatores que promovem a perda do solo e da água e daqueles que ajudam a reduzir estas perdas.

A prática mais comum no estudo da erosão é a estimativa das perdas de solo obtida com uso da Equação Universal de Perda de Solo – EUPS, desenvolvida por WISCHMEIER & SMITH (1965) e revisada por RENARD et alii (1997), quando passou a ser conhecida como RUSLE, Revised Universal Soil Loss Equation. Esta equação estima a erosão do solo através da erosividade da chuva, da erodibilidade do solo, da topografia (comprimento e declive da vertente), da cobertura vegetal e da prática conservacionista, e é expressa pela fórmula:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot P \cdot C \quad (1)$$

Em que:

A é a perda do solo, em t/ha;

R é a erosividade da chuva, em MJ/ha.mm/ha;

K é a erodibilidade do solo, em t/ha/MJ/ha.mm/ha;

L é o comprimento do declive, em metros;

S é o grau do declive, em percentagem;

P é a prática conservacionista e,

C é a cobertura vegetal.

A EUPS aborda além dos parâmetros clima, solo, relevo, as práticas conservacionistas decorrentes da ação antrópica (SILVA et alii, 2003) que é, em última análise, resultante das características culturais, econômicas e sociais das comunidades humanas. GUERRA (2000), MILLWARD (2000), SILVA et alii (2003) consideram a Equação Universal de Perdas de Solos - EUPS de WISCHMEIER & SMITH (1958) como um método para avaliar o fenômeno das perdas de solo por erosão.

A análise isolada de um único fator geralmente explica pouco a erosão dentro do contexto complexo do fenômeno. A análise de forma integrada de diversos fatores fornece subsídios práticos e ideais que contribuem para a compreensão do

processo, fornecendo bases sólidas para encontrar a melhor forma de manejar o solo (SILVA et alii, 2003).

Para facilitar o planejamento do uso de solos na Reserva da Biosfera de Manantlán, no México, caracterizada por apresentar uma topografia montanhosa, MILLWARD (2000) integrou a Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS e o Sistema de Informações Geográficas – GIS, do Idrisi, incluindo imagens de satélite, para a análise da cobertura vegetal, além dos mapas topográficos e de solos, digitalizados, e os dados de precipitação, onde se elaborou um mapa modelo com dois cenários futuros de uso das terras que incluíram práticas de conservação do solo e identificação e da expansão adequada de áreas agrícolas.

2.1.3.1 Erosividade (R)

Erosividade da chuva é a capacidade potencial que ela tem de causar erosão REYES et alii (1993). LAL (1994) define erosividade como sendo a capacidade quem tem a chuva de promover erosão pela desagregação e transporte das partículas do solo, processos devidos, respectivamente, ao impacto direto das gotas d'água e ao transporte, pelo escoamento superficial da água, das partículas desagregadas. Essa habilidade é atribuída à intensidade da chuva e à distribuição do tamanho de suas gotas, características que afetam a energia cinética com que ela promove a desagregação e o transporte das partículas do solo.

Diversos são os autores que estudaram a erosividade das chuvas, dentre eles temos: FOURNIER (1956), WISCHMEIER & SMITH (1958), WISCHMEIER (1959), LAL (1976), LOMBARDI NETO (1977), FOSTER (1980), LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992), REYES et alii (1993), BERTOL (1994), MARQUES et alii (1997), ALVARENGA et alii (2000), SILVA et alii (2003).

WISCHMEIER & SMITH (1958) mantendo constantes, em áreas experimentais padrão, os fatores cobertura do solo (C), práticas conservacionistas (P), erodibilidade do solo (K), componente topográfico (LS) e, na ausência de

cobertura vegetal, encontram que a perda de solo era diretamente proporcional ao produto entre a energia cinética e a intensidade máxima da chuva em 30 minutos.

WISCHMEIER & SMITH (1958), calcularam a energia cinética da chuva através da equação (2), convertida a unidades métricas por FOSTER et alii (1981):

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (2)$$

Onde:

E_c é a energia cinética por mm de chuva, em MJ/ ha.mm;

I é a intensidade de chuva, em mm/h.

De acordo com LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1992, o Índice de Erosão da Chuva, EI_{30} , que representa uma associação entre sua energia cinética (E_c) e sua intensidade em 30 minutos (I_{30}) é calculado pela seguinte relação:

$$EI_{30} = E_c \cdot I_{30} \quad (3)$$

HUDSON (1981), LAL (1976) (apud LAL & ELLIOT 1994), EL-SWAIFY et alii (1982), ULSAKER & ONSTAD (1984), LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992), BERTOL (1993), MARQUES (1996), SILVA (1997) e BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) criticam a utilização do EI_{30} como índice de erosão para os trópicos. O embasamento para a crítica consiste na insuficiência e mesmo inexistência de dados pluviográficos necessários para a obtenção do EI_{30} , que demanda por registros detalhados da precipitação. Considerando essa crítica é que, dentre outros, autores como FOURNIER (1956), LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992), MARQUES (1996), SILVA (1997) e BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) procuraram determinar as correlações entre o índice de erosividade (R) e características da chuva de mais fácil mensuração e que não necessitem de registros de sua intensidade.

FOURNIER (1956), apud EL-SWAIFY et alii (1982), HUDSON (1981), LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992) e BERTONI & LOMBARDI NETO (1999), correlacionaram a erosão anual com um coeficiente de distribuição da chuva

que permitiu uma aproximação para o cálculo de R, coeficiente calculado pela equação:

$$C_c = p^2/P \quad (4)$$

Onde:

C_c é o coeficiente da chuva, em mm;

p é a precipitação média mensal, em mm;

P é a precipitação média anual, em mm.

LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992), numa tentativa de simplificar o método para o cálculo de R e utilizando 22 anos de registros de precipitação em Campinas, encontraram alto coeficiente de determinação ($r^2 = 0,983$) para a regressão linear entre o índice médio de erosão e o coeficiente de chuva, modificado do coeficiente original proposto por FOURNIER (1956). O índice médio de erosão, determinado a partir do coeficiente de chuva de FOURNIER (1956), é expresso por BERTONI & LOMBARDI NETO (1999), pela equação:

$$EI = 67,355(p^2/P)^{0,85} \quad (5)$$

Onde:

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

p é a precipitação média mensal, em mm;

P é a precipitação média anual, em mm.

O índice de erosividade média anual da precipitação de um dado local (R) é, então, computado como o somatório dos valores dos índices médios mensais de erosividade (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990 e BERTOL, 1993).

BERTOL (1994) considera o coeficiente de chuva como um parâmetro importante, na medida em que expressa a relação entre precipitações médias mensais e anuais, cujos dados são facilmente obtidos em estações meteorológicas. Nos estudos realizados por ele na determinação do índice de erosividade das chuvas para o município de Campos Novos (SC), o autor utilizou o método proposto

por WISCHMEIER (1971), obtendo o coeficiente de chuva (R_c) pelo método de Fournier modificado por LOMBARDI NETO (1977), no período de 10 anos, encontrando um EI_{30} médio de 6.329,3 MJ. mm/ ha.h.ano.

MARQUES et alii (1996) em seus estudos para testar a adequação de diferentes índices de erosividade das chuvas declararam que o índice EI_{30} mostrou ser um bom estimador para determinação de R na região de Sete Lagoas (MG). O índice EI_{30} é considerado o mais adequado para representar o efeito erosivo do impacto da gota de chuva, bem como o da enxurrada (MARQUES et alii, 1997).

WAGNER & MASSAMBANI (1998) desenvolveram um índice para cálculo da intensidade das chuvas a partir de três chuvas convectivas na região do Estado de São Paulo, expresso na equação.

$$E_c = 0,153 + 0,0645 \log I \quad (6)$$

Onde:

E_c é a energia cinética em MJ/ha·mm;

I é a intensidade da chuva em mm/h.

Para ALVARENGA et alii (2000) o fator R da USLE representa a intensidade, a duração e a distribuição do tamanho das gotas e o índice que melhor correlaciona as chuvas tropicais de alta intensidade com as perdas de solo é o produto da quantidade de chuva precipitada pela intensidade máxima ocorrida em qualquer período de “m” minutos consecutivos (PI_m).

Para SILVA et alii (2003), a intensidade da chuva é um fator importante, juntamente com sua duração, determinando a chuva total.

2.1.3.2 Erodibilidade (K)

A erodibilidade do solo representa o efeito dos processos que regulam a infiltração da água no solo, a desagregação pelo impacto da gota de chuva e a

resistência ao transporte pelo fluxo superficial, os quais são responsáveis pelo comportamento do solo face aos processos erosivos (LAL, 1988).

A erodibilidade dos solos tem sido estudada, dentre outros, por WISCHMEIER & SMITH (1965, 1978), WISCHMEIER & MANNERING (1969), EL-SWAIFY et alii (1982), RÖMKENS et alii (1986, 1997), LAL (1988), BERTONI (1990), SILVA (1994), MARQUES et alii (1997).

WISCHMEIER & SMITH (1965, 1978) e WISCHMEIER & MANNERING (1969) estudaram a erodibilidade do solo relacionando-a com os demais fatores que afetam a erosão do solo.

WISCHMEIER & SMITH (1965) consideram erodibilidade como a suscetibilidade de um solo à desagregação pela chuva de sua partícula e transporte pelo escoamento superficial do material desagregado.

EL – SWAIFY et alii (1982) entendem por erodibilidade, a suscetibilidade inerente ao solo de sofrer erosão pela água sendo determinada conjuntamente por propriedades estruturais e hidrológicas.

RÖMKENS et alii (1986) consideram erodibilidade como a suscetibilidade de um solo de sofrer erosão, causada pelo impacto das gotas de chuva na superfície do solo e a ação da enxurrada, podendo ser obtida quantitativamente, e que o termo fator erodibilidade é reservado exclusivamente para o fator K da USLE. Este é um parâmetro bem definido estimado pelo conhecimento de padrões e condições de referência, representando na prática, e a longo prazo, a média do solo e do perfil do solo responsáveis pelo poder de erosão da chuva.

Para ROMKENS et alii (1986) e LAL (1994) muitas são as propriedades do solo que afetam o fator K. Algumas dessas propriedades são intrínsecas e não variam com o tempo como a textura e a mineralogia da argila. Outras características são dinâmicas e transitórias como a quantidade de água no solo e, outras, podem ser induzidas ou manipuladas pelo homem. ROMKENS et alii (1986) perceberam

nos seus estudos que as características texturais do solo são as propriedades mais importantes para prever o valor de K.

BERTONI (1990) indica as propriedades do solo que influenciam na erodibilidade pela água: velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água; resistência às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento.

Para BERTONI (1990) a erodibilidade do solo é diferente de erosão e seu valor quantitativo é determinado experimentalmente em parcelas unitárias de 25 metros de comprimento com uma declividade uniforme de 9%, em alqueire, preparada no sentido do declive, mantendo constantes todos os outros fatores da EUPS.

SILVA et alii. (1990) entendem que quando se integram os valores de erodibilidade à equação de perdas de solo por erosão hídrica é possível elaborar mapas de vulnerabilidade à erosão através do uso dos Sistemas de Informação Geográfica – SIG e a sua avaliação erosiva para os sistemas de manejo do solo.

A importância da identificação da propriedade de K prende-se a verificação de que solos diferentes sob mesmas condições de chuvas, relevo e manejo apresentam também diferentes quantidades de perdas por erosão, exigindo, portanto práticas de manejo e conservação variáveis em função dessas dissimilaridades. (SILVA, 1994).

De acordo com SILVA et alii (2000) a erodibilidade está relacionada à capacidade de infiltração do solo pela água e à sua resistência à desagregação e transporte de partículas, isto é, à predisposição do solo de sofrer erosão hídrica devido às características intrínsecas a cada tipo de solo.

ROMKENS et alii (1997) mencionam que a erodibilidade dos solos pode ser determinada por:

I. Métodos Naturais, diretos

Compreendendo:

- Determinação do fator K em parcelas padrão em condições de chuva e escoamento superficial naturais;
- Determinação do fator K em parcelas padrão em condições de chuva simulada.

O método direto é baseado na quantificação da erodibilidade em função das perdas de solo e do fator erosividade da chuva medidos em uma parcela padrão de 22,1 metros de comprimento e 9% de declividade uniforme, mantida continuamente descoberta e preparada no sentido do declive, sob condições de chuva natural ou simulada, apresentando resultados mais reais (BERTONI, 1990, ROMKENS et alii, 1997). Porém, o método direto demanda muito tempo e um alto custo, quando comparado aos métodos de determinação indireta da erodibilidade (HENKLAIN & FREIRE, 1983, TÁVORA, 1984, MARTINS FILHO & SILVA, 1985, LIMA et alii, 1992 e SILVA, 1994).

II. Indiretamente

Pelo estudo da relação entre a erodibilidade e as propriedades do solo, tais como estrutura e permeabilidade e seus percentuais de limo, areia e matéria orgânica:

- Pelo uso do nomógrafo de WISCHEMEIER et alii (1971);
- Pela aproximação algébrica das relações básicas do nomógrafo expressas em diversas equações.

A maior utilização dos métodos indiretos para a determinação da erodibilidade deve-se à sua simplicidade e rapidez, se comparadas aos métodos diretos (HENKLAIN & FREIRE, 1983, MARTINS FILHO & SILVA 1985, SILVA, 1994, MARQUES, 1996, MARQUES et alii, 1997 e SILVA, 1997).

WISCHMEIER et alii (1971) propuseram o uso de um nomógrafo para estimativa de K. O nomógrafo é baseado nas medidas de perda de solos de textura média no Corn Belt (EUA), com 60% dos solos tendo agregados valores indicativos menores que 0,30. Outra importante propriedade de solo no nomógrafo é o conteúdo de matéria orgânica e índices para estrutura do solo e permeabilidade definidos no U. S. Soil Survey Manual de 1951.

O método nomográfico utilizado por BERTONI et alii (1975) para estimar o valor de K em solos podzólicos mostrou-se eficiente, aproximando-se dos valores encontrados pelos outros métodos indiretos.

RÖMKENS (1977), EL - SWAIFY et alii (1982), RÖMKENS et alii (1987) apud SILVA (1994) e LAL (1994) criticaram a utilização do nomógrafo, proposto para serem usados em solos de zonas temperadas, em solos tropicais considerando, inicialmente, a limitada base de dados utilizada no desenvolvimento do método, daí advindo a necessidade de excessiva extrapolação para sua aplicação a esses solos. Esses autores salientam mais ainda, que os procedimentos recomendados na análise dos solos para a obtenção de valores dos parâmetros a serem usados no nomógrafo podem não ser apropriados para uso em solos altamente intemperizados, daí a aplicação desses valores no nomógrafo gerarem valores irreais da erodibilidade. A crítica é respaldada pela quantidade de matéria orgânica presente nos solos tropicais afetar a erodibilidade, pelo menos na superfície. A segunda crítica feita pelos autores diz respeito à metodologia utilizada para determinar o tamanho das partículas no solo e, particularmente, às suas características de agregação e estabilidade.

MARTINS FILHO & SILVA (1985) destacaram a falta de clareza do nomógrafo para um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico em Ubajara. CAMPOS FILHO et alii (1992) para determinar o fator erodibilidade de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo Orto, utilizaram o método direto com chuva natural e o nomógrafo de WISCHMEIER (1971). Observaram que o valor de K aumentava à medida que se passavam os anos de cultivo e que esta diferença entre os valores determinados pelos dois métodos tornava-se cada vez menor, tendendo a um valor constante, possivelmente

em decorrência da redução da matéria orgânica e da diminuição da estabilidade dos agregados, que acontece com o decorrer do tempo em áreas cultivadas.

MARQUES et alii (1997), para determinar a erodibilidade de vinte e duas amostras de solos de diferentes estados brasileiros, avaliaram treze métodos indiretos propostos por WISCHMEIER et alii (1971), ROMKENS et alii (1977), EL-SWAIFY & DANGLER (1977), DENARDIN (1990), LIMA et alii (1990) e ROLOFF & DENARDIN (1994).

Dos vários métodos existentes para a estimativa do fator K, MARQUES et alii (1990) concluíram que a maioria mostrou-se inadequado para os solos brasileiros. Para a equação de RÖMKENS (1977), os resultados obtidos foram insatisfatórios, provavelmente resultantes do método de análise granulométrica adotada. O nomógrafo, nos latossolos, devido aos baixos teores de silte dos solos mais intemperizados e, para solos com horizonte B textural, com baixos teores de silte e argila, demonstrou ser inadequado, o que não invalida o seu uso nos Estados Unidos. O modelo de DENARDIN (1990) também não se revelou adequado para os solos estruturados, pois seus índices de floculação apresentaram-se baixos e, em alguns casos, houve uma dispersão dos dados.

SILVA (1994), que utilizou a equação proposta por ROMKENS (1987) para a determinação do fator K, concluiu ser esse o melhor método para a estimativa de K em alguns solos do Ceará, solos de qualquer classe textural ou grau de agregação. AQUINO (2002), respaldada nas conclusões de SILVA (1994) utilizou a equação (7), proposta por ROMKENS et alii (1997), uma modificação de sua equação anterior ROMKENS (1987), para a determinação de K nas Terras Secas do estado do Piauí:

$$K = 7.594 \left\{ 0,0034 + 0,0405 \exp \left[-0,5 \left(\frac{\log(Dg) + 1.659}{0,7101} \right)^2 \right] \right\} \quad (7)$$

Na equação (7) Dg é a média geométrica do diâmetro das partículas primárias (mm) calculada de acordo com SHIRAZI & BOERSMA (1984), como:

$$D_g \text{ (mm)} = \exp. a, \text{ sendo } a = 0,01 \sum_{i=1}^3 f_i \ln m_i \quad (8)$$

Onde:

f_i = % das frações granulométricas das partículas de Areia (Areia Grossa + Areia Fina), Silte e Argila;

\ln = logaritmo natural

m_i = média aritmética dos 2 limites do diâmetro das partículas

2.1.3.3. Componente topográfico (LS)

O fator topográfico determinado pelo comprimento e pela declividade da vertente e, componente da EUPS, é representado na equação de perdas de solos por L e S, respectivamente. (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990 e ROOSE, 1996).

RODRIGUES (1982) considera a declividade de um terreno, dentre os fatores topográficos, possivelmente como o mais importante no condicionamento da gênese e evolução do processo erosivo.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), usando combinações definidas de comprimento e grau de declividade para o cálculo do fator LS, utilizaram para a construção de um gráfico a equação (9):

$$LS = \frac{\sqrt{L} (1,36 + 0,975 \cdot S + 0,1385 \cdot S^2)}{100} \quad (9)$$

Em que:

L é o comprimento da vertente em metros

S é o grau do declive em percentagem

As perdas de solo por erosão hídrica dependem principalmente da declividade do terreno, do regime pluviométrico e das características do solo (CAMPOS FILHO, 1992).

O fator LS influi mais na variação da erosão bruta do que qualquer dos outros fatores, exceto o fator C (manejo do solo), porém é difícil de calculá-lo. (ROCHA et alii, 1997).

ROCHA et alii (1997) desenvolveram uma metodologia para obtenção de mapas de comprimento de vertente utilizando o software IDRISI, no qual fizeram a interpolação do mapa digital de altimetria gerando, a partir dele, os mapas de declividade. Por meio de comandos do próprio software, IDRISI, adquiriu-se o mapa de comprimento de vertente que foi incorporado à EUPS para a estimativa de perdas de solo.

AQUINO (2002) considerando a extensão das Terras Secas do estado do Piauí e as dificuldades para a determinação de LS, adotou a declividade, conforme proposto por OLIVEIRA et alii (1987, 1991a e 1991b) para a estimativa do componente topográfico em sua área de estudo, contemplando-se, neste trabalho, os tipos de relevo local, segundo LEPSH et alii (1991) indicados nas descrições dos perfis de solos de JACOMINE (1986).

2.1.3.4 Cobertura vegetal (C)

Muitos são os estudos realizados sobre a importância da cobertura vegetal para a proteção do solo contra os processos erosivos, dentre eles e aqui discutidos estão os trabalhos de SILVA (1972), ROOSE (1980), SILVA (1986), BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), CAMPOS FILHO et alii (1992) e SILVA (2003).

Os danos provocados pelas gotas de chuva que golpeiam a superfície desprotegida de um solo a uma alta velocidade constituem o primeiro passo no processo da erosão (BEASLEY, 1972 apud SILVA et alii, 2003).

ROOSE (1996) apud ROOSE (1980) destaca que há interação entre o efeito da declividade, cobertura vegetal e do tratamento de culturas com resíduos e, que no leste africano, a vegetação natural sobrevive ao fogo protegendo bem as terras. De acordo com o autor, no sudeste de Côte d'Ivoire, onde há declividades com cerca

de 70% em solos argilosos ferralíticos, estes são protegidos do impacto pelas gotas de chuva pela floresta densa secundária.

SILVA et alii (1986) procurando avaliar o efeito de diferentes tipos de cobertura vegetal e de práticas conservacionistas sobre as perdas de solo e água na Estação Experimental do município de Lagoinha (PB) utilizaram diversos tipos de cultura como cobertura vegetal (algodão, milho, feijão, cana-de-açúcar e pastagem artificial) constatando que todas elas contribuíram para diminuição das perdas de solo e de água destacando-se as gramíneas com um maior controle.

Para BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) a cobertura vegetal atua como defesa natural do solo contra a erosão protegendo-o contra o impacto das gotas de chuva, dispersando a água antes que esta atinja o solo, aumentando a infiltração da água através dos canálculos formados pelas raízes, diminuindo a velocidade de escoamento superficial pelo aumento do atrito na superfície e pelo conteúdo de matéria orgânica dispersa no solo.

Em um solo desmatado, verifica-se que a estabilidade estrutural, a permeabilidade, a velocidade de infiltração e a porosidade do solo diminuem, conseqüentemente, a desagregação, a densidade do solo e as perdas por erosão aumentam. A presença de cascalhos e calhaus existentes na superfície do solo serve para amortecer o impacto das gotas das chuvas (CAMPOS FILHO et alii 1992).

A vegetação de caatinga encontrada no semi-árido nordestino, caracteriza-se por sua caducifólia, ocorre de modo esparso ou aberto e com porte arbustivo oferecendo pequena capacidade de proteção aos solos contra os efeitos erosivos. (SOARES et alii, 1992).

O fator cobertura do solo (C) é provavelmente o mais importante da Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS, pois representa a maneira mais fácil para o manejo e redução da erosão sendo de grande importância na prevenção e controle da erosão e do agravamento dos processos erosivos (SILVA et alii 2003). Para estes autores o fator (C) representa a relação entre as perdas de solo de um terreno com

certo tipo de cobertura e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto.

SILVA et alii (2003) consideram a cobertura do solo como um fator que está intimamente ligado a processos antrópicos, os quais refletem o modo pelo qual é feito o manejo do solo de uma região, assim como a sua cobertura. E que qualquer corpo, vivo ou não, que cubra o solo contra o impacto das gotas da chuva constitui-se em cobertura do solo, cabendo ao homem manejar corretamente a vegetação local e os resíduos vegetais que ficam dispostos na superfície do solo para que sempre haja a máxima porcentagem de cobertura vegetal.

Práticas como cultivo intenso de apenas um tipo de cultura por anos sucessivos leva o solo a um esgotamento nutricional e à intoxicação, pois determinadas culturas tendem a absorver alguns nutrientes mais intensamente do que outros, levando à destruição dos agregados aumentando a suscetibilidade dos solos à erosão. DA SILVA (2003).

2.1.3.5 Severidade do clima

Vários autores diante do significado da intensidade das secas realizaram estudos sobre os aspectos relacionados à temática, dentre eles BHALME & MOOLEY (1980), DRACUP et alii (1980), AZEVEDO & SILVA (1994), BUGARDI et alii (1994), OLADIPO (1995), MOUAT et alii (1997), BYUN & WILHITE (2002), RODRIGUES (1992),

BHALME & MOOLEY (1980) concordam que não há um significado universal para a definição de seca, mas que o mundo associa a um prolongado período de deficiência pluviométrica, considerando ainda que a chuva seja o fator mais importante na incidência das secas.

Para DRACUP et alii (1980) o desenvolvimento sucinto e objetivo de um conceito explicativo para seca se constitui em um dos principais obstáculos para

uma investigação efetiva sobre o evento, pois esse conceito varia entre regiões de diferentes climas.

Segundo RODRIGUES (1992) as secas se constituem em oscilações inerentes ao clima e que, embora a probabilidade de se ter um período seco seja aproximadamente a mesma para o período úmido, o ser humano, em geral, prefere sempre considerar os períodos secos como esporádicos e os úmidos como normais, surgindo dois problemas: nunca estão preparados para enfrentar os períodos secos; nos períodos úmidos há uma grande pressão e uso dos ecossistemas deixando-os deficientes para os períodos críticos.

De acordo com AZEVEDO & SILVA (1994) existem três tipos de seca: a meteorológica, conseqüente de fenômenos atmosféricos e redução na pluviometria; a seca agrícola, quando há um déficit de armazenamento de água no solo e, a hidrológica, quando os fluxos superficiais de água e dos reservatórios estão abaixo do normal.

AZEVEDO & SILVA (1994) concordam que a irregularidade da estação chuvosa no semi-árido nordestino, com chuvas intensas e de curta duração, concentradas em períodos de três a cinco meses e a ocorrência de secas prejudicam a economia da região e comprometem o abastecimento de água. No intuito de prever e monitorar as secas tem-se tentado estabelecer índices que forneçam informações para o planejamento agrícola e o gerenciamento das disponibilidades hídricas. Os índices mais conhecidos são: o Índice de Severidade de Secas de Palmer – ISSP (s.d.); o Índice de Bhalme & Mooley - IBM (1980) baseado no índice de umidade, o Índice de Anomalia da Chuva – IAC de Rooy (1965) e Classificação Anômala da Precipitação – CAP de Janowiak et alii (1984), dentre outros.

Palmer definiu um período seco como um intervalo de tempo – meses ou anos – durante o qual o suprimento de umidade a dado local é freqüentemente inferior ao esperado pela normal climatológica apropriada (AZEVEDO & SILVA, 1994).

Para AZEVEDO & SILVA (1994) o índice de Palmer visa apontar a severidade das secas agrícolas e hidrológicas utilizando além da precipitação, as taxas de umidade no solo e na planta, mas é limitado porque é baseado no balanço hídrico e não depende da variação estacional ou anual da cobertura vegetal.

AZEVEDO & SILVA (1994) aplicaram uma metodologia baseada na regressão linear do índice de Bhalme & Mooley (1980) utilizando o índice de umidade, o desvio padrão das precipitações pluviométricas mensais e o número de meses para a microrregião do Agreste da Borborema - PB. Para os autores, o índice de umidade assume sua importância ao considerar a precipitação como fator mais importante na classificação do tempo, porém, se torna limitado quando utiliza o desvio das precipitações mensais em torno da média temporal, não considerando o armazenamento de água no solo, não servindo como parâmetro de monitoramento do grau de severidade da seca. O índice também se restringe quando o cálculo dos valores do índice de umidade é negativo, que nem sempre caracterizam condições de seca. Os autores utilizando os totais mensais de precipitação pluviométrica e as temperaturas médias mensais de postos pluviométricos na microrregião do Agreste da Borborema procuraram determinar o índice de seca através dos métodos de Índice de Anomalia de Chuva - IAC, do Índice de Bhalme & Mooley - IBM, do Índice de Severidade de Seca de Palmer e do Índice de Bhalme & Mooley Modificado - IBMM. Os autores concluíram que o Índice de Bhalme & Mooley é melhor indicador de seca do que de umidade do solo, sendo facilmente calculado. Para o Índice de Bhalme & Mooley Modificado, que representa uma tentativa de melhoria e adaptação do IBM às condições climáticas regionais, foi detectada uma maior sensibilidade às variações de umidade no solo. O Índice de Palmer foi considerado como muito complexo.

BUGARDI et alii (1994) utilizaram dados de precipitações mensais da série temporal de 1950 a 1989 de nove postos pluviométricos localizados no nordeste de Nebraska (EUA) para o desenvolvimento de um modelo hidroclimatológico para caracterizar áreas secas demonstrado pelo Índice de Bhalme & Mooley.

OLADIPO (1995) no intuito de examinar a variabilidade interanual na variação espacial da seca na Nigéria, determinando a sua natureza e extensão e qualquer

tendência periódica ou aperiódica da flutuação da ocorrência de seca sobre a região de estudo, utilizou dados de 34 estações pluviométricas bem distribuídas na savana nigeriana no período de 57 anos (1931-1987), utilizando para seu estudo o índice de Bhalme & Mooley, classificando os dados encontrados em cinco categorias de seca e umidade, a saber: seca severa, seca moderada, normal, umidade moderada e extremamente úmido.

MOUAT et alii (1997) utilizaram para o Índice de Severidade das Secas de Palmer - PDSI, durante o período de 1986 a 1991, as temperaturas e precipitações mensais com a umidade do solo. Palmer baseia-se no modelo de avaliação cujas condições meteorológicas normais manteriam um ecossistema sustentável onde a severidade da seca é dependente da duração e magnitude de precipitações anormais. Uma equação para o cálculo de valores mensais para períodos anteriormente secos classifica a severidade das secas em quatro classes: fraca, moderada, severa e extrema.

CONTI (1998) também utilizou a metodologia de análise das séries temporais, que consiste na observação de séries pluviométricas de, no mínimo, cinco décadas, com a finalidade de definir a tendência, que poderá ser crescente, decrescente ou estável. O autor utilizando 237 séries temporais de localidades distribuídas ao longo das terras semi-áridas observou que em 34 delas a tendência revelou-se crescente, sinalizando índices de desertificação climática. O coeficiente de variação interanual dessas localidades revelou-se muito elevado, sempre acima de 25%, confirmando o perfil de local com tendência à desertificação, dentre essas localidades, está a região dos Inhamuns no Ceará. O autor avalia que a presença de solos litólicos, a reduzida capacidade de retenção hídrica, a insuficiência e a irregularidade das precipitações, os ventos quentes e secos, estimuladores de evapotranspiração na região, apresentam condições favoráveis à ocorrência de desertificação, especialmente acentuadas nas depressões interplanálticas e nas vertentes a sotavento, onde a umidade atmosférica é mais baixa, em virtude do efeito orográfico.

BYUN & WILHITE (2002) indicam problemas nas análises realizadas pelos índices de seca atuais. A maioria não é suficientemente preciso e falham ao diferenciar os efeitos da seca na superfície do solo e nas camadas mais profundas e

sugerem a utilização de um índice de previsão para seca utilizando valores de precipitação diária através do Total de Precipitação Efetiva.

A seca ocorre pela deficiência de recursos recentes de água da média climatológica, sendo importante observar que não é somente a deficiência em um tempo específico, mas as conseqüências causadas pela carência de água. Os prejuízos podem ser categorizados em dois tipos de causas: um deles resulta da escassez da umidade do solo, tornando-o seco, e o outro da escassez na reserva de água (BYUN & WILHITE, 2002).

PIMENTA et alii (1998), para caracterizar a desertificação em Portugal, além dos índices climáticos e de perda de solos, adotou também, o índice de seca, baseado na precipitação anual de 321 estações meteorológicas com dados obtidos da série histórica de 52 anos.

2.2 Estudos de desertificação no nordeste brasileiro e no estado do Ceará

A preocupação com o ambiente e a paisagem nordestina já são citadas em textos antigos como em *Os Sertões* de Euclides da Cunha. Para o século XX são muitos os trabalhos que demonstram apreensão com a suscetibilidade à desertificação no Nordeste brasileiro, dentre eles estão os estudos de VASCONCELOS SOBRINHO (1978, 1983) e RODRIGUES et alii (1992), utilizados também por SALES (2003), dentre outros. SOARES et alii (1992), FERREIRA et alii (1994), LEMOS (2000), realizaram estudos para avaliar o fenômeno.

Os processos de desertificação nos espaços do semi-árido brasileiro começaram a ser estudados com maior afinco na década de 70, do século XX, tendo-se ao mesmo tempo como causa e conseqüência, a pobreza e a insegurança alimentar combinadas com variações severas do ciclo hidrológico, como secas e enchentes (BRASIL/MMA, 2004).

Segundo VASCONCELOS SOBRINHO (1978), grandes áreas do nordeste brasileiro sofrem graves processos de desertificação, notadamente no Polígono das Secas e que, a vulnerabilidade ecológica na região é decorrente de diversos fatores, tais como: irregularidade no regime pluviométrico e baixas precipitações, solos rasos, alta insolação anual, ventos secos e quentes, resultando numa cobertura vegetal pobre e num ecossistema frágil e instável, mas, de um modo geral, qualquer território está sujeito ao fenômeno enquanto o homem insistir na degradação da cobertura vegetal e do solo.

No trabalho de RODRIGUES (1992) o autor fez uma revisão histórica do desenvolvimento econômico no Ceará, que era baseado no binômio gado-algodão, o que permitiu além da instalação de extensos processos de erosão laminar, o desmatamento generalizado e, com o aparecimento de pragas, reduziu drasticamente os plantios provocando perdas econômicas e sociais.

Estudos realizado por RODRIGUES (1992) com o objetivo de analisar alguns indicadores do processo de desertificação no Nordeste, para o Ceará, dentre nove microrregiões homogêneas, em uma delas está o município de Irauçuba, tido como um Núcleo de desertificação e, integrante da Microrregião de Sobral. Em seu trabalho, o autor caracterizou e selecionou as áreas através da definição de zonas áridas sugerida pela UNEP (1991).

RODRIGUES (1992) cita no seu estudo a baixa precipitação pluviométrica na região do município de Irauçuba associadas às práticas de uso do solo inadequadas, como o desmatamento intensivo e a pecuária extensiva, acarretando em graves problemas de erosão, perda de fertilidade dos solos, redução da produção agrícola, desemprego, emigração e estagnação econômica como prováveis causas de sua desertificação.

Para AB'SABER (1977), os processos de desertificação no nordeste seco são resultantes da predisposição da estrutura geoecológica e que as Terras Secas do Nordeste brasileiro apresentam-se pouco salinizadas, se comparadas ao restante do mundo, razão pela qual possui dimensões relativas para atividades agrícolas sendo capaz de abrigar razoáveis proporções demográficas.

CONTI (1998) considera como mais adequadas para a análise do processo de desertificação no nordeste brasileiro as metodologias que estudam os solos, a cobertura vegetal e a variabilidade climática como indicadores do fenômeno.

NIMER (1988) propôs uma metodologia fundamentada em três eixos: climatológico, geomorfológico e pedológico, cujos resultados seriam a elaboração de cartas temáticas que, superpostas, permitiriam conhecer os diferentes níveis de desertificação.

FERREIRA et alii (1994) utilizaram uma metodologia baseada na construção de 19 indicadores físicos e sócio-econômicos para avaliar a desertificação no Nordeste do Brasil, de acordo com as microrregiões homogêneas nos estados e a construção de uma matriz com a ausência ou presença desses indicadores: 1. densidade demográfica, 2. sistema fundiário, 3. mineração, 4. qualidade da água, 5. salinização, 6. tempo de ocupação, 7. mecanização, 8. estagnação econômica, 9. pecuarização, 10. erosão, 11. perda de fertilidade, 12. área de preservação, 13. defensivos agrícolas, 14. área agrícola, 15. bovinocultura, 16. caprinocultura, 17. ovinocultura, 18. evolução demográfica e, 19. suscetibilidade à desertificação. Quinze a dezenove (15 a 19) desses indicadores, indicaram um nível muito grave de desertificação na região; onze a quatorze (11 a 14) indicadores apontaram para um nível grave e, de seis a dez (6 a 10) para moderado, destacando-se a variável erosão das demais com uma frequência de 61,9% dentre todas as demais.

LEMOS (2000) utilizou indicadores físicos e sócio-econômicos de desertificação, dentre eles, o índice de pobreza, baseado em aspectos da infraestrutura básica, tais como serviço de água encanada, saneamento básico, serviço de coleta de lixo e acesso à educação para medir a degradação ambiental no nordeste semi-árido e estimar o Índice de Desertificação, aplicando métodos de análise fatorial. Esse método consiste de um procedimento estatístico no qual se procura reduzir a quantidade de variáveis existentes a um único denominador, nesse caso, estimar o Índice de Desertificação. No trabalho, o autor tentou comprovar a relação existente entre degradação ambiental e os altos padrões de pobreza no nordeste semi-árido, que são agravados pela prática de uma agricultura predatória com culturas itinerantes, constantes rotações de terras e o pastoreio excessivo

nessas áreas. Esse tipo de prática altera o ambiente e modifica a flora nativa, permitindo a proliferação de espécies invasoras sem valor ecológico, degradação intensificada pela busca de fontes de energia para subsistência e para as olarias.

No estudo de LEMOS (2000), dos oito estados nordestinos com áreas situadas no semi-árido, o Ceará apresentou uma percentagem de área afetada intensamente pelo processo de desertificação, atingindo 14% de sua população em cerca de 30% de seu território, contra 26% dos territórios do Rio Grande do Norte e da Paraíba, 25% do Piauí e 23% de Sergipe. Os estados da Bahia, Pernambuco e Alagoas, também apresentaram dados preocupantes em relação ao fenômeno, com 17%, 16% e 9%, respectivamente, de suas áreas comprometidas. No global, o estudo estimou que na região Nordeste, 17% de seu território estão afetados pelo processo de desertificação, atingindo, direta ou indiretamente, 11% de sua população.

O trabalho de SOARES et alii (1992) que teve por objetivo a indicação e mapeamento das áreas nos municípios e microrregiões homogêneas do estado do Ceará suscetíveis à desertificação, aponta que os municípios de Irauçuba, Massapé e Sobral, da Microrregião de Sobral apresentam propensas ao processo, respectivamente, 50,7%, 32,6% e 41,6% de suas áreas.

No semi-árido nordestino “as queimadas realizadas para a preparação de novos terrenos de cultivos desempenham papel de grande poder destruidor do ambiente” (VASCONCELOS SOBRINHO, 1983, p.31) onde ocorre a destruição dos estoques de sementes que poderiam recuperar da cobertura vegetal nativa. Seus solos geralmente são rasos e com afloramentos rochosos dificultando a retenção de água, potencializando a desertificação na área (BRASIL/MMA, 2004).

A deterioração dos recursos naturais renováveis e da qualidade do ambiente e da vida da população é agravada pela falta de uma consciência conservacionista (SOARES et alii, 1992).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo da suscetibilidade à desertificação da Microrregião de Sobral foi utilizada uma adaptação da metodologia de PIMENTA et alii (1998), devidamente adequada em função da disponibilidade de dados. Na metodologia a autora considera a desertificação como causa de fatores naturais e fatores antrópicos, sendo que estes fatores resultam sempre em processos de erosão do solo, considerando-os, portanto, como condição *sine Qua non* para o desencadeamento dos processos de desertificação. Desta maneira as estimativas de erosão dos solos foram feitas a partir de alguns parâmetros da Equação Universal de Perdas de Solo - EUPS.

A metodologia, adaptada de PIMENTA et alii. (1998), para estudo da Suscetibilidade Geoambiental das Terras Secas da Microrregião de Sobral está resumida no esquema que segue:

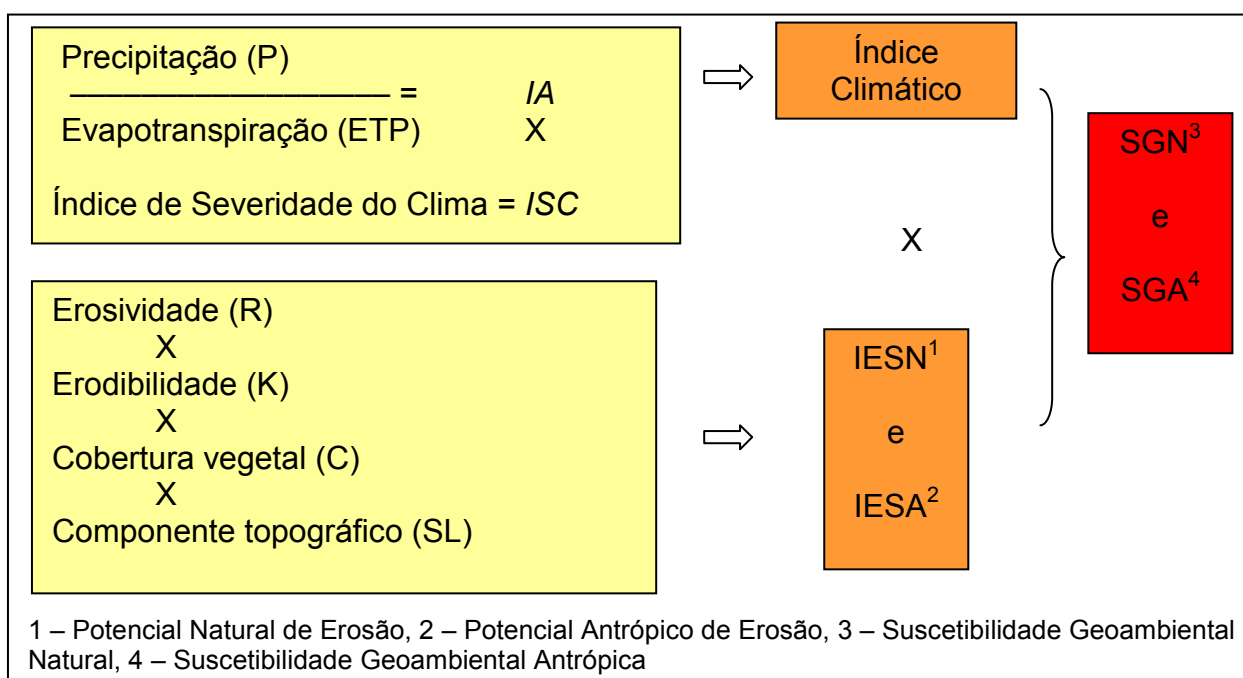


FIGURA 3 - Esquema de estudo adotado para avaliar a Suscetibilidade Geoambiental das Terras Secas da Microrregião de Sobral

3.1 Caracterização da área de estudo

A Microrregião de Sobral localiza-se na região centro-norte do estado do Ceará entre as latitudes 3° 2' e 4° 10' Sul e longitudes 39° 39' e 40° 52' Oeste, sendo formada por doze municípios: Cariré, Forquilha, Graça, Groaíras, Irauçuba, Massapê, Miraíma, Mucambo, Pacujá, Santana do Acaraú, Senador Sá e Sobral compreendendo uma área de 8.652,1km², FIGURA 4.

3.1.1 Características Geoambientais

I.Geologia

O Estado do Ceará apresenta uma diversidade complexa quanto à sua geologia, apresentando grande variedade de litologias em terrenos pertencentes ao Embasamento Cristalino do Pré-cambriano e em terrenos sedimentares de diferentes idades (RADAMBRASIL, 1981), sendo muitas dessas feições encontradas, também, na Microrregião de Sobral.

O Embasamento cristalino é o que ocupa a maior parte da área (85,8%) representada por rochas muito antigas como: gnaisses, migmatitos, granitos e quartzitos encontrados principalmente nas serras secas e sobre a superfície da Depressão Sertaneja nos inselbergs, nos afloramentos e matacões, onde a ação erosiva truncou indistintamente variados tipos de litologias. (RADAMBRASIL, 1981)

Os terrenos sedimentares (13,9%) são formados por sedimentos consolidados e não consolidados originados do intemperismo e erosão de rochas já existentes. Na área de estudo são encontrados basicamente nos tabuleiros costeiros, no município de Senador Sá em superfícies aplainadas com vestígios de erosão e, ao longo dos cursos d'água, em formações mais recentes nos aluviões como no rio Acaraú. Sua litologia se caracteriza pela presença de areia, argila e silte, distribuídos em camadas alternadas, além da acumulação de material orgânico. (RADAMBRASIL, 1981).

RADAMBRASIL (1981) indica as seguintes Formações geológicas encontradas na área, e suas respectivas unidades litológicas, conforme indicadas na FIGURA 5 e TABELA 1:

Cenozóico

- Formação Barreiras (TQb) – argilas variegadas, arenitos, conglomerados.
- Aluviões (Qa) – areia fina, grossa, cascalhos e argilas.

Siluro-Devoniano Inferior

- Formação Serra Grande (SDsg) - conglomerados, arenitos finos, grosseiros, arcoseanos e ortoquartzíticos, estratificação cruzada.

Cambro-Ordoviciano

Grupo Jaibaras

- Formação Massapê (Eojm) – conglomerados, gnaisses, vulcânicas, brechas basais, matacões de migmatito, quartzitos, arenitos, granitos.
- Formação Pacujá (Eojp) – arenitos finos, líticos, grauvacas, conglomerados e brechas.
- Formação Aprazível (Eoja) – conglomerados, brechas, seixos e matacões de vulcânicos, granitos, arenitos e calcário.

Cambriano

- Granito Serra do Barriga (Eγb) – microclina–biotita-granito grosseiro com fácies porfiróide.
- Granito Mucambo (Eγmu) – biotita–hornblenda-granito, hornblenda-quartzo-sienito e granito leucocrático.

Pré-Cambriano

- Complexo Nordeste (pEn) – migmatitos, calcários cristalinos, gnaisses feldspatizados, fácies anfibolito rochas graníticas e granodioríticas.
- Vulcanismo Parapuí (Epa) - riolitos, riodacitos, andesitos, basaltos.

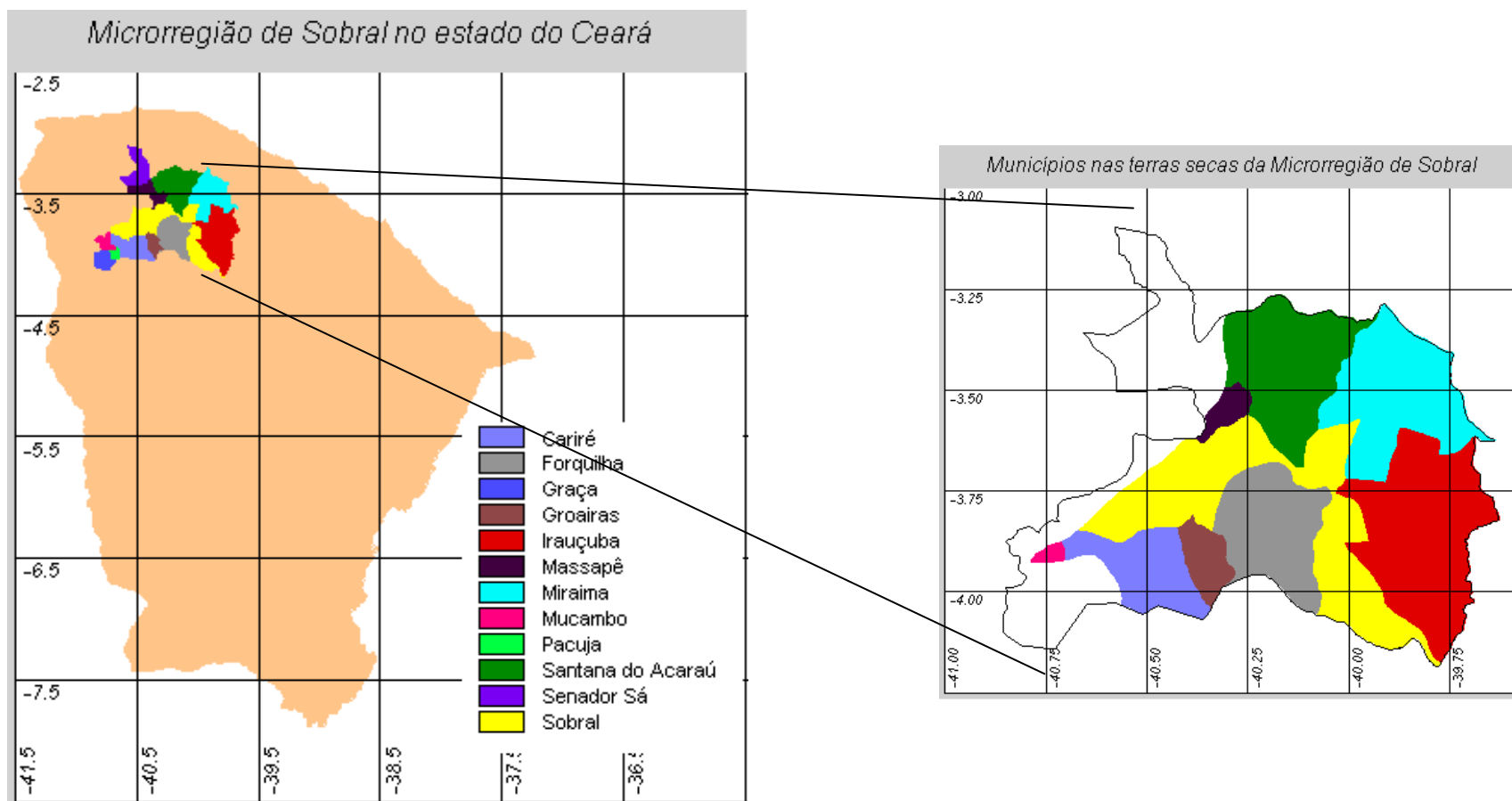


FIGURA 4 - Microrregião de Sobral, Segundo IBGE, com a localização dos municípios das terras secas

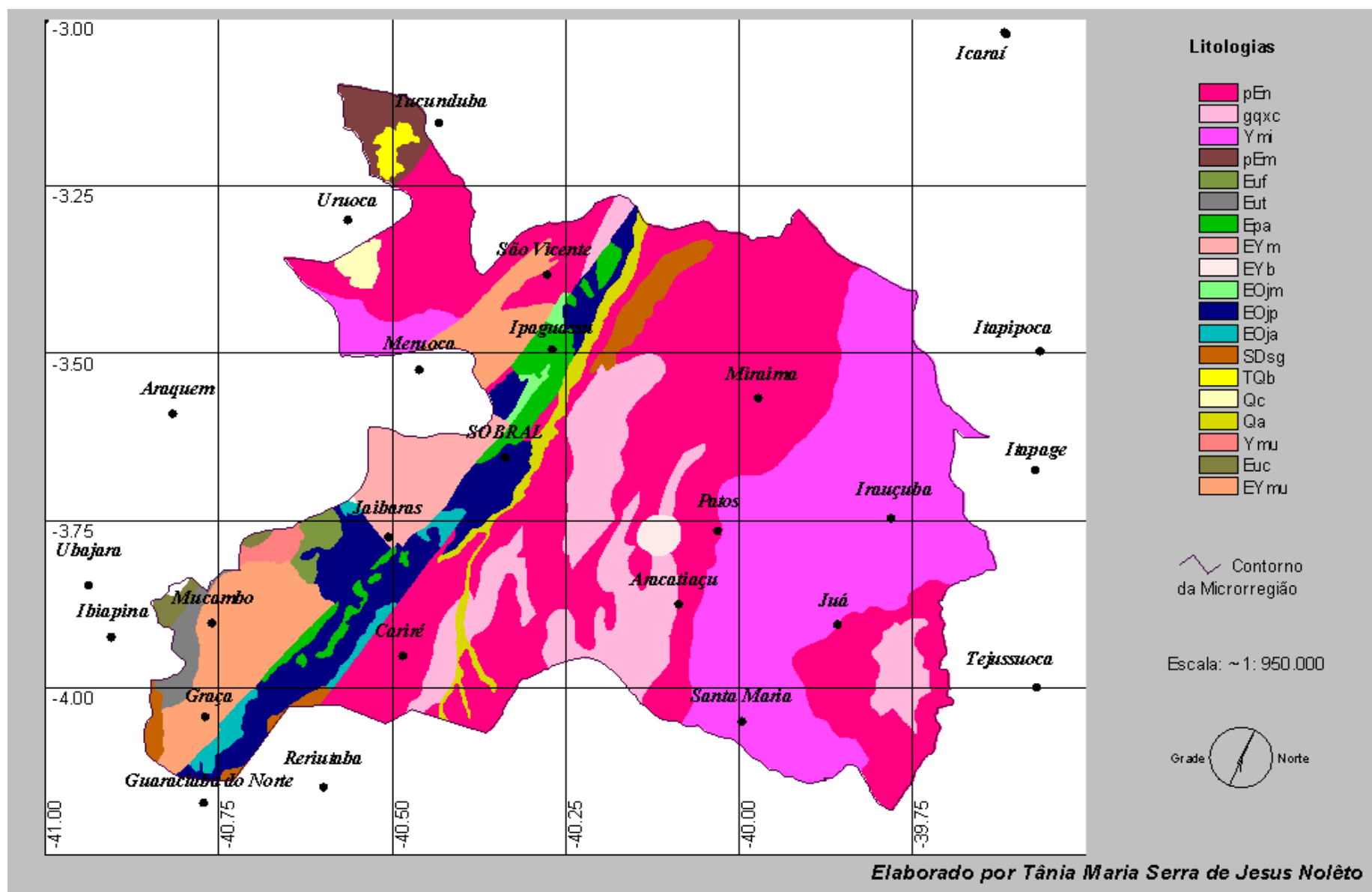


FIGURA 5 – Geologia da Microrregião de Sobral (RADAMBRASIL, 1981)

TABELA 1 - Unidades Litológicas da Microrregião de Sobral

Unidades	Litologias	% de Ocorrência
pEn	Complexo Nordeste	37,8
gqxc	Gnaisses, quartzitos, xistos e calcários	10,0
ymi	Granitos e migmatitos	23,9
pEm	Grupo Martinópole	1,4
Euf	Formação Frecheirinha	0,6
Eut	Formação Trapiá	0,8
Epa	Vulcanismo Parapuí	2,1
Eym	Granito Meruoca	3,1
Eyb	Granito Serra do Barriga	0,4
EOjm	Formação Massapê	0,3
EOjp	Formação Pacujá	6,6
EOja	Formação Aprazível	1,0
SDsg	Formação Serra Grande	1,7
TQb	Grupo Barreiras	0,4
Qc	Colúvios	0,5
Qa	Aluviões	1,7
ymu	Granito Mucambo	0,5
Euc	Formação Caiçaras	0,4
Eymu	Granito Mucambo	6,9

II. Geomorfologia

A Microrregião de Sobral está inserida, conforme pode ser visto na FIGURA 6 e TABELA 2, nos compartimentos regionais Depressão Sertaneja, Maciços Residuais, Áreas de Acumulações Inundáveis e Planícies Fluviais.

A Depressão Sertaneja, ou Superfície Sertaneja (AB' SABER, 1969) (68,1%), paisagem típica do semi-árido nordestino ocupa a maior parte do Estado do Ceará, cerca de 60% de sua área. Sua altimetria é inferior a 400 metros, estando encravada entre os maciços residuais cristalinos, o que, conjuntamente com o regime

pluviométrico, favorece a intensificação da semi-aridez e da distribuição da caatinga (RADAMBRASIL, 1981).

Os Maciços Residuais são serras constituídas de rochas do Embasamento Cristalino e de extensões variadas que se encontram dispersos pela Depressão Sertaneja. Apresentam altitudes variadas, entre 450-700 metros até 700-900m, e raramente acima de 900-1000m. De acordo com RADAMBRASIL (1981) os maciços exibem conjunto de relevos montanhosos compartimentados em blocos isolados, separados entre si pelas depressões sertanejas e vertentes de barlavento voltadas para leste com alto índice de umidade pluviométrica e chuvas orográficas.

Tabuleiros costeiros (4,8%) é um relevo predominantemente plano com segmentos suavemente ondulados encontrados ao longo da região litorânea entre as planícies costeiras e a depressão sertaneja (IPLANCE, 1989).

Planície fluvial (1,0%), conhecida também por várzea, é resultante de deposições efetuadas pelos rios. É de grande importância e significado, principalmente econômico, para o meio semi-árido, pois seus solos têm boa fertilidade natural, possibilitando grande aproveitamento agrícola e, conseqüentemente, o adensamento populacional, levando-se em conta que muitas cidades começam nas margens de rios (IPLANCE, 1989). Para a área da Microrregião de Sobral a planície fluvial mais importante é a do rio Acaraú que drena boa parte da região, passando pelo município de Sobral.

As áreas de acumulações inundáveis (9,6%) compreendem depressões de pequenos desníveis encontrados em vários pontos da Depressão Sertaneja e que, em decorrência da impermeabilidade dos solos, permite no período chuvoso o acúmulo de água na superfície e o surgimento de uma cobertura herbácea de gramíneas sobre solos dos tipos Planossolos e Regossolos. Estas áreas costumam servir de pastos naturais para o pastoreio extensivo. Porém, devido às altas taxas de transpiração, estas águas tendem a desaparecer, principalmente quando a seca se intensifica, ressecando o solo e, conseqüentemente, ocasionando o desaparecimento da vegetação na área (RADAMBRASIL, 1981 e FIGUEIREDO, 1986).

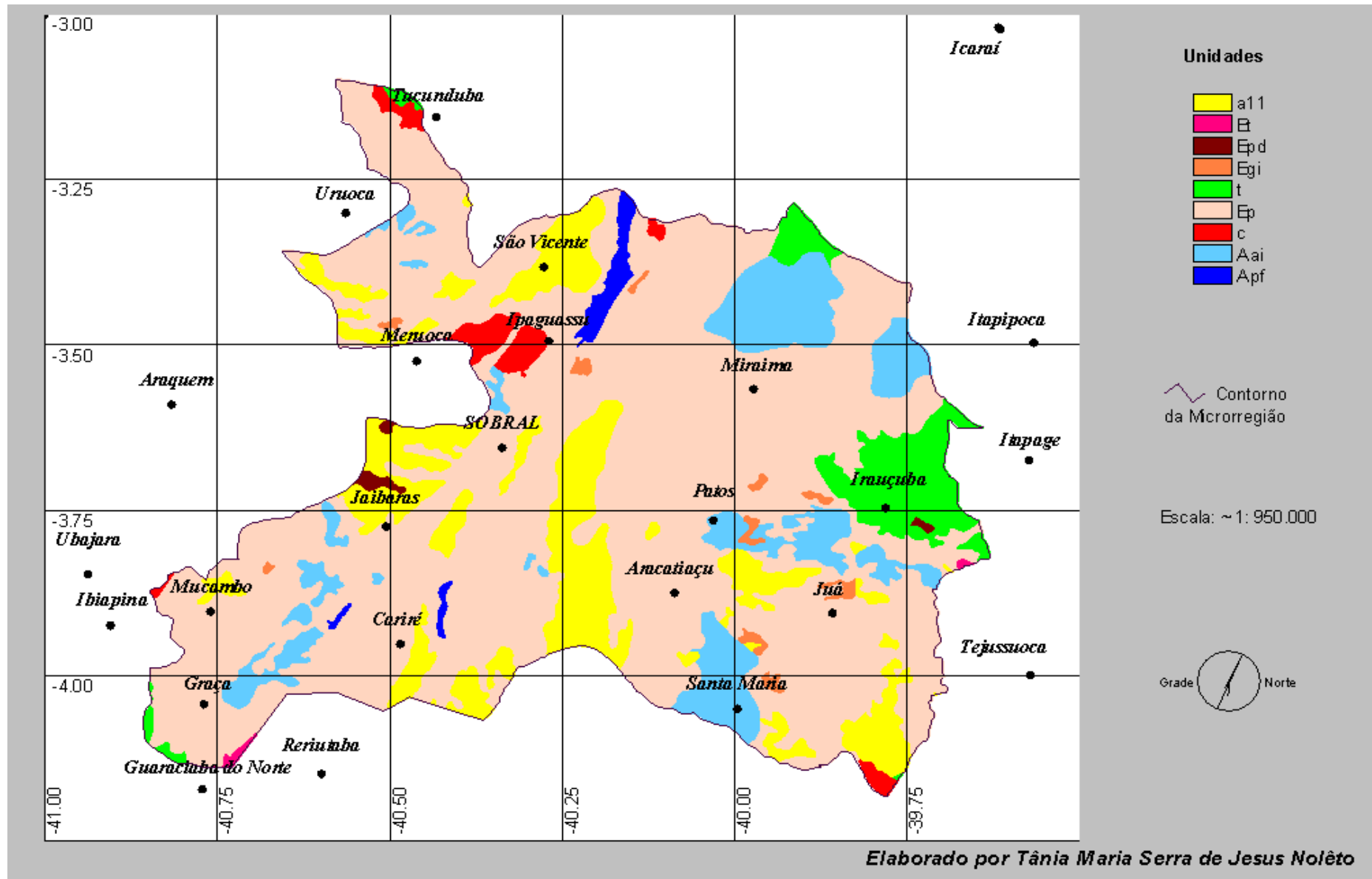


FIGURA 6 – Geomorfologia da Microrregião de Sobral (RADAMBRASIL, 1981)

TABELA 2 – Unidades Geomorfológicas da Microrregião de Sobral

	Legenda	Unidades Geomorfológicas	% de ocorrência
1	a11	Formas de dissecção aguçada	13,65%
2	Et	Superfície tabular erosiva	0,14%
3	Epd	Pedimento	0,29%
4	Egi	Inselberg	0,77%
5	t	Formas tabulares	4,80%
6	Ep	Superfície pediplanada	68,0%
7	c	Formas convexas	1,65%
8	Aai	Áreas de acumulação inundáveis	9,60%
9	Apf	Planície fluvial	1,00%

III. Clima

A precipitação pluviométrica é de grande importância para o quadro climático das regiões tropicais semi-áridas, sendo a quantidade de chuva e seu ritmo mensal suas características mais relevantes, estando condicionados aos sistemas de circulação atmosférica e por fatores geográficos que provocam diferenças no quadro climático das regiões.

De acordo com SILVA (2000) a pluviosidade no Estado do Ceará é bastante irregular, caracterizando-se por um período chuvoso e outro seco, existindo ainda, uma irregularidade pluviométrica de um ano para outro, provocando as secas e causando prejuízos econômicos e sociais...

O tipo climático predominante na Microrregião de Sobral é o Clima Tropical Quente Semi-árido, com pluviometria média de 850 mm anuais e secas severas, causando prejuízos às atividades agrícolas, pois os rios e açudes tendem a secar. O município de Sobral por estar situado nas áreas mais rebaixadas da Serra da Meruoca apresenta a particularidade de ter traços do clima Tropical Quente Semi-árido Brando com pluviometria variando entre 850 e 1000 mm. Esta microrregião tem climas bem diversificados, apresentando ainda os climas: Tropical Subquente

Úmido, Tropical Quente Úmido e Tropical Quente Sub-úmido. (RADAMBRASIL, 1981, IPLANCE, 1989).

IV. Pedologia

A caracterização pedológica da Microrregião de Sobral baseou-se no Levantamento Exploratório elaborado por JACOMINE et alii (1973) num estudo apresentado na escala 1:1.600.000, mapeando 159 tipos de solos para o estado do Ceará, 27 dos quais são encontrados na área de estudo. A FIGURA 7 apresenta as associações de solos encontradas na área, enquanto na TABELA 18 constam as associações de solos distribuídas na microrregião e seus valores percentuais pelos seus municípios. Na TABELA 3 estão as descrições das associações de solos, segundo JACOMINE (1973).

Os Planossolos ocupam 20,9% da área de estudo e se encontram distribuídos de maneira descontínua em toda a sua extensão. Para o tipo Planossolos foram mapeados por JACOMINE et alii (1973), na Microrregião de Sobral as associações: PL1, PL3, PL4, PL6.

Os Podzólicos Vermelho-Amarelos ocupam 12,62%, os Podzólicos Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico 1,65% da área de estudo distribuídos dispersamente em sua extensão. Para este tipo de solo JACOMINE (1973) encontrou 07 associações: *Podzólicos Vermelho-Amarelo* PE5, PE6, PE12, PE14, PE27, PE32 e PE42; *Podzólico Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico* PV6 e PV7.

Os solos Bruno não-cálcicos se constituem nos solos de maior abrangência na área, com 44,78% de toda a sua extensão, distribuídos nas duas únicas classificações: NC7 e NC15.

Os Litólicos Eutróficos se distribuem por 14,30% da microrregião com as associações a seguir: Re3, Re6, Re7, Re14, Re15, Re 16, Re25 e Re26. Os litólicos distróficos, representados por uma única associação, Red4, ocupam 2,35% da área de estudo.

Os solos de Regozol eutrófico - REe3 e distrófico - REd2, Aluviais, Solonetz Solodizado - SS2 e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico - LVd7 distribuem-se nas seguintes porcentagens, respectivamente: 0,35%, 0,32%, 2,56%, 0,16% e 0,01%.

TABELA 3 – Descrição das associações de solos da Microrregião de Sobral (JACOMINE - 1973)

	Tipos	Associações
1	PL 1	Planosol solódico + solonetz solodizado + podzólicos vermelho amarelo
2	PL 3	Planosol solódico + solonetz solodizado + afloramento de rocha
3	PL 4	Planosol solódico + solos litólicos eutróficos + solonetz solodizado
4	PL 6	Planosol solódico + solonetz solodizado + solos litólicos eutróficos
5	PE 5	Podzólico vermelho amarelo eutrófico equivalente A moderado + Podzólico vermelho eutrófico equivalente A chernozêmico + afloramento de rochas
6	PE 6	Podzólico vermelho amarelo eutrófico equivalente A moderado + Podzólico vermelho eutrófico equivalente A chernozêmico + solos litólicos eutrófico
7	PE 12	Podzólico vermelho amarelo eutrófico equivalente A + solos litólicos eutróficos indiscriminados + afloramento de rochas
8	PE 14	
9	PE 27	Podzólico vermelho amarelo eutrófico equivalente + bruno não cálcico + solos litólicos eutróficos
10	PE 32	Podzólico vermelho amarelo eutrófico equivalente A moderado + planosol solódico + laterita hidromórfica eutrófica
11	PE 42	Podzólico vermelho amarelo eutrófico equivalente + regozol eutrófico
12	PV 6	Podzólico vermelho amarelo + laterita hidromórfica + latossolo vermelho amarelo distrófico
13	PV 7	Podzólico vermelho amarelo + latossolo vermelho amarelo distrófico + podzólico acinzentado distrófico
14	Re 3	Solos litólicos eutróficos + afloramentos de rochas + podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico
15	Re 6	Solos litólicos eutróficos + podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico
16	Re 7	Solos litólicos eutróficos + bruno não cálcico + podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico
17	Re 14	Solos litólicos eutróficos + podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico + planosol solódico
18	Re 15	Solos litólicos eutróficos + planosol solódico
19	Re 16	Solos litólicos eutróficos + bruno não cálcico + afloramento de rochas
20	Re 25	Solos litólicos eutróficos + afloramento de rochas com caatinga hiperxerófila

TABELA 3 – Descrição das associações de solos da Microrregião de Sobral (JACOMINE - 1973) (Continuação)

	Tipos	Associações
21	Re 26	Solos litólicos eutróficos + afloramento de rochas com caatinga hipoxerófila
22	Red 4	Solos litólicos eutróficos e distróficos + afloramento de rochas
23	REe 3	Regosol eutrófico + afloramento de rochas
24	REd 2	Regosol eutrófico + solonetz solodizado + afloramento de rochas
25	NC 7	Bruno não cálcico + solos litólicos + bruno não cálcico
26	NC 15	Bruno não cálcico indiscriminado + solos litólicos + planossolos + solonetz solodizado
27	Ae 3	Solos aluviais eutróficos + solos halomórficos indiscriminados + planosol solódico
28	SS 2	Solonetz solodizado + planosol + solos aluviais eutróficos
29	LVd 7	Latossolo vermelho amarelo distrófico + Latossolo vermelho amarelo distrófico

V. Vegetação

Devido à ampla extensão da Microrregião de Sobral podemos encontrar uma vegetação bem diversificada considerando que a sua maior parte está inserida no semi-árido da Depressão Sertaneja. A vegetação predominante na área de estudo, como pode ser visto na FIGURA 8, é a caatinga onde prevalecem plantas com características xerofíticas, com folhas pequenas e caducifólias, em sua maioria com espinhos, caráter adaptativo para o clima seco.

FIGUEIREDO (1986) divide a Caatinga nas seguintes fisionomias: Caatinga Arbórea Densa constituída predominantemente por árvores com altura em torno de 8 a 12 metros; Caatinga Arbórea Aberta com pequenas árvores espinhosas com cerca de 2 a 5 metros e um de extrato herbáceo abundante e, Caatinga Subarbustiva.

Dentre as espécies mais encontradas nesta unidade fitoecológica temos: pau-d'arco-amarelo (*Tabebuia sp.*), jurema (*Mimosa ssp.*), mandacaru (*Cereus jamacuru*), xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*).

Outra formação vegetal importante encontrada nas terras da Microrregião de Sobral é a mata ciliar que se caracteriza por apresentar palmeiras, predominantemente a carnaúba (*Copernicia cerifera*), margeando os cursos de água e em locais onde ocorre um maior acúmulo de água.

TABELA 4 – Tipos de cobertura vegetal e percentual de ocorrência na Microrregião de Sobral

	Legenda	Cobertura Vegetal	% de ocorrência
1	Eas	Caatinga arbórea aberta sem palmeira	44,99%
2	Eap	Caatinga arbórea aberta com palmeira	42,00%
3	Eps	Caatinga parque sem palmeira	2,49%
4	Epp	Caatinga parque com palmeira	2,00%
5	Vpp	Floresta Estacional Semidecidual – Vegetação Secundária com palmeira	0,66%
6	Vss	Floresta Estacional Semidecidual – Vegetação Secundária sem palmeira	0,22%
7	VAc	Floresta Estacional Semidecidual – Agricultura cultura cíclica	0,04%
8	VoAc	Floresta Ombrófila Aberta	2,00%
9	PAC	Área das Formações Pioneiras - Agricultura	3,16%
10	EAc	Caatinga – Agricultura	1,00%
11	VoVss	Floresta Ombrófila Aberta – Vegetação Secundária sem palmeira	0,39%
12	Eas1	Área de tensão ecológica – caatinga arbórea sem palmeira	0,77%
13	Edp	Caatinga arbórea densa sem palmeira	0,24%

Fonte: RADAMBRASIL (1981)

VI. Recursos Hídricos

A Microrregião de Sobral é drenada por quatro bacias hidrográficas: Acaraú, Litoral, Coreaú e Curu que são importantes fontes hídricas para a população do semi-árido. Porém, durante os meses de estiagem ocorre o comprometimento dos recursos hídricos causado pela concentração de chuvas em determinados períodos do ano, havendo a necessidade da construção de açudes para o abastecimento de água para a população, pecuária, irrigação e atividades pesqueiras, além de servir como fonte de lazer e atrativo turístico. A Bacia Hidrográfica do Acaraú, formada pelo rio de mesmo nome e seus afluentes, é a segunda mais importante

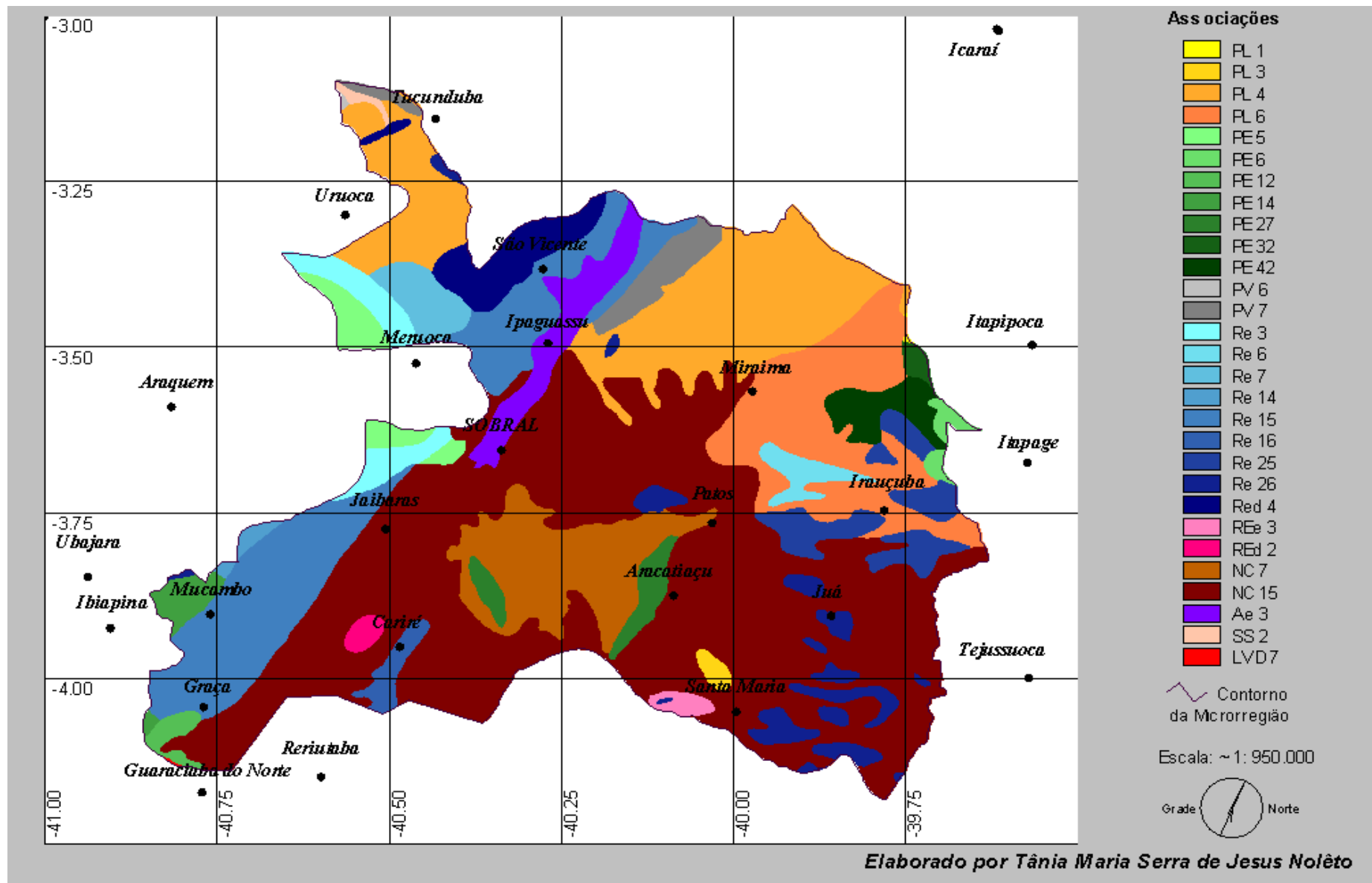


FIGURA 7 – Associações de solos na Microrregião de Sobral (JACOMINE, 1973).

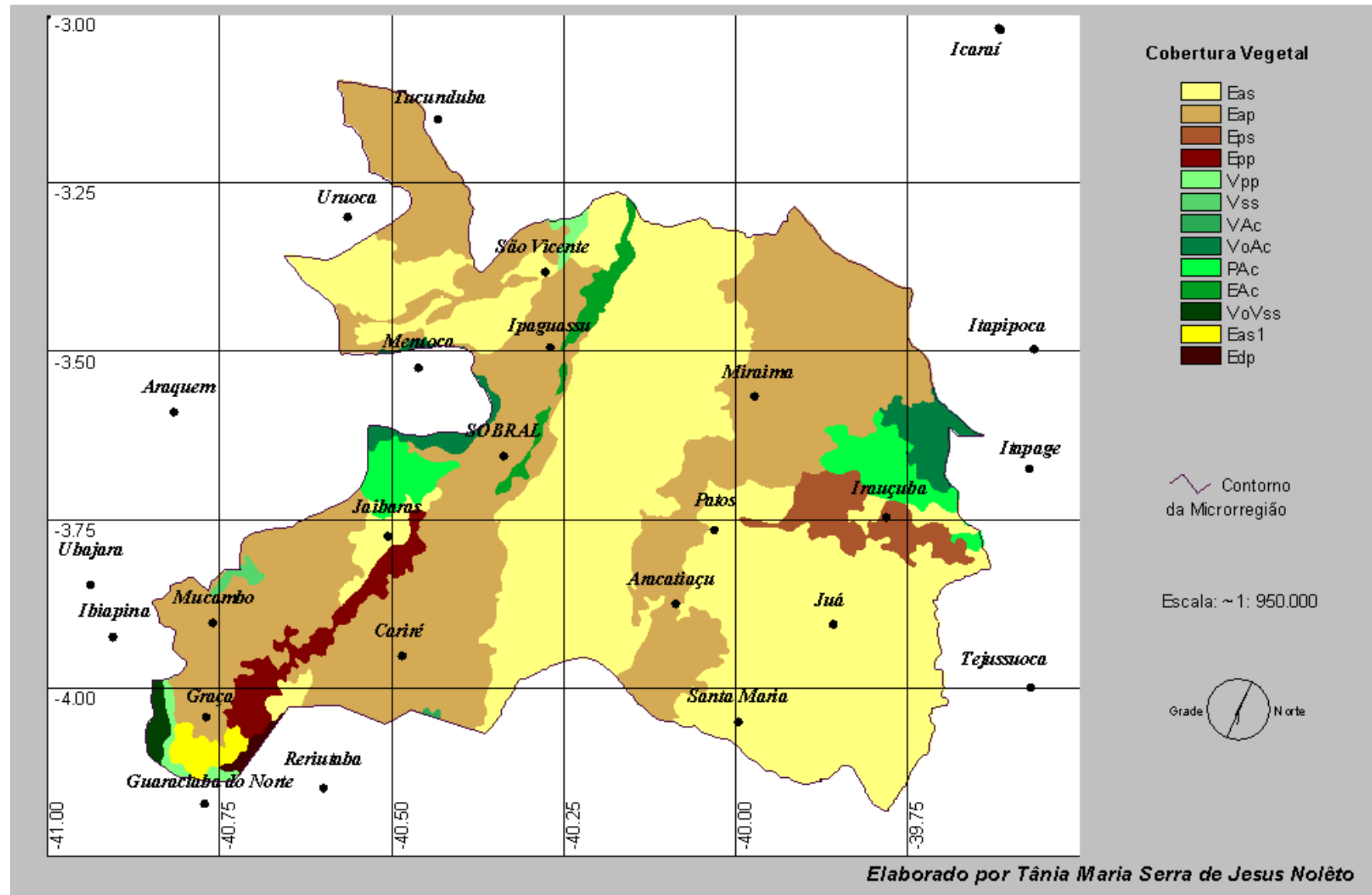


FIGURA 8 – Vegetação da Microrregião de Sobral (JACOMINE, 1973).

para o Ceará e drena a maior parte da área de estudo, oito municípios. Seu regime difere das outras bacias hidrográficas cearenses por não ser totalmente temporário, tendo água durante maior parte do ano. Os principais açudes desta microrregião e suas respectivas bacias hidrográficas estão listados na TABELA 5. A drenagem da área pode ser vista na FIGURA 9.

TABELA 5 – Principais açudes, suas respectivas Bacias Hidrográficas, capacidade e volume.

MUNICÍPIO	AÇUDE	BACIA HIDROGRÁFICA	CAPACIDADE (m³)	VOLUME (m³)
Cariré	-	Acaraú	-	-
Forquilha	Arrebite	Acaraú	19.601.000	9.938.000
	Forquilha	Acaraú	50.132.000	16.386.000
Graça	-	Acaraú	-	-
Groaíras	-	Acaraú	-	-
Irauçuba	Sarimirim	Curu	20.500.000	7.687.000
Massapê	Acaraú-mirim	Acaraú	52.000.000	36.740.000
Miraíma	Sem nome	Litoral	19.259.000	10.651.000
Mocambo	-	Coreaú	-	-
Pacujá	Taquara	Acaraú	-	-
Santana do Acaraú	São Vicente	Acaraú	9.845.000	4.673.000
Senador Sá	Tucunduba	Coreaú	41.400.000	15.353.000
Sobral	Ayres de Sousa	Acaraú	104.430.000	74.552.000
	Patos	Litoral	13.658.000	4.821.000
	Sem nome	Litoral	8.400.000	1.389.000
Sobral	Santa Maria de Aracati	Litoral	8.200.000	-
	Santo Antônio de Aracatiaçu	Litoral	24.251.000	1.389.000
	Sobral	Acaraú	4.675.000	2.135.000

Fonte: SIRH e Tribunal de Contas dos Municípios do Ceará

A análise da TABELA 5 mostra a existência de açudes com grande capacidade para armazenagem de água. Porém, 33,3% desses açudes têm metade de sua capacidade utilizada; 33,3% utilizam cerca de um terço de sua capacidade, enquanto 8% fazem uso de menos de um terço de sua capacidade total, conseqüência da baixa pluviosidade em grande parte da área. A existência de açudes com uma área superficial muito extensa contribui para uma maior taxa de evapotranspiração.

3.1.2 Características Sócio-econômicas da Microrregião de Sobral

A caracterização sócio-econômica da Microrregião de Sobral indicada na TABELA 6 demonstra, inicialmente, as melhores condições de infra-estrutura no município de Sobral se comparadas com os demais municípios da área. O PIB *per capita* de Sobral é o maior de toda a microrregião, cerca de cinco vezes mais do que nos demais municípios. O valor total da receita municipal é bastante elevado em Sobral, R\$ 97.624,00 em 2001, destoando do valor de Senador Sá, R\$ 3.295,00 para o mesmo ano.

O rendimento médio da população é discrepante onde a maioria tem até um salário mínimo para o custeio de suas necessidades, cerca de 4% da população, uma minoria tem mais de dez salários mínimos, em torno de 0,6% da população total da microrregião. Para suprir suas necessidades a população de baixa renda recorre a uma agropecuária de subsistência, numa área onde os solos, em sua maioria, são rasos e a disponibilidade de água insuficiente, conseqüência do baixo regime pluviométrico e da elevada taxa de evapotranspiração. Na lavoura, os principais produtos cultivados são: o arroz, a banana, o feijão, a mandioca e o milho e, na pecuária, extensiva, há a criação dos gados: bovino, suíno, muar, ovino e caprino, onde os bovinos comem o pasto que é em seguida eliminado pelos rebanhos de ovinos e caprinos. Outra forma de renda é através do extrativismo vegetal onde há o desmatamento da vegetação nativa para a produção de carvão vegetal e lenha. Em Irauçuba em 1995 houve a extração de 105.173 m³/ton de lenha, um número bastante elevado se comparado com o total de lenha extraída em Mucambo, 5.634 m³/ton.

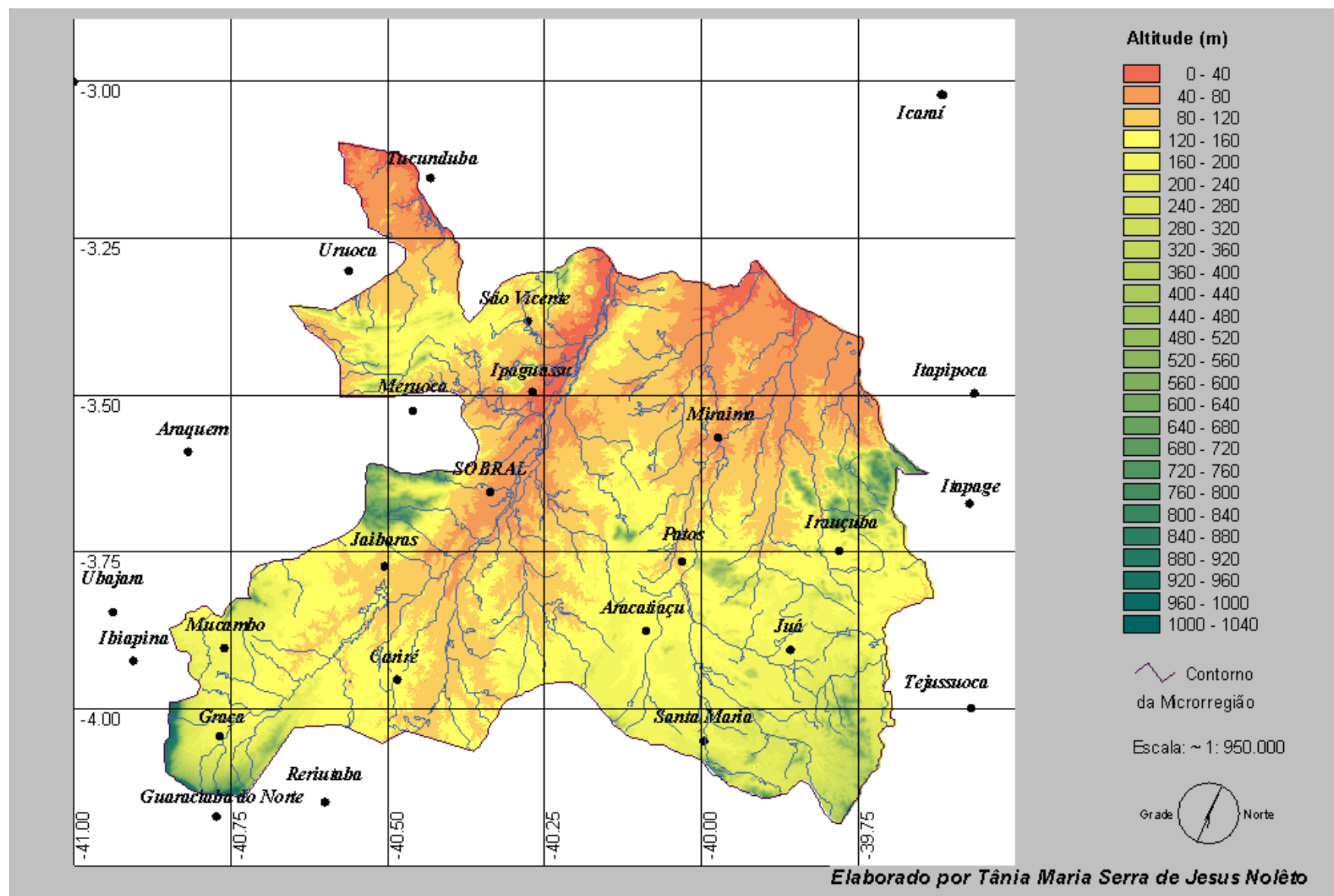


FIGURA 9 – Drenagem Microrregião de Sobral

A Organização Mundial de Saúde recomenda que deve haver um médico para cada 1.000 habitantes, ou 0,1 médicos para 100 habitantes. Com exceção de Sobral, os demais municípios apresentam um grande déficit com relação ao serviço. Em Miraíma há uma defasagem de médicos de até 70%, em Graça essa diferença é de 60%, Santana do Acaraú e Massapê corresponde a 50%, Cariré e Forquilha corresponde a 40%, em Groaíras, Mucambo e Pacujá essa defasagem é de 30%, enquanto Irauçuba e Senador Sá, correspondem a 20%.

TABELA 6 - Caracterização Sócio-econômica da Microrregião de Sobral - (IPLANCE)

MUNICÍPIOS		ANO DE CRIAÇÃO	ÁREA (Km²)	POPULAÇÃO (2002)	PIB <i>per capita</i> (R\$) (2002)	RECEITA MUNICIPAL TOTAL (R\$) (2001)	RENDIMENTO MÉDIO (menor e maior valor) (2002)	
							½ a 1 salário min.	+ 10 salários mínimos
1	CARIRÉ	1929	756,89	19.241	1.495,00	6.031,00	211	3
2	FORQUILHA	1985	516,99	19.271	1.923,00	6.823,00	538	4
3	GRAÇA	1987	281,89	14.799	1.300,00	6.717,00	254	2
4	GROAÍRAS	1957	155,96	9.006	1.593,00	3.761,00	111	-
5	IRAUÇUBA	1957	1.461,22	17.302	1.489,00	6.601,00	112	-
6	MASSAPÊ	1897	571,53	29.419	1.379,00	7.977,00	511	7
7	MIRAÍMA	1988	699,59	11.711	1.620,00	3.820,00	186	-
8	MUCAMBO	1953	190,54	13.374	1.334,00	5.219,00	244	4
9	PACUJÁ	1957	76,10	6.022	1.536,00	3.587,00	115	-
10	SANTANA DO ACARAÚ	1862	969,32	31.772	960,00	10.894,00	149	12
11	SENADOR SÁ	1957	430,58	6.043	1.941,00	3.295,00	51	-
12	SOBRAL	1772	2.122,99	161.064	5.474,00	97.624,00	4.248	897

TABELA 6 - Caracterização Sócio-econômica da Microrregião de Sobral - (IPLANCE)

MUNICÍPIOS		SAÚDE (2002)			ALUNOS MATRICULADOS (2002)		
		MÉDICOS (100 hab/SUS)	UNIDADES DE SAÚDE (100 hab/SUS)	TAXA MORTALIDADE INFANTIL (‰)	INFANTIL	FUNDAMENTAL	MÉDIO
1	CARIRÉ	0,06	0,68	-	643	4.475	465
2	FORQUILHA	0,06	0,48	-	1.045	5.648	563
3	GRAÇA	0,04	0,81	-	512	2.424	333
4	GROAÍRAS	0,07	0,9	-	915	6.232	311
5	IRAUÇUBA	0,08	0,69	-	1.371	5.683	568
6	MASSAPÊ	0,05	0,42	-	2.400	9.113	756
7	MIRAÍMA	0,03	0,43	-	1.190	3.197	362
8	MUCAMBO	0,07	0,68	-	953	4.307	618
9	PACUJÁ	0,07	0,94	-	632	1.800	224
10	SANTANA DO ACARAÚ	0,05	0,55	49,09	2.770	8.532	804
11	SENADOR SÁ	0,08	1,17	-	304	1.684	254
12	SOBRAL	0,24	0,81	20,57	8.308	31.539	7.797

TABELA 6 - Caracterização Sócio-econômica da Microrregião de Sobral - (IPLANCE) (Continuação)

MUNICÍPIOS		LIGAÇÕES ÁGUA CAGECE (2002)	ESGOTO SANITÁRIO CAGECE (2002)	EQUIPAMENTOS PÚBLICOS (2002)			AGROPECUÁRIA	
				ESCOLAS	POSTOS	HOSPITAIS	EXTRATIVISMO VEGETAL (1995)	
							CARVÃO VEGETAL (ton)	LENHA (m³)(ton)
1	CARIRÉ	1.643	-	33	2	1	50	61.200
2	FORQUILHA	3.656	-	35	2	-	33	38.560
3	GRAÇA	1.518	-	28	2	1	7	6.500
4	GROAÍRAS	2.104	-	31	5	-	9	30.180
5	IRAUÇUBA	1.840	-	63	-	1	74	105.173
6	MASSAPÊ	4.441	-	85	3	1	65	70.153
7	MIRAÍMA	826	-	47	-	-	-	-
8	MUCAMBO	1.826	-	37	-	1	9	5.634
9	PACUJÁ	1.019	-	18	1	-	7	6.500
10	SANTANA DO ACARAÚ	2.414	-	165	2	1	47	86.380
11	SENADOR SÁ	1.112	-	20	1	-	35	47.200
12	SOBRAL	2.353	897	137	23	6	69	23.100

TABELA 6 - Caracterização Sócio-econômica da Microrregião de Sobral - (IPLANCE) (continuação)

MUNICÍPIOS		AGROPECUÁRIA									
		LAVOURA (1999) (ton)					PECUÁRIA (1997)				
		ARROZ (em casca)	BANANA (1.000 cachos)	FEIJÃO (em grão)	MANDIOCA	MILHO	BOVINO (cabeça)	SUÍNO (cabeça)	MUARES (cabeça)	OVINO (cabeça)	CAPRINO (cabeça)
1	CARIRÉ	30	80	513	480	1.047	15.802	13.176	232	11.545	5.095
2	FORQUILHA	14	16	343	32	1.500	8.338	3.834	77	4.969	1.992
3	GRAÇA	70	91	220	1.200	702	2.822	15.845	532	1.280	3.326
4	GROAÍRAS	28	8	268	16	375	3.959	2.691	69	1.836	684
5	IRAUÇUBA	-	10	812	225	1.552	22.981	4.946	325	15.978	6.590
6	MASSAPÉ	113	298	656	1.840	1.800	8.670	14.600	60	3.300	3.000
7	MIRAÍMA*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	MUCAMBO	140	20	269	4.320	1.275	3.416	2.956	52	664	1.041
9	PACUJÁ	42	1	161	96	337	1.837	2.762	116	1.840	1.834
10	SANTANA DO ACARAÚ	-	162	616	400	1.470	25.175	11.399	259	17.264	9.463
11	SENADOR SÁ	12	4	169	320	348	2.640	5.141	120	1.591	2.259
12	SOBRAL	158	110	1.097	960	2.279	38.844	13.051	426	25.279	6.899

* Não constam dados

TABELA 6 - Caracterização Sócio-econômica da Microrregião de Sobral - (IPLANCE) (continuação)

MUNICÍPIOS		INDÚSTRIA (1998)			COMÉRCIO (1998)	
		EXTRAÇÃO MINERAL	CONSTRUÇÃO CIVIL	TRANSFORMAÇÃO	ATACADO	VAREJO
1	CARIRÉ	-	-	-	-	153
2	FORQUILHA	1	-	17	-	212
3	GRAÇA	-	-	-	-	29
4	GROAÍRAS	-	-	5	-	126
5	IRAUÇUBA	1	-	13	-	133
6	MASSAPÊ	-	-	33	6	191
7	MIRAÍMA	-	-	-	-	-
8	MUCAMBO	-	-	5	-	119
9	PACUJÁ	-	-	7	1	48
10	SANTANA DO ACARAÚ	-	-	16	-	220
11	SENADOR SÁ	-	-	1	-	53
12	SOBRAL	4	1	255	59	2.048

3.2 Índice Climático

3.2.1 Estimativa do Índice de Aridez (IA) para identificação das zonas climáticas da UNEP (1991) da Microrregião de Sobral

Para estimativa do Índice de Aridez - IA proposto pela UNEP (1991), que consiste na razão entre a precipitação anual e evapotranspiração potencial (P/ETP), calculando-se esta última segundo o método de Thornthwaite (1948), foram obtidos dados segundo a os seguintes procedimentos:

I - Dados de Precipitação

Para os dados de precipitação pluvial média anual (P) na Microrregião de Sobral foram utilizadas as informações coletadas pela SUDENE (1990) no período de 1935 a 1985 para 32 postos pluviométricos, na área e no seu entorno. As falhas existentes na base de dados foram corrigidas pelo método de ponderação regional de TUCCI (1993) onde os dados incompletos para as séries históricas foram retificados utilizando a média ponderada da precipitação pluvial dos postos vizinhos àquele com ausência de dados. Estes postos estavam numa região climatológica semelhante ao posto a ser corrigido, sendo a correção efetuada de acordo com a equação:

$$Y = \frac{1}{3} \left(\frac{y_m}{x_{m_1}} + \frac{y_m}{x_{m_2}} + \frac{y_m}{x_{m_3}} \right) \quad (10)$$

Onde:

Y é o valor a ser estimado no posto Y

x, x₂, x₃ são as precipitações médias nas três estações circunvizinhas.

II - Estimativa da Evapotranspiração Potencial

Para estimativa da Evapotranspiração Potencial foram usados dados de temperaturas médias mensais estimadas pelo uso das equações de regressão

múltipla de CAVALCANTI & SILVA (1994), propostas para os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, equações do tipo:

$$Y = a_0 + ax_1 + bx_2 + cx_2 + a_1x_1^2 + b_1x_2^2 + c_1x_2^3 + a_2x_1x_2 + b_2x_1x_3 + c_2x_2x_3 \quad (11)$$

Onde:

Y é a valor da temperatura

x_1 é a latitude em graus

x_2 é a longitude em graus

x_3 é a altitude em metros

$a_0, a, b, c, a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$ são parâmetros estimados pelo método dos mínimos quadrados.

O cálculo da evapotranspiração potencial (THORNTHWAITE, 1955) foi realizado por programa computacional desenvolvido por OLIVEIRA & SALES (1985), elaborado para cálculo do balanço hídrico seqüencial seguindo as Instruções e Tabelas para Cálculo da Evapotranspiração Potencial e Balanço Hídrico (THORNTHWAITE & MATHER, 1957).

A evapotranspiração potencial não ajustada para as temperaturas médias mensais com valores entre zero e 26,5°C foi calculada segundo SELLERS (1965), pela equação:

$$(ETP_0)_m = 16 (10T_m/I)^a \quad (12)$$

Onde:

$(ETP_0)_m$ é a evapotranspiração potencial não ajustada para o mês m, em mm/mês,

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

I é o índice anual de calor, obtido por:

$$I = \sum_{m=1}^{12} im \quad (13)$$

Em que:

i_m é o índice mensal de calor para o mês m computado por:

$$i_m = (T_m/5)1,514 \quad (14)$$

e

$$a = (0,675I^3 - 77,1I^2 + 17,920I + 492,390) \cdot 10^{-6} \quad (15)$$

A evapotranspiração potencial não-ajustada ($(ETP_1)_m$) em mm/mês, para temperaturas médias entre 26,5°C e 38°C, foi calculada pela equação deduzida a partir da tabela 5 das Instruções e Tabelas para Cálculo da Evapotranspiração Potencial e Balanço Hídrico (THORNTWHAITE & MATHER, 1957).

$$((ETP_1)_m = 6,9153 \log (T) - 18,1275 \quad (16)$$

Os valores da evapotranspiração potencial mensal não-ajustada ($(ETP_1)_m$) e ($(ETP_1)_m$) estimados com uso das equações (12) e (16) são para os meses com duração de 30 dias de 12 horas de insolação. Esses valores, em função das alterações das durações do período de insolação com a latitude, do número de dias de cada mês e do hemisfério onde está a localidade, foram corrigidos para a obtenção da evapotranspiração potencial mensal ajustada. Esse ajustamento foi feito multiplicando-se os valores da evapotranspiração potencial não-ajustada encontrados por fatores de correção (FC_m), computados a partir de equações de regressão deduzidas para cada mês, latitude (X) e o hemisfério onde está a localidade, com base nos dados encontrados nas tabelas 10 e 11 de THORNTWHAITE & MATHER (1957). As equações para cálculo dos fatores de correção são:

Hemisfério Norte

$$FC \text{ Jan} = 31,7131 - 0,16876 X \quad (17)$$

$$FC \text{ Fev} = 28,5410 - 9,010861E^{-02} X \quad (18)$$

$$FC \text{ Mar} = 31,0362 - 0,066244 X \quad (19)$$

$$FC \text{ Abr} = 30,0412 + 0,0818824 X \quad (20)$$

$$FC \text{ Mai} = 30,7588 + 0,164471 X \quad (21)$$

$$\text{FC Jun} = 29,6244 + 0,198787 X \quad (22)$$

$$\text{FC Jul} = 30,6337 + 0,187357 X \quad (23)$$

$$\text{FC Ago} = 30,7912 + 0,119647 X \quad (24)$$

$$\text{FC Set} = 30,2308 + 0,023240 X \quad (25)$$

$$\text{FC Out} = 31,2817 + 0,066326 X \quad (26)$$

$$\text{FC Nov} = 30,7407 + 0,195611 X \quad (27)$$

$$\text{FC Dez} = 31,8667 + 0,195611 X \quad (28)$$

Hemisfério Sul

$$\text{FC Jan} = 30,6652 + 0,187276 X \quad (29)$$

$$\text{FC Fev} = 28,0063 + 0,099745 X \quad (31)$$

$$\text{FC Mar} = 31,1305 + 0,022074 X \quad (32)$$

$$\text{FC Abr} = 30,3722 - 0,064534 X \quad (33)$$

$$\text{FC Mai} = 31,6531 - 0,148163 X \quad (34)$$

$$\text{FC Jun} = 30,9025 - 0,191864 X \quad (35)$$

$$\text{FC Jul} = 31,7352 - 0,168679 X \quad (36)$$

$$\text{FC Ago} = 31,4070 - 0,092280 X \quad (37)$$

$$\text{FC Set} = 30,1362 - 6,62443E^{-03} X \quad (38)$$

$$\text{FC Out} = 30,8618 + 9,000001E^{-02} X \quad (39)$$

$$\text{FC Nov} = 29,7407 + 0,160724 X \quad (40)$$

$$\text{FC Dez} = 30,6189 + 0,205674 X \quad (41)$$

As equações (17) a (41) são diretamente usadas para valores de latitude X entre zero e 50°. Para latitudes acima desse valor, o programa usa para X o valor de 50°, conforme recomendado por THORNTWHAITE & MATHER (1957).

Os valores encontrados para o Índice de Aridez (IA) da UNEP (1991) dos 32 postos pluviométricos empregados foram determinados como a razão entre precipitação e evapotranspiração.

$$\text{IA} = P/ETP \quad (42)$$

Em que:

P é a precipitação média anual, em mm,
ETP é a evapotranspiração potencial anual, em mm.

Para a identificação das zonas climáticas da UNEP (1991) da Microrregião de Sobral foram adotados os procedimentos

- a) espacialização dos valores do índice de aridez – IA computados para os 32 postos pluviométricos utilizados para a Microrregião de Sobral em um mapa de divisão política do Estado do Ceará na escala 1: 500.000 considerando as coordenadas geográficas de cada um dos postos;
- b) traçado das isolinhas que delimitam as zonas climáticas estabelecidas pela UNEP (1991), TABELA 7, de acordo com a TABELA 8 através de técnicas cartográficas de triangulação;

TABELA 7 – Zonas climáticas e intervalos de IA de acordo com UNEP (1991) e suas classes

Zonas climáticas	Intervalo considerado de IA	Classes
Sub-úmida e úmida	$IA > 0,65$	1
Sub-úmida seca	$0,50 < IA \leq 0,65$	2
Semi-árida	$0,20 < IA \leq 0,50$	3

3.2.2 Índice de Severidade do Clima

Número médio de meses secos estimados pelo estudo do balanço hídrico seqüencial das séries históricas dos postos pluviométricos considerados.

3.3 Índice de erosão do solo (IES)

O índice de erosão dos solos representa o potencial do solo à erosão. Os componentes analisados para a sua determinação são: erosividade da chuva, erodibilidade do solo, componente topográfico, cobertura vegetal e ação antrópica.

Nesse contexto há a possibilidade de gerar mapas de duas naturezas distintas sobre o processo erosivo: o mapa de potencial natural de erosão (IESN) e o mapa de expectativa de perdas de solos (EPS).

3.3.1 Erosividade das chuvas (R)

Considerando-se a inexistência de dados pluviográficos e, em contrapartida, a existência de dados de pluviometria para toda a área de estudo, em séries históricas de boa qualidade, em SUDENE (1990), optou-se, dentre os diversos métodos propostos por vários autores para a determinação do índice de erosividade das chuvas (R) pelo indicado por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), método este que requer apenas dados de precipitação média mensal.

Para a determinação de R na área foram utilizados dados de 32 postos pluviométricos de SUDENE (1990), do período de 1911 a 1985, localizados na área de estudo e no seu entorno, os mesmos dados empregados para cálculo de IA.

- a) alocação dos valores de erosividade da chuva (R) dos postos pluviométricos em um mapa de divisão política do Estado, considerando as coordenadas geográficas de cada um deles;
- b) traçado de isolinhas, pelo uso combinado de técnicas de triangulação e interpolação, de acordo com os valores estabelecidos para cinco intervalos de classe de igual amplitude, considerando-se os valores mínimo e máximo obtidos para a erosividade da chuva (R), atribuindo-se a cada um desses intervalos a ponderação e a designação de classes assinaladas na TABELA 8.

TABELA 8 - Intervalos de R, com os pesos e as denominações das classes correspondentes a cada intervalo.

Intervalos de R (MJ.mm/há.h.ano)	Peso	Classes
$R \leq 4.046$	1	Muito baixa
$4.046 < R \leq 5.214$	2	Baixa
$5.214 < R \leq 6.383$	3	Média
$6.383 < R \leq 7.552$	4	Alta
$7.552 < R < 8.721$	5	Muito alta

3.3.2 Erodibilidade dos solos (K)

Optou-se pelo uso da equação de RÖMKENS et alii (1997) para estimativa da erodibilidade dos solos da área de estudo pelos seguintes motivos:

- a) lentidão e elevados custos para determinação direta da erodibilidade;
- b) imprecisão do método nomográfico;
- c) exigência de um pequeno número de variáveis para seu emprego;
- d) facilidade de aquisição dos dados prontamente encontrados nos levantamentos de solos que, para o estado do Ceará estão disponíveis no estudo de JACOMINE (1973);
- e) os resultados do trabalho de SILVA (1994), que indicou ser esse método mais apropriado para a estimativa do fator K dos solos do Ceará.

A erodibilidade indicada para cada associação de solo é a média ponderada calculada com base na erodibilidade individual de cada um dos seus solos e de sua percentagem na associação.

O cálculo da erodibilidade média ponderada das associações de solos foi conduzido através das seguintes etapas:

- a) identificação das associações de solos na microrregião utilizando o mapa de JACOMINE (1973);
- b) identificação dos solos representativos para cada tipo de associação de solo considerados de acordo com as características específicas apresentadas nos perfis descritos por JACOMINE (1973);
- c) cálculo da erodibilidade de cada perfil de solo identificado como componentes dos tipos de solo da associação, utilizando a equação de RÖMKENS et alii (1997);
- d) cálculo do K médio dos tipos de solos, considerando que para cada tipo de solo nas associações foram, em alguns casos, encontrados mais de um perfil representativo. O valor de K para cada tipo foi a média aritmética dos valores individuais dos solos considerados.
- e) após a determinação dos índices de erodibilidade (K) para as Terras Secas da Microrregião de Sobral, foram estabelecidos três intervalos de igual amplitude, considerando-se os valores mínimos e máximos de K e atribuindo-se a cada um desses intervalos a ponderação e a denominação de classes indicados na TABELA 9.

TABELA 9 – Intervalos de K, com os pesos e as denominações das classes correspondentes a cada intervalo.

Amplitude de K (ton.ha.h/ha.MJ.mm)	Peso	Classes
$0,006 \leq K \leq 0,014$	1	Baixa
$0,014 < K \leq 0,022$	2	Média
$0,022 < K \leq 0,030$	3	Alta

A partir das classes estabelecidas e pelo uso combinado de técnicas de triangulação e interpolação, elaborou-se a carta de erodibilidade das associações de solos, conferindo a cada uma delas o peso que lhe é correspondente na TABELA 9.

3.3.3 Componente Topográfico (LS)

Para a determinação do Componente Topográfico foi empregado o método utilizado por AQUINO (2002) considerando-se, para sua estimativa, os tipos de relevo local indicados nas descrições dos perfis dos solos das associações da área de estudo indicados em JACOMINE (1986), empregando-se as classes e tipos de relevo e de declividade segundo LEPSH et alii (1991) (FIGURA 12).

Para o conjunto dos tipos de relevo local dos solos de cada associação foram considerados os limites extremos das classes de relevo, dentro da classificação de LEPSH et alii (1991), limites estes que foram denominados, respectivamente, de Inferior e Superior. Estes limites foram empregados para caracterizar o relevo de cada associação de solo considerada. Às classes de relevo assim identificadas foram atribuídas ponderações constantes da TABELA 10, a seguir empregadas no mapa de Associações de Solo da FIGURA 7 para elaboração dos mapas de Limites Inferior e Superior do relevo local da área de estudo (FIGURAS 10 e 11, respectivamente).

O Componente Topográfico é obtido pela combinação dos mapas de Limites Inferior e Superior do relevo (FIGURA 10 e 11), sendo o resultado dessa operação empregado para confecção do mapa da FIGURA (12).

TABELA 10 – Tipos de relevo, suas classes, declividade e pesos atribuídos.

Classe	Tipo de relevo	Declividade (%)	Peso
A	Plano (P)	$S \leq 2$	1
B	Suave Ondulado (SO)	$2 < S \leq 5$	2
C	Ondulado (O)	$5 > S \leq 10$	3

TABELA 10 – Tipos de relevo, suas classes, declividade e pesos atribuídos.

Classe	Tipo de relevo	Declividade (%)	Peso
D	Muito Ondulado (MO)	$10 < S \leq 15$	4
E	Forte Ondulado (FO)	$15 < S \leq 45$	5
F	Montanhoso (M)	$45 < S \leq 70$	6
G	Escarpado (E)	$S > 70$	7

Fonte: LEPSCH et alii (1991)

3.3.4 Cobertura Vegetal (C)

O fator cobertura vegetal da EUPS (C) foi estimado através da identificação dos tipos de cobertura vegetal na Microrregião de Sobral a partir do mapa fitoecológico de RADAMBRASIL (1981), FOLHAS 24 e 25 na escala 1:1.000.000, onde foi adotada a metodologia proposta por CREPANI et alii (2000) para atribuir a cada tipo de cobertura vegetal o seu peso correspondente à proteção contra erosão, contido na TABELA 11.

TABELA 11 – Tipos de vegetação encontradas na Microrregião de Sobral, seus respectivos níveis de proteção e pesos atribuídos.

Tipos de vegetação encontrados na Microrregião de Sobral*	Nível de proteção	Pesos **
Vsp – Floresta ombrófila aberta secundária sem palmeira	Alto	1
Eas – Caatinga arbórea aberta sem palmeira; Eap – Caatinga arbórea aberta com palmeira; Eps – Caatinga parque sem palmeira; Epp – Caatinga parque com palmeira;	Médio	2

* Segundo RADAMBRASIL (1981, a e b).

** Adaptado de CREPANI et alii (2000).

TABELA 11 – Tipos de vegetação encontradas na Microrregião de Sobral, seus respectivos níveis de proteção e pesos atribuídos.

Tipos de vegetação encontrados na Microrregião de Sobral*	Nível de proteção	Pesos **
Vsp e Vss – Floresta estacional semidecidual secundária com palmeira e sem palmeira, respectivamente; Edp – Caatinga arbórea densa sem palmeira	Médio	2
Ac – Agricultura e Acc – Agricultura cultura cíclica.	Baixo	3

* Segundo RADAMBRASIL (1981, a e b).

** Adaptado de CREPANI et alii (2000).

I. Potencial Natural de Erosão - IESN

O potencial de erosão (IES) é estimado através de uma simulação em que são combinados os fatores que afetam a erosão – clima, solo, relevo e cobertura vegetal. AQUINO (2002) concluiu em seu trabalho que o potencial natural de erosão (IESN) resulta da interação entre a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo, a topografia do terreno, a cobertura vegetal e as práticas relacionadas com o uso da terra.

II. Potencial Antrópico de Erosão - IESA

O potencial antrópico de erosão (IESA) contempla todos os fatores que determinam o IESN, mas numa situação em que toda a cobertura vegetal natural é removida em decorrência das práticas relacionadas com o uso da terra pelo homem. Para a Microrregião de Sobral foi feita uma simulação para se determinar o potencial antrópico de erosão (IESA) em que interagem os fatores erodibilidade do solo, a erosividade das chuvas, o relevo local e cobertura vegetal decorrente das atividades agro-pastoris que, segundo o critério de classificação de CREPANI et alii (2000), oferece um baixo nível de proteção, sujeitando o solo aos processos erosivos.

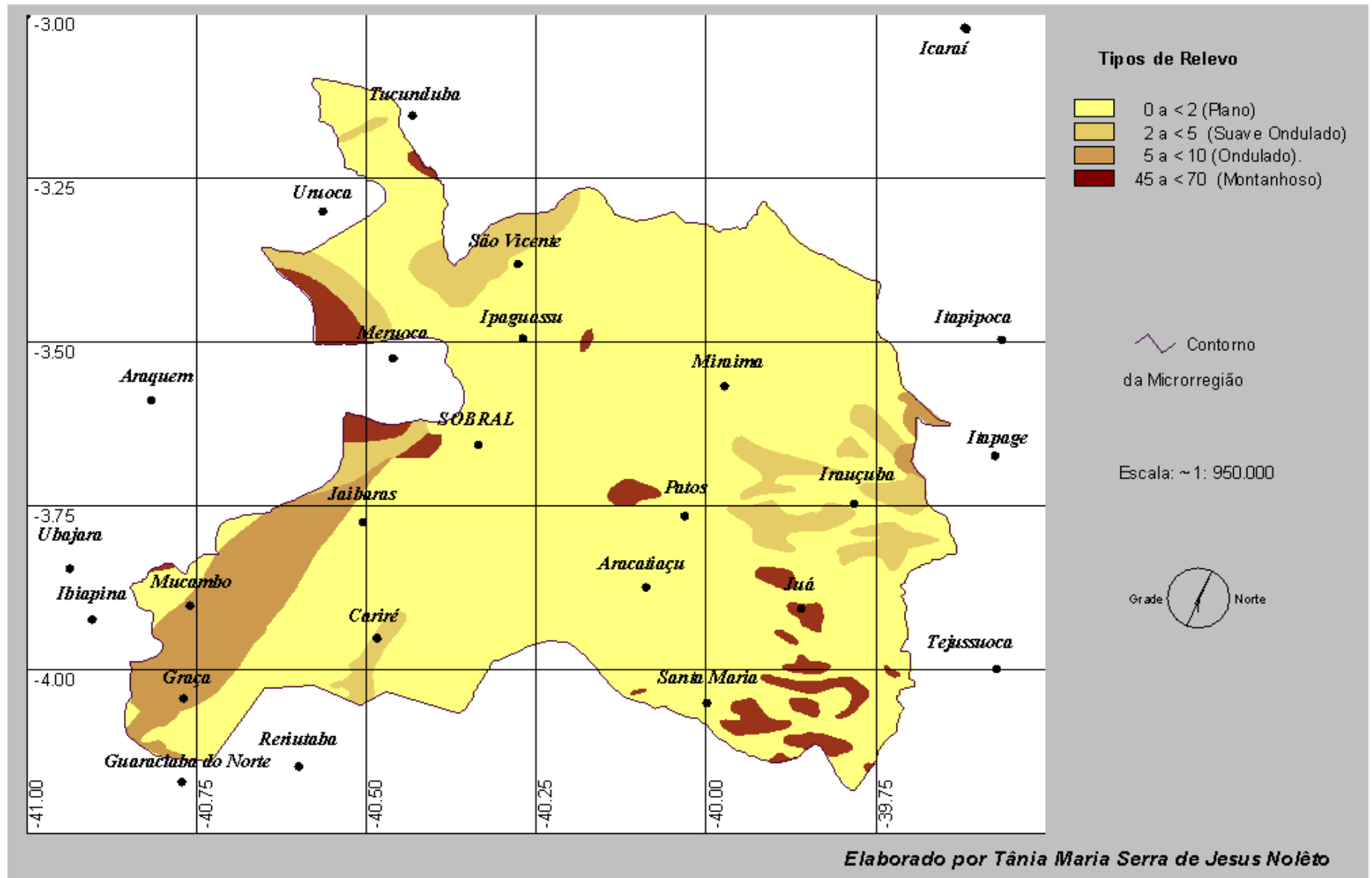


FIGURA 10 – Declividade inferior na Microrregião de Sobral

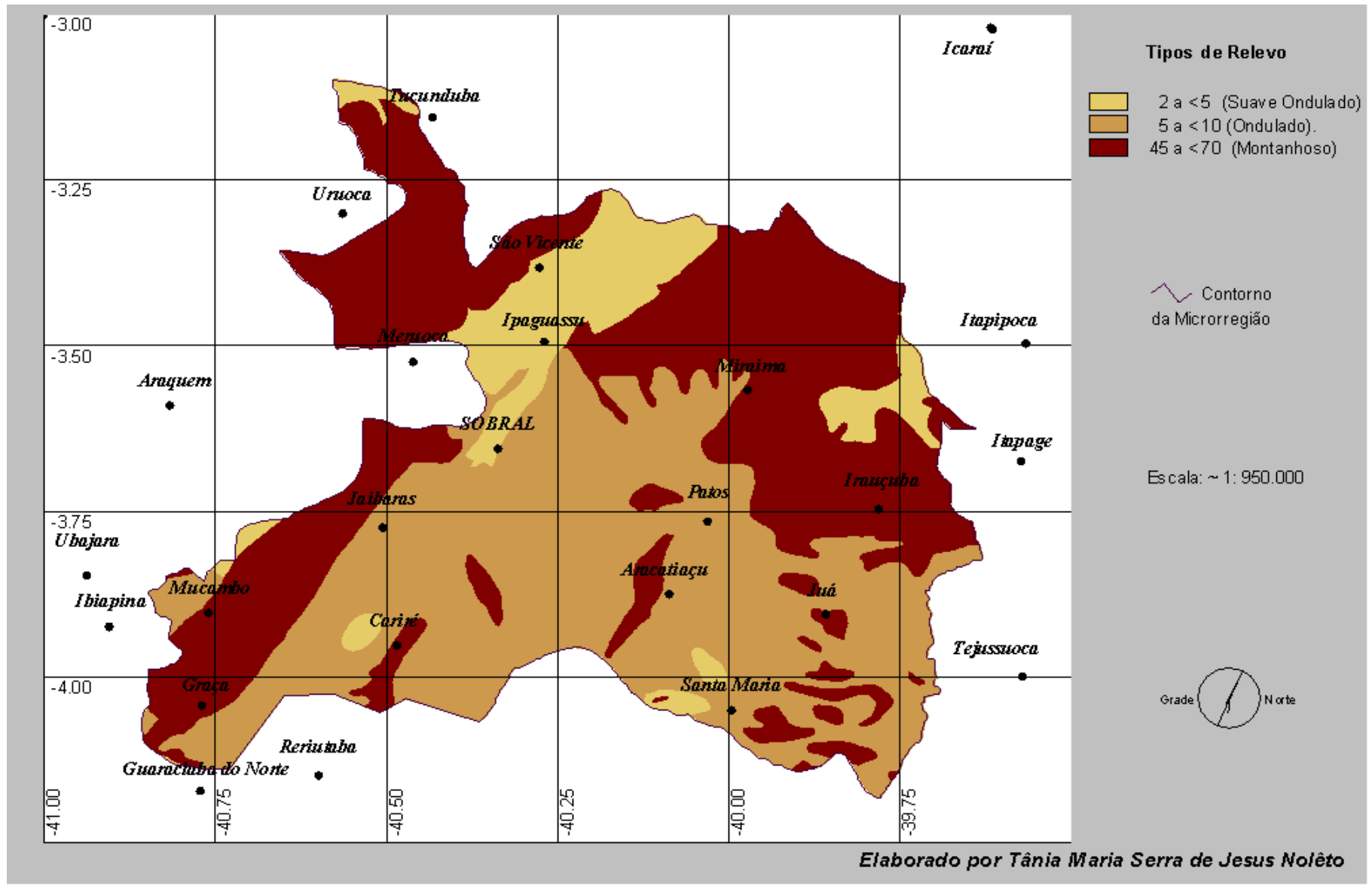


FIGURA 11 – Declividade superior na Microrregião de Sobral

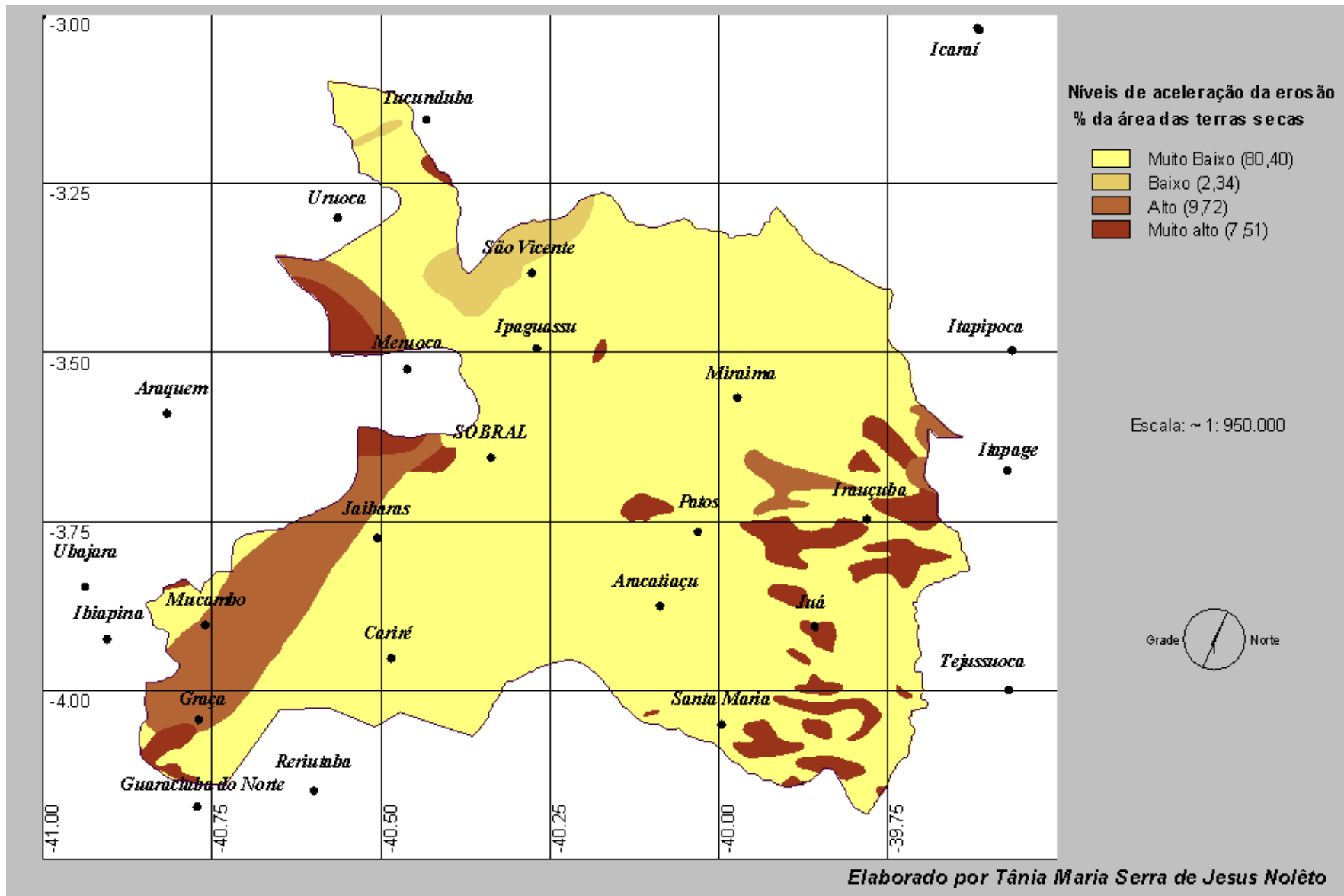


FIGURA 12 – Componente Topográfico na Microrregião de Sobral

3.4 Suscetibilidade Geoambiental das Terras Secas da Microrregião de Sobral à desertificação

A suscetibilidade geoambiental das Terras Secas da Microrregião de Sobral à desertificação representa o quanto esta área está propensa ao fenômeno, demonstrado em dois momentos, através da suscetibilidade geoambiental natural e da suscetibilidade geoambiental antrópica.

I. Suscetibilidade Geoambiental Natural - SGN

A Suscetibilidade Geoambiental Natural das Terras Secas da Microrregião de Sobral à desertificação foi determinada de acordo com a metodologia de PIMENTA et alii (1998), combinando-se o índice climático com o Potencial Natural de Erosão (IESN) (FIGURA 3).

II. Suscetibilidade Geoambiental Antrópica - SGA

A Suscetibilidade Geoambiental Antrópica das Terras Secas da Microrregião de Sobral (SGA) foi estimada conforme a metodologia de PIMENTA et alii (1998), pela combinação do Potencial Antrópico de Erosão (IESA) com o índice climático (FIGURA 3).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 A Microrregião de Sobral

Os dados utilizados na caracterização da Microrregião de Sobral e delimitação das suas Terras Secas, assim como os resultados desses processos estão indicados na TABELA 12 e nas FIGURAS 13 a 15. Esses dados foram empregados para computar o balanço hídrico de THORNTHWAITE (THORNTHWAITE 1948, THORNTHWAITE & MATHER 1955 E 1957).

As informações apresentadas na TABELA 12 foram determinadas utilizando os dados dos postos pluviométricos da série histórica em SUDENE (1990) para o período de 1935 a 1985, semelhante ao que foi usado por CONTI (1998). Na TABELA 12 constatamos dados de precipitação média, temperatura, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real médios anuais, os valores do Índice Efetivo de Umidade, de aridez da UNEP (1991) e de Severidade do Clima. Esses dados foram utilizados para a confecção dos mapas apresentados nas FIGURAS 13 a 19.

4.2 As Terras Secas da Microrregião de Sobral

Na FIGURA 19 estão identificadas e delimitadas as Terras Secas da Microrregião de Sobral como sendo aquelas que apresentam valores de IA entre 0,20 e 0,65, representando regiões de clima semi-árido ($0,20 < IA < 0,50$) e de clima subúmido seco ($0,51 < IA \leq 0,65$). Na área não foram encontradas Terras Secas com tipologia do tipo árido. Conforme pode ser visto na TABELA 12, o índice de Aridez encontrado para as Terras Secas da Microrregião de Sobral varia de 0,31 no posto de Juá localizado em Irauçuba até 1,53 no posto de Tucunduba em Senador Sá. As Terras Secas indicadas na FIGURA 19, que correspondem a 80,10% da área total da Microrregião de Sobral, têm climas semi-áridos e sub-úmidos seco que estão incluídos entre os climas que, de acordo com a UNEP (1991), são característicos de áreas suscetíveis ao processo de desertificação.

TABELA 12 – Caracterização Climática da Microrregião de Sobral

	Municípios	Postos	Altitude (m)	Período de coleta de dados	Precipitação média anual (mm/ano)	Evapo - transpi - ração total anual (mm)	Tempe - ratura média anual (°C)	Índice de Aridez (UNEP, 1991)	Evapo - transpi - ração Real (mm/ano)	Índice Efetivo de Umidade (Im)	Número de meses secos
1	Acaraú	Acaraú	7	1935/85	1062	1624	26,5	0,65	997	-34,6	7
2	Sobral*	Aracatiáçu	190	1935/85	587	1601	26,5	0,37	587	-63,3	9
3	Coreaú**	Araquém	200	1935/85	951	1463	25,7	0,65	889	-35,0	8
4	Sobral	Aires de Souza	80	1935/85	717	1737	27,4	0,41	717	-58,7	9
5	Ipu	Bonito	170	1935/85	840	1605	26,6	0,52	840	-47,7	8
6	Cariré	Cariré	157	1935/85	845	1586	26,4	0,53	845	-46,7	8
7	Luís Correia	Luís Correia		1935/85	1331	1567	26,2	0,96	1042	-3,9	7
8	São Benedito	Graça	190	1935/85	1432	1556	26,2	0,92	1015	-8	8
9	Guaraciaba do Norte	Guaraciaba do Norte	380	1935/85	1136	1320	24,7	0,86	912	-13,9	8
10	Camocim	Guriú	5	1935/85	1006	1629	26,5	0,62	943	-38,2	7
11	Ibiapina	Ibiapina	885	1935/85	1963	902	20,2	2,18	831	117,6	4
12	Cocal	Cocal	220	1935/85	1134	1383	25,2	0,82	973	-18	7
13	Irauçuba	Irauçuba	190	1935/85	518	1582	26,4	0,33	518	-64,5	10
14	Massapê	Ipaguassu	75	1935/85	841	1630	26,6	0,52	841	-48,4	9
15	Itapagé	Itapagé	280	1935/85	786	1438	25,5	0,55	786	-45,5	7
16	Itapipoca	Itapipoca	98	1935/85	1044	1637	26,7	0,64	1017	-36,2	8
17	Irauçuba	Juá	180	1935/85	495	1603	26,5	0,31	495	-65,1	11
18	Pedro II	Pedro II	580	1935/85	1331	1122	26,5	1,19	827	18,6	7
19	Meruoca	Meruoca	450	1935/85	1560	1163	23,0	1,34	916	34,1	7
20	Itapipoca	Miraíma	70	1935/85	824	1709	23,5	0,48	824	-51,8	9
21	Mocambo	Mocambo	150	1935/85	1001	1580	27,3	0,63	942	-36,6	7

* Postos pluviométricos integrantes da Microrregião de Sobral, ** Postos pluviométricos de apoio, situados no entorno da área.

TABELA 12 - Caracterização Climática da Microrregião de Sobral. (Continuação)

	Municípios	Postos	Altitude (m)	Período de coleta de dados	Precipitação média anual (mm/ano)	Evapo - transpi - ração total anual (mm)	Tempe - ratura média anual (°C)	Índice de Aridez (UNEP, 1991)	Evapo - transpi - ração Real (mm/ano)	Índice Efetivo de Umidade (Im)	Número de meses secos
22	Sobral	Patos	150	1935/85	629	1585	26,4	0,4	629	-60,3	9
23	Icaraí	Icaraí	180	1935/85	1150	1668	26,3	0,69	1098	-31,1	8
24	Reriutaba	Reriutaba	148	1935/85	832	1617	26,7	0,51	832	-48,5	8
25	Sobral	Santa Maria	180	1935/85	549	1617	26,6	0,34	549	-66	10
26	Sta Quitéria	Sta Quitéria	190	1935/85	771	1643	26,8	0,47	771	-53,1	9
27	Santana do Acaraú	São Vicente	110	1935/85	837	1584	26,3	0,53	837	-47,2	8
28	Tejussuoca	Tejussuoca	170	1935/85	645	1596	26,5	0,4	645	-59,6	9
29	Senador Sá	Tucun - duba	800	1935/85	940	905	20,2	1,04	677	3,9	8
30	Canindé	Ubiracu	300	1935/85	852	1464	25,6	0,58	852	-41,8	8
31	Uruoca	Uruoca	82	1935/85	915	1602	26,4	0,57	915	-42,9	8
32	Ubajara	Ubajara	870	1935/85	1386	906	20,2	1,53	752	-53	6

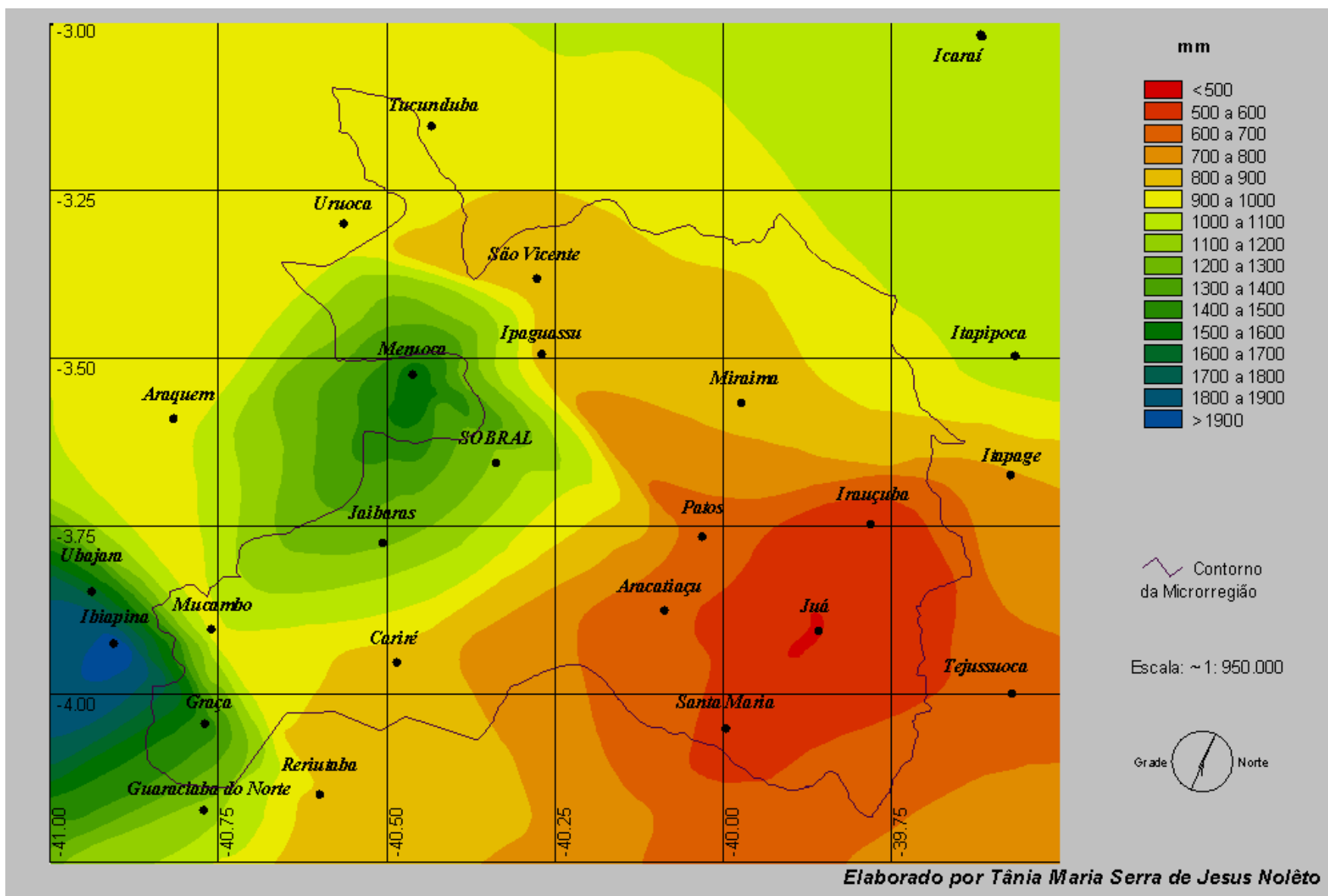


FIGURA 13 – Precipitação média anual na Microrregião de Sobral

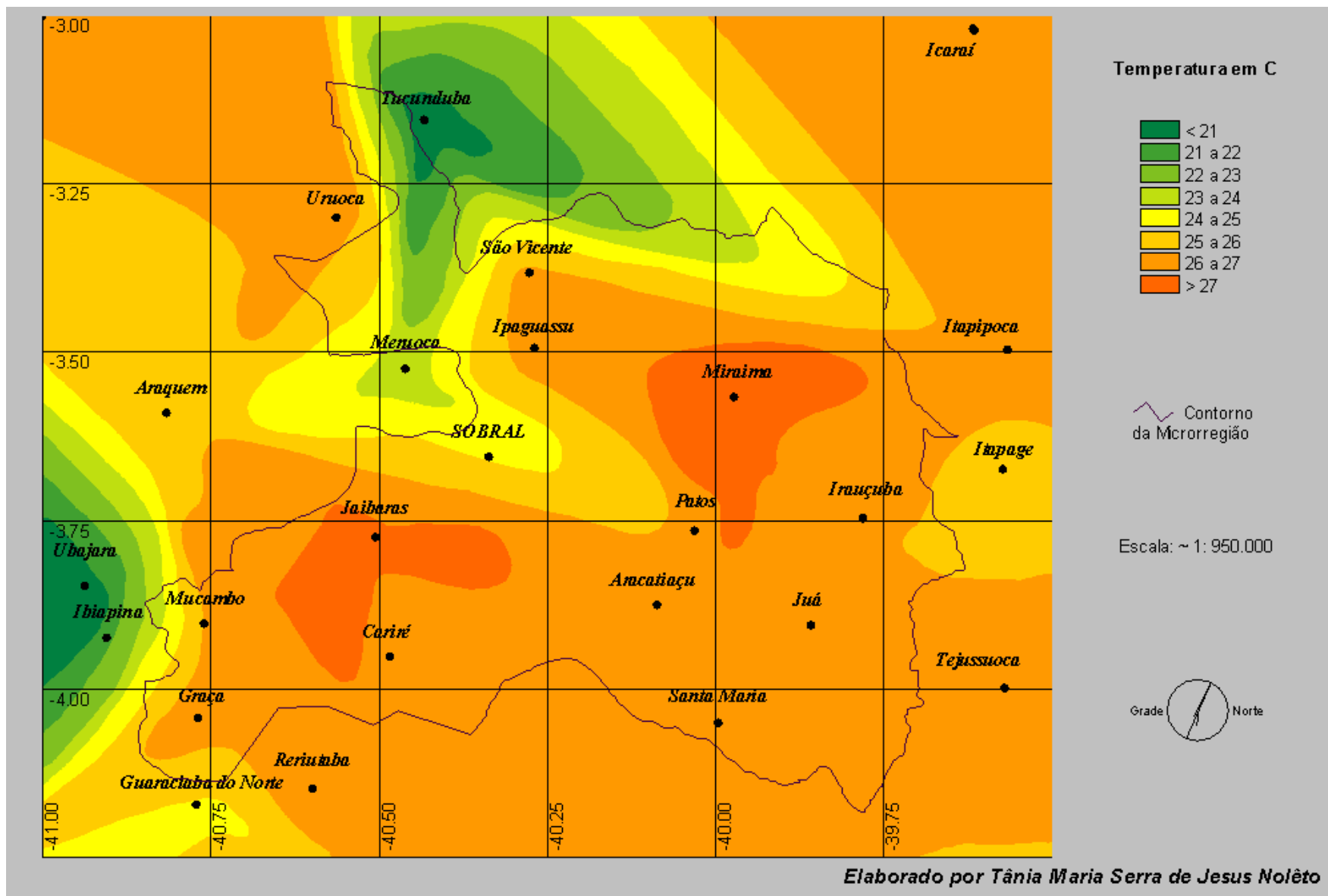


FIGURA 14 – Temperatura média anual na Microrregião de Sobral

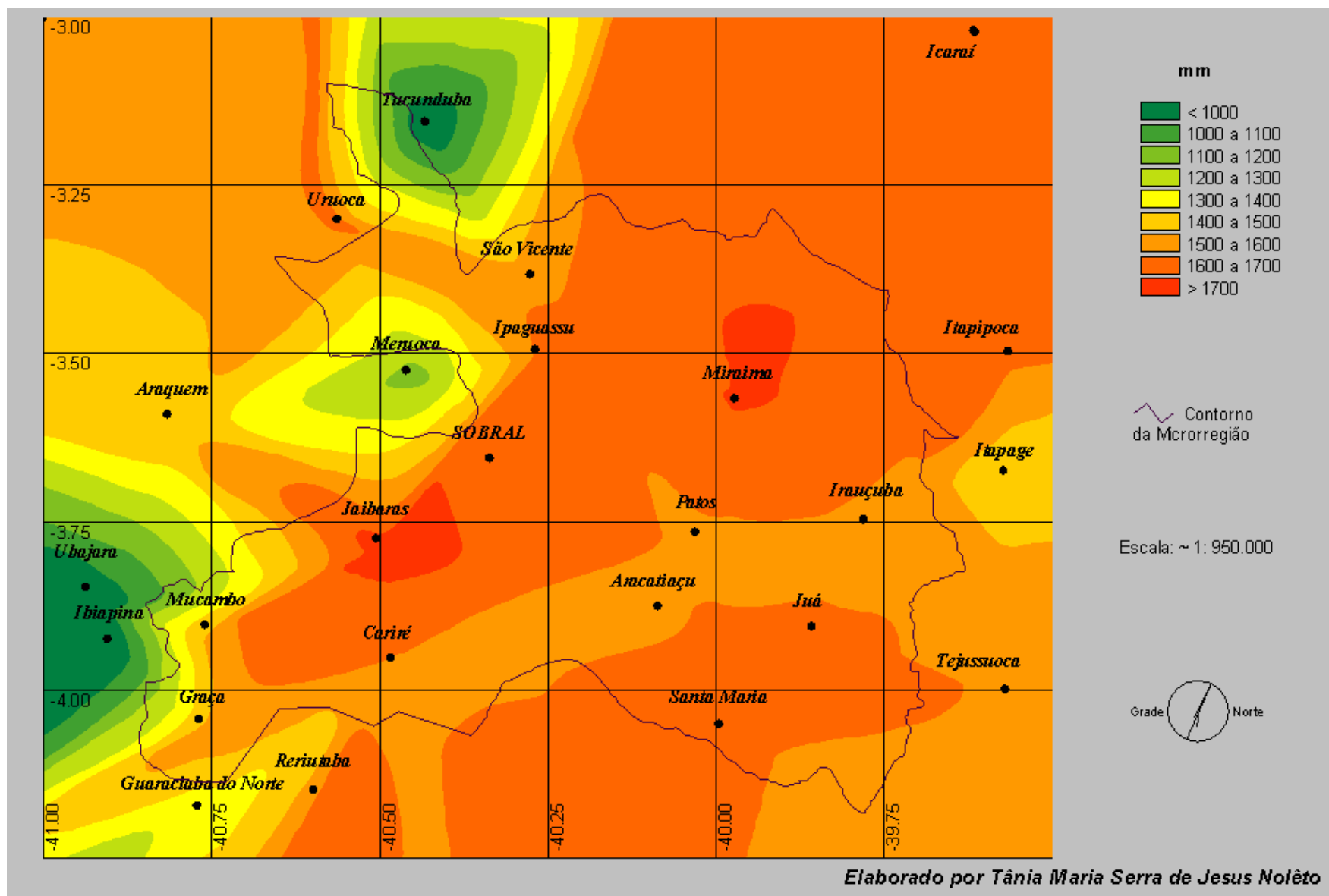


FIGURA 15 – Evapotranspiração total anual na Microrregião de Sobral

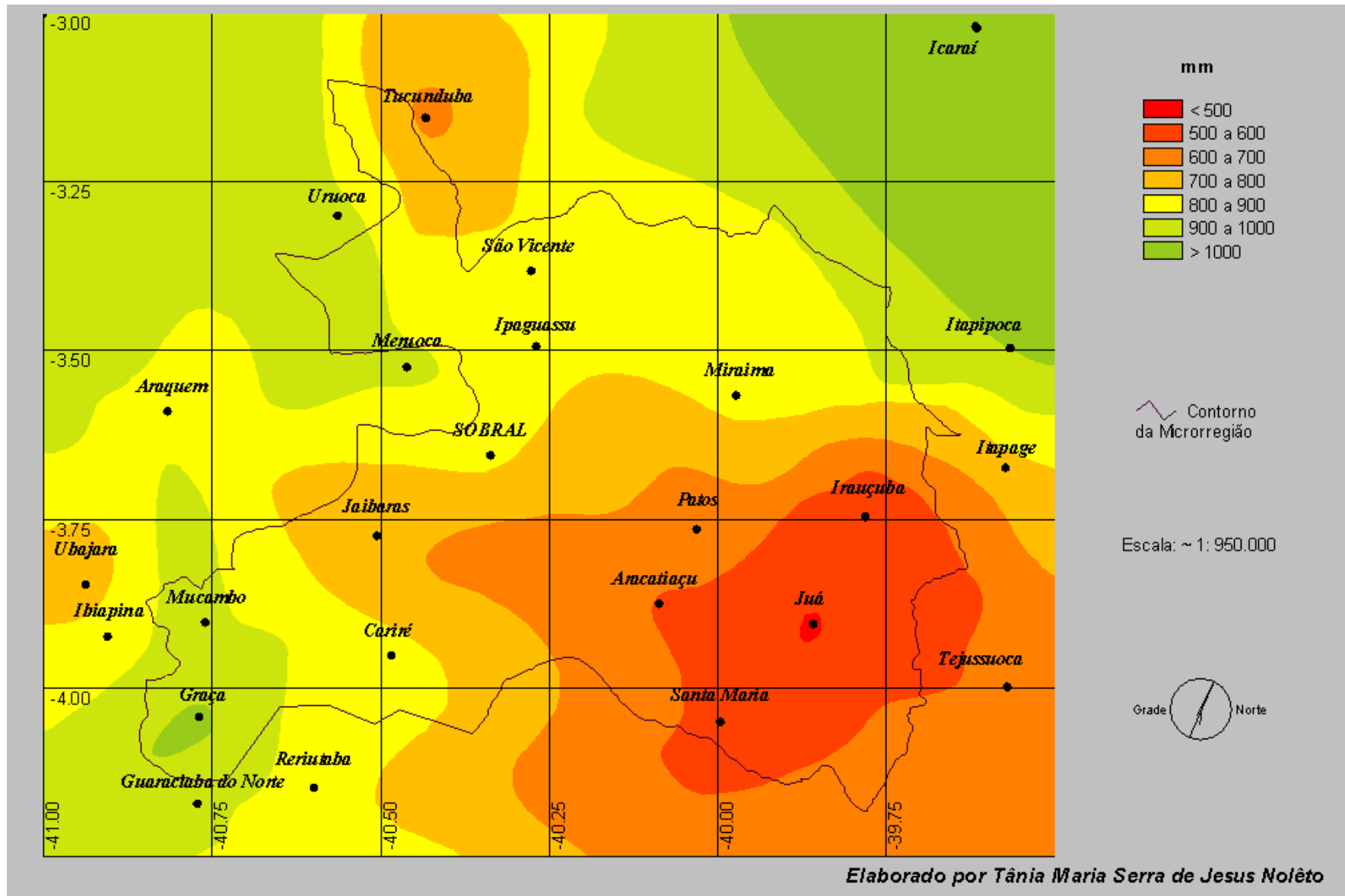


FIGURA 16 – Evapotranspiração real anual na Microrregião de Sobral

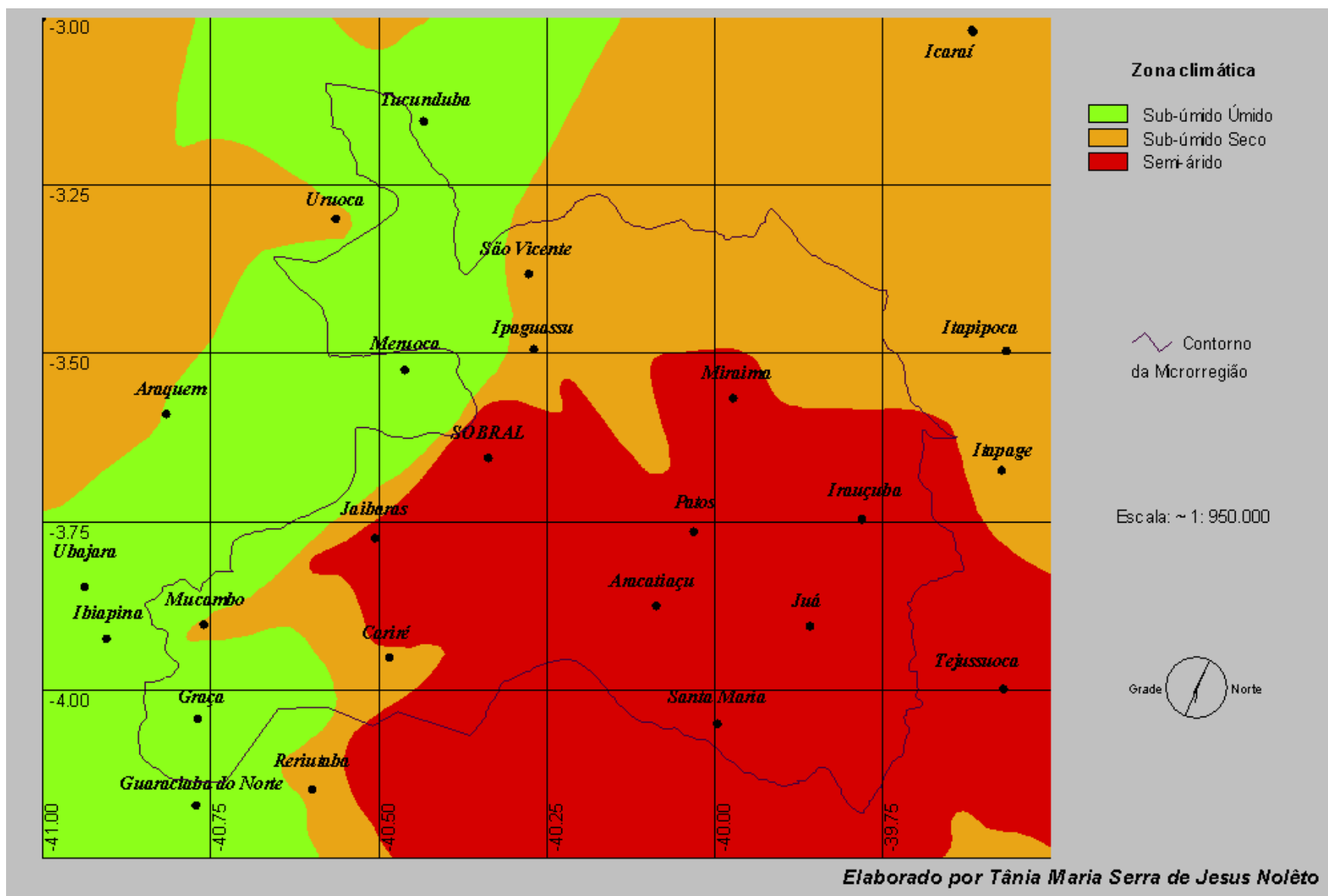


FIGURA 17 – Índice de Aridez da UNEP (1991) na Microrregião de Sobral

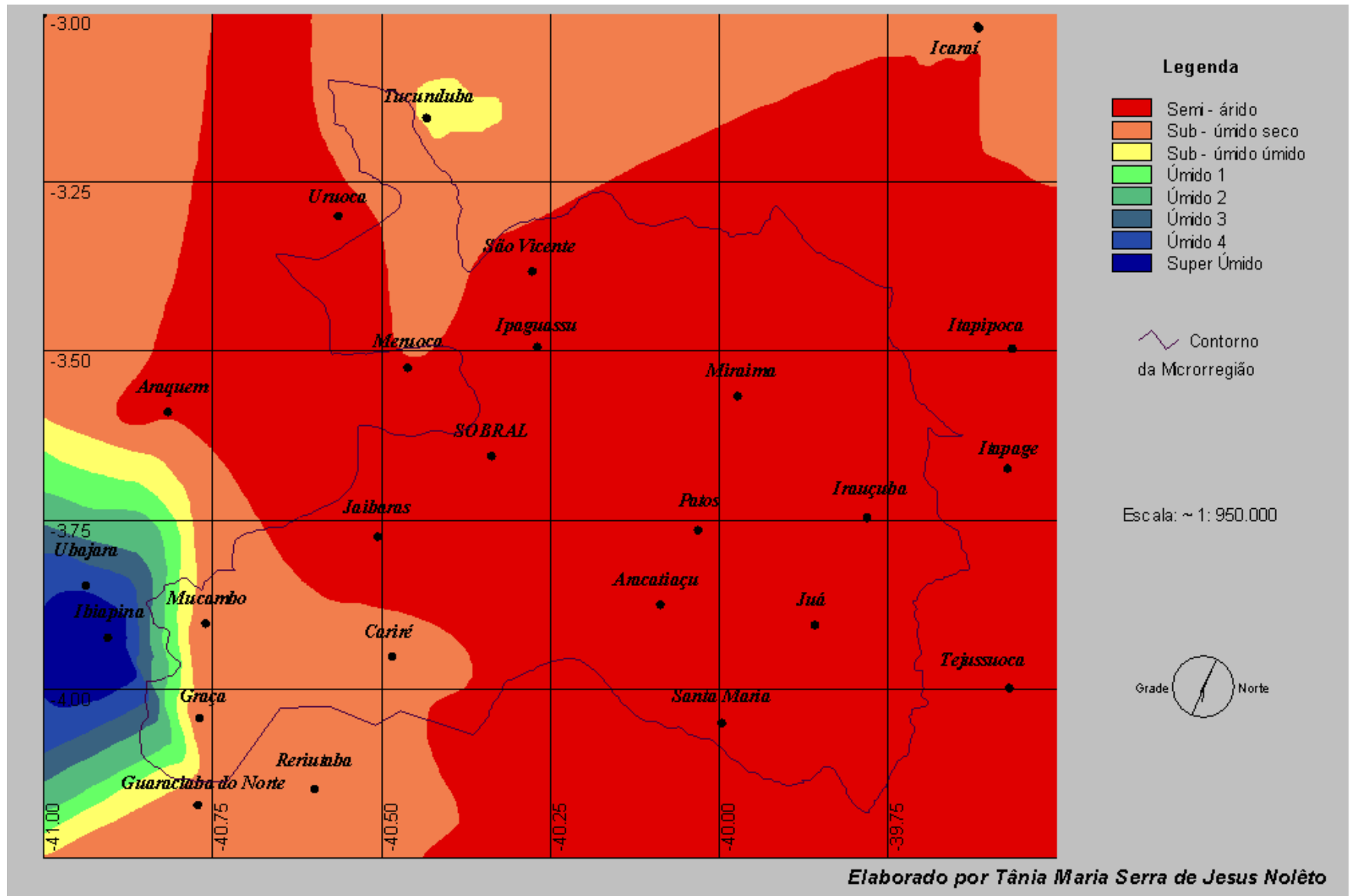


FIGURA 18 – Índice efetivo de umidade (Im) na Microrregião de Sobral

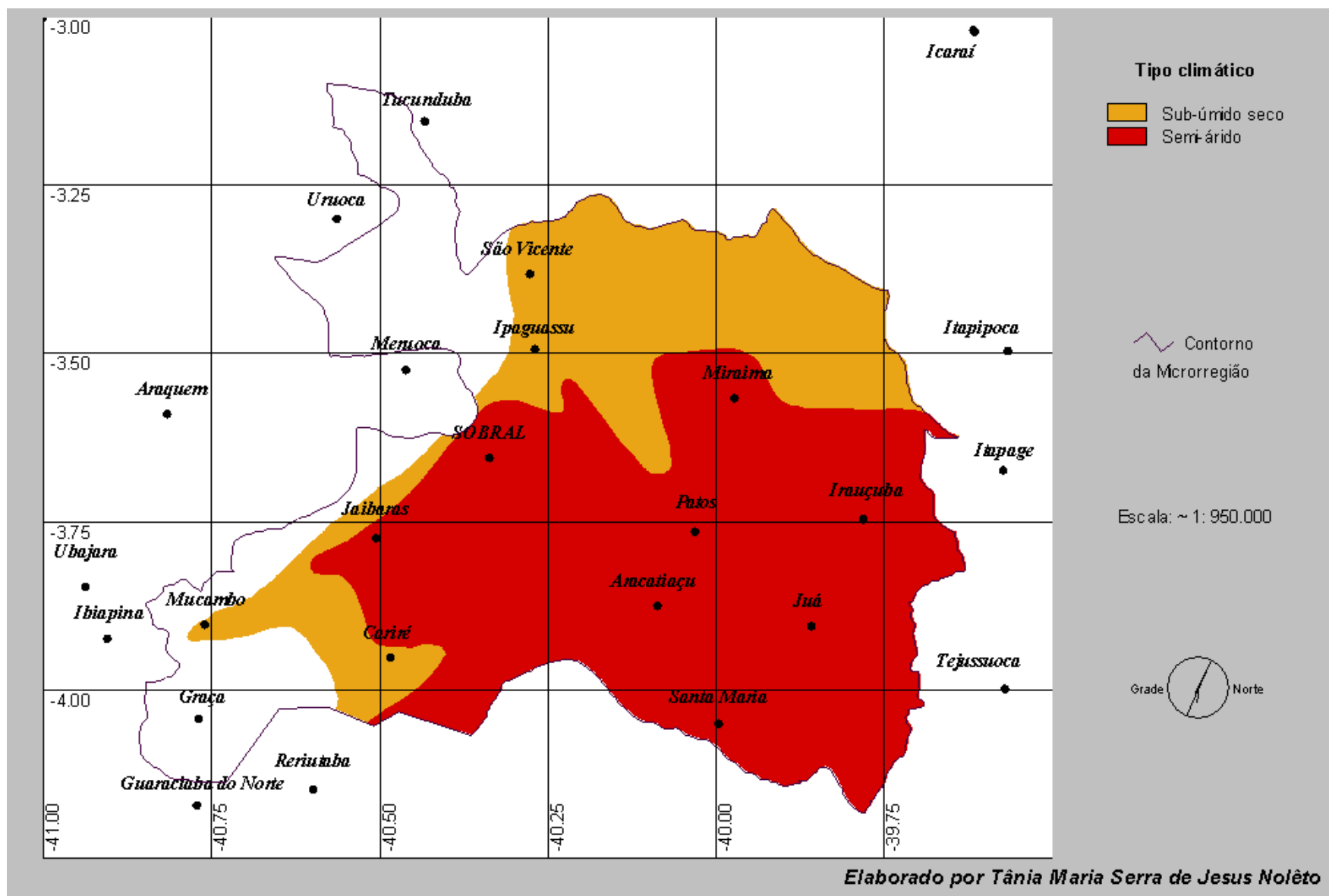


FIGURA 19 – As Terras Secas na Microrregião de Sobral

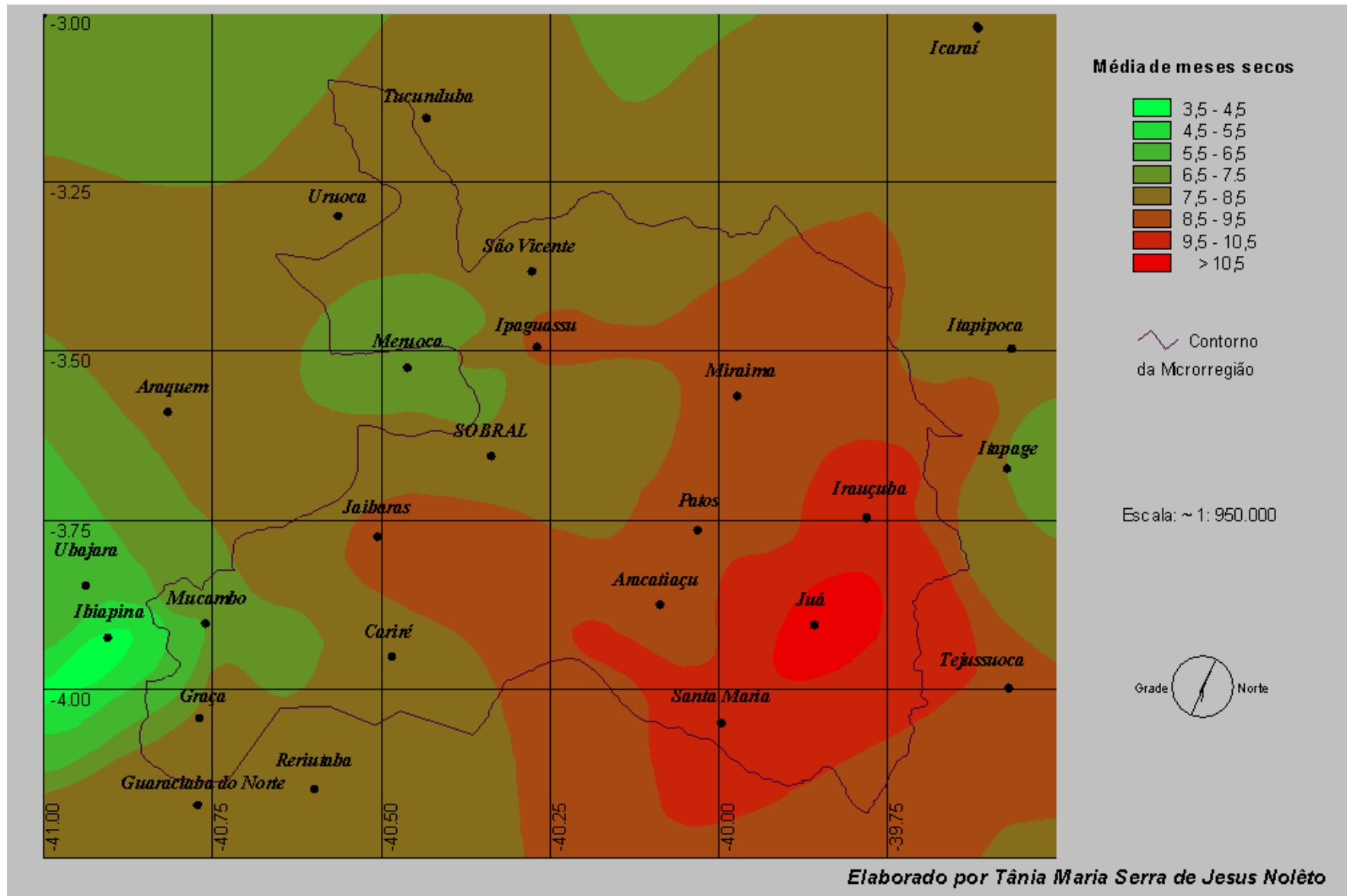


FIGURA 20 – Índice de Severidade do Clima na Microrregião de Sobral

4.2.1 Índice Climático

O Índice Climático representa o papel do clima na estimativa da Suscetibilidade da terra à desertificação. Ele é estimado numa combinação entre os Índices de Aridez (IA) da UNEP (1991) e de Severidade do Clima (ISC) e sua distribuição nas Terras Secas da Microrregião de Sobral está indicada na FIGURA 21.

O Índice de Aridez é uma razão entre precipitação - P e Evapotranspiração Potencial - ETP. O Índice de Severidade do Clima que, de acordo é com BYUN & WILHITE (2002) é um fator que significa a deficiência de recursos hídricos recentes, aqui corresponde ao total de meses secos de cada ano, computado pelo Balanço Hídrico de Thornthwaite, balanço que integra Precipitações e Temperaturas médias mensais e a capacidade do solo armazenar umidade. A precipitação P apresenta uma variação interanual indicada na TABELA 13 para cada posto e uma variação espacial entre os postos, o que pode ser visto na FIGURA 13. Os valores de ETP, entretanto, por serem calculados usando-se os dados de temperaturas médias mensais estimadas a partir da latitude, da longitude e da altitude de cada posto, são constantes para cada mês ao longo dos anos, de modo que tais valores apresentam apenas a variação espacial que pode ser vista na FIGURA 15. Essas variações de P e ETP são responsáveis pela variação espacial de IA e do ISC (FIGURAS 17 e 20, respectivamente) e pela alta variação inter-anual desses índices indicada na TABELA 13 pelos altos coeficientes de variação. Por sua vez, as variações de IA e ISC, que são combinados para gerar o Índice Climático, são responsáveis pela variedade de tipos deste Índice, conforme pode ser visto na FIGURA 21.

As variações espaciais de P e ETP e a variação inter-anual de P são responsáveis pela variedade dos tipos de clima de cada posto, segundo Thornthwaite '55, indicada na TABELA 14. Como pode ser visto nessa tabela o tipo de clima calculado tradicionalmente com base na média da série histórica de precipitações (coluna 1) pode ser indicado por uma variedade de tipos identificados para cada ano numa análise seqüencial em que o balanço hídrico é realizado ao longo da série histórica. Essa variação de tipos de clima é explicada pela grande

variação dos Índices Efetivos de Umidade (Im) de cada localidade (TABELA 30), expressa pelos altos Coeficientes de Variação que ai aparecem.

Os dados obtidos para o Índice de Aridez nas Terras Secas da Microrregião de Sobral variam espacialmente de 0,31 a 0,63 entre postos de Juá e Mucambo, respectivamente, caracterizando-se pelos tipos climáticos semi-árido e sub-úmido seco. FIGURA 17.

Analisando-se os dados constantes da TABELA 13, verifica-se que nas Terras Secas da Microrregião de Sobral há uma grande variação na precipitação média anual. A menor precipitação foi medida no município de Irauçuba no posto de Juá, com 495,9mm, e a maior em Graça, com 1432,5 mm. Com relação à variação inter-anual da precipitação, o menor coeficiente de variação é o de Mocambo e o maior em Tucunduba com 37,5% e 50,6%, respectivamente.

Com relação ao índice efetivo de umidade (Im), segundo a TABELA 13, seu menor valor médio é -68,2 e o maior, 6,1, para Juá e Tucunduba, respectivamente, Simultaneamente.a TABELA 13 mostra que a amplitude do coeficiente de variação para os valores estimados de Im é, também, elevada, com o menor valor em Mocambo, 36,9% e o maior em Tucunduba, 50,3%.

Ao examinar, TABELA 14, a variedade de tipos de clima identificados de acordo com a análise da série histórica de 50 anos de SUDENE (1990), percebe-se que o tipo de clima varia em todos os municípios. Para Im de menor e de maior coeficiente de variação, o clima identificado com base na média da série histórica de precipitações, em Mocambo e Tucunduba, são dos tipos Semi-árido e Úmido Sub-úmido, respectivamente. Entretanto, na análise da série histórica, para o posto de Mocambo, em 47,1% dos anos o clima é do tipo de Semi-árido, enquanto para os outros anos, são do tipo Seco sub-úmido, Úmido sub-úmido, Árido e Úmido 1, com 33,3%, 9,8%, 7,8% e 2% de ocorrência, respectivamente. Em Tucunduba o clima com base na média da série histórica é Úmido Sub-úmido, mas, em 44% dos anos, o clima é do tipo Seco sub-úmido, tendo-se para os outros anos os tipos climáticos, Semi-árido (12%) e Úmido sub-úmido (12%), Super úmido (10%), Úmido 1 (8%), Árido (4%), Úmido 3 (4%), Úmido 4 (4%) e Úmido 2 (2%).

Se analisarmos, na TABELA 14, os dados dos postos de Irauçuba e Juá teremos resultados para o coeficiente de variação do índice efetivo de umidade 47% e 44,7%, e veremos que o clima de Irauçuba é do tipo Semi-árido com base na média série histórica, mas que, de acordo com o estudo da série histórica, em 56% dos anos considerados é Árido, enquanto quem em 8% desses anos ele é do tipo Semi-árido e em 6% é Seco sub-úmido. Para o posto de Juá teremos o clima Semi-árido pela média das precipitações sendo, de acordo com a série histórica, Árido em 54,9%, Semi-árido em 41,7% e Seco sub-úmido em 3,9% dos anos, respectivamente.. Essas análises da TABELAS 13 e 14 mostram as grandes variações espacial e inter-anual que existe nas Terras Secas da Microrregião de Sobral.

A análise da TABELA 12 mostra ainda que as temperaturas médias anuais na Microrregião de Sobral variam de 20,2°C, para o posto de Tucunduba em Senador Sá, até 27,4°C no posto de Aires de Souza, em Sobral. De um modo geral, as temperaturas aumentam do norte para o sul da área. (FIGURA 14)

A evapotranspiração média (ETP) (TABELA 12) em 92,31% dos postos na microrregião é superior a 1000 mm anuais, variando de 905 mm no posto de Tucunduba até 1737 mm no posto de Aires de Souza em Sobral. A ETP apresenta na área de um modo geral, um gradiente crescente de noroeste para sudeste, diferente dos resultados encontrados por AQUINO (2002), onde a ETP aumenta de sudeste para noroeste, o que indica, em ambos os casos, a influência da chapada da Ibiapaba sobre o regime térmico das duas áreas..

Os valores médios anuais da evapotranspiração real (ETR) variam de 495 mm no posto Juá no município de Irauçuba até 1015 mm no posto de Graça. Esta variação corresponde a um aumento dos valores de ETR no sentido sudeste a oeste/noroeste, da área de clima semi-árido do primeiro desses municípios para as áreas de clima mais úmido nos primeiros contrafortes da chapada de Ibiapaba, no segundo deles, para nordeste na direção da serra de Uruburetama e norte no sentido do litoral do estado do Ceará. A análise conjunta dos mapas de Vegetação (FIGURA 8) e de ETR (FIGURA 16) mostra que há um aumento no porte da vegetação, de Caatinga para Floresta, com o aumento da ETR. Isto pode ser

entendido como um aumento da produtividade biológica com a ETR que, segundo OLIVEIRA et alii (1987), significa as frações da umidade e da energia disponíveis para realizar esse tipo de produtividade. .

Com relação ao índice de Severidade do Clima, que corresponde ao número de meses secos, a análise da TABELA 13 mostra que o posto Tucunduba apresenta o menor índice (7,5) e Juá o maior (10,6), com a coeficientes de variação de 17,7% e 16,2%, respectivamente. AQUINO (2002) detectou que nas Terras Secas do Estado do Piauí ocorrem no mínimo 8 e no máximo 12 meses secos.

A análise climática demonstra que as Terras Secas da Microrregião de Sobral, de modo geral apresentam baixos valores de precipitação em 76% dos postos. Em 85% o índice efetivo de umidade é baixo, as temperaturas e a evapotranspiração são elevadas em 84,6% deles, dados que explicam a semi-aridez existente na área. Resultados semelhantes foram encontrados por AQUINO (2002) ao estudar as Terras Secas do Estado do Piauí, o que se entende ao levar em conta que tanto essas Terras Secas como as da Microrregião de Sobral estão próximas geograficamente e se localizam no nordeste brasileiro.

Os valores de baixos a relativamente baixos da evapotranspiração real são condizentes com níveis de produtividade biológica que originam os tipos de vegetação encontrados na área, de caatinga a florestas abertas e semidecíduais.

O Índice Climático das Terras Secas da Microrregião de Sobral, resultante de uma combinação de IA e IES está representado na FIGURA 21.

TABELA 13 - Características do clima (média e coeficiente de variação)

Nome do Posto	Precipitação média anual		Índice efetivo de umidade (I _m)		Índice de Severidade do Clima	
	Média (mm)	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
Graça*	1432,5	43,2	3,0	41,0	6,8	19,9
Mucambo	1026,3	37,5	-34,6	36,9	8,3	13,6
Cariré	845,4	40,3	-46,1	39,7	8,6	14,4
Ipaguassu	840,7	42,3	-48,7	41,9	8,8	16,2
São Vicente	836,6	46,5	-46,3	45,2	8,9	14,5
Miraíma	823,4	50,6	-51,0	48,9	9,2	16,6
Jaibaras	716,9	42,2	-56,6	44,0	9,1	15,9
Patos	631,1	40,9	-58,4	42,6	9,3	17,6
Aracatiçu	586,8	43,9	-59,3	46,1	9,6	17,3
Santa Maria	548,9	49,0	-64,1	48,4	9,8	16,6
Irauçuba	516,6	46,1	-65,8	47,0	10,0	15,8
Juá	495,9	45,9	-68,2	44,7	10,3	16,2
Ibiapina**	1594,7	55,8	82,3	51,5	5,8	30,4
Meruoca	1559,0	38,2	34,8	37,4	6,6	16,3
Ubajara	1388,4	33,0	53,9	32,7	6,4	17,8
Guaraciaba do Norte	1136,1	38,1	-11,6	36,7	7,6	18,8
Icaraí	1112,7	40,3	-30,9	40,1	8,2	17,6
Acaraú	1063,7	46,5	-33,4	46,5	8,7	14,2
Itapipoca	1042,3	33,5	-35,9	33,4	8,4	14,2
Guriú	1004,7	39,8	-37,4	39,1	8,6	13,4
Araquém	952,9	38,9	-33,2	37,2	8,3	12,9
Tucunduba	940,4	52,2	6,1	50,3	7,5	17,7
Uruoca	913,5	39,4	-42,0	39,4	8,5	14,7
Ubiraju	852,1	36,7	-38,9	36,5	8,5	15,8
Reritaba	831,8	41,9	-47,0	40,7	8,8	16,1
Bonito	819,8	41,2	-46,4	41,8	8,7	16,2
Itapagé	786,2	34,4	-43,2	34,8	8,4	20,3
Santa Quitéria	769,7	44,1	-51,6	43,1	9,1	16,3
Tejussuoca	644,1	43,6	-58,5	43,2	9,3	16,7

* Postos pluviométricos inseridos na Microrregião de Sobral, ** Postos pluviométricos de apoio situados no entorno da Microrregião de Sobral.

TABELA 14 - Tipos de Clima

POSTO	Clima de acordo com a Precipitação média anual da série histórica *	Porcentagem de anos do tipo de clima na série histórica de 50 anos (1935-1984)								
		E	D	C1	C2	B1	B2	B3	B4	A
Graça**	C1		19,6	33,3	9,8	15,7	13,7	2,0	3,9	2,0
Mucambo	D	7,8	47,1	33,3	9,8	2,0				
Cariré	D	14,0	60,0	24,0	2,0					
Ipaguassu	D	22,0	50,0	26,0	2,0					
São Vicente	D	20,0	52,0	24,0	2,0	2,0				
Miraíma	D	32,0	52,0	12,0	2,0	2,0				
Jaibaras	D	34,0	56,0	8,0		2,0				
Patos	D	32,0	58,0	10,0						
Aracatiáçu	D	43,1	47,1	9,8						
Santa Maria	D	54,0	40,0	6,0						
Irauçuba	D	56,0	38,0	6,0						
-Juá	E	54,9	41,7	3,9						
Acaraú***	D	9,8	45,1	31,4	2,0	9,8				
Araquém	D	2,0	50,0	40,0	4,0	4,0				
Bonito	D	19,6	52,9	23,5	3,9					
Guaraciaba do Norte	C1	4,0	18,0	44,0	14,0	14,0	2,0	4,0		
Guriu	D	11,8	47,1	33,3	8,9	2,0				
Ibiapina	A			5,9	9,8	9,8	21,6	13,7	9,8	29,4
Icaraí	C1	7,8	37,3	35,3	13,7	3,9	2,0			
Itapagé	D	56,0	38,0	6,0						
Itapipoca	D	6,0	52,0	36,0	6,0					
Meruoca	B1		3,9	15,7	29,4	9,8	15,7	7,8	3,9	13,7
Reritaba	D	21,6	52,9	21,6	2,0	2,0				
Santa Quitéria	D	24,0	58,0	16,0	2,0					
Tejussuoca	D	32,0	60,0	8,0						
Tucunduba	C2	4,0	12,0	44,0	12,0	8,0	2,0	4,0	4,0	10,0
Ubajara	B2		4,0	8,0	14,0	14,0	20,0	10,0	8,0	22,0
Ubiraçu	D	8,0	54,0	34,0	2,0	2,0				
Uruoca	D	12,0	58,0	26,0	4,0					

* E=Árido; D=Semi-árido; C1=Sub-úmido seco; C2=Sub-úmido úmido; B1=Úmido 1; B2=Úmido 2; B3=Úmido 3; B4=Úmido 4; A=Super úmido (THORNTHWAITE, 1948,1955). ** Postos pluviométricos inseridos na Microrregião de Sobral, ***Postos pluviométricos de apoio situados no entorno da Microrregião de Sobral.

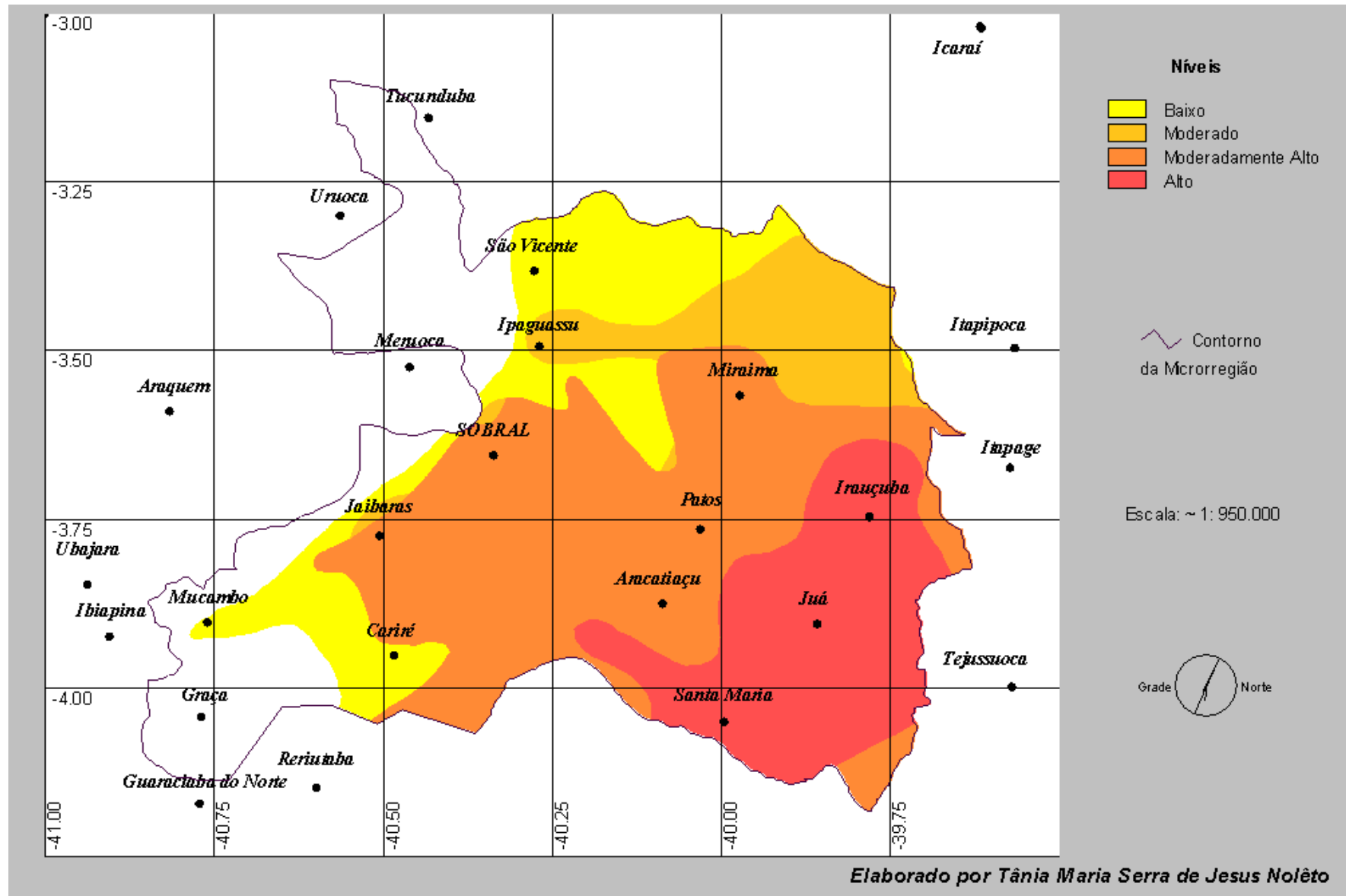


FIGURA 21 - Índice climático das Terras Secas da Microrregião de Sobral

4.2.2 Índice de Erosão dos Solos – (IES)

O Índice de Erosão dos Solos resulta de uma adaptação da EUPS inspirada no trabalho de PIMENTA et alii (1998), numa combinação de Erosividade da Chuva (R), Erodibilidade do Solo (K), Fator Topográfico (LS) e Cobertura Vegetal (C) e que é utilizada como fundamento para duas simulações. Na primeira, que indica o Potencial Natural de Erosão do Solo (IESN) são usados os dados relativos à Cobertura Vegetal Natural e na segunda, que significa Potencial Antrópico de Erosão do Solo (IESA) é suposto que toda a Cobertura Vegetal Natural é substituída por uma cobertura do solo modificada para o estabelecimento de atividades agro-pastoris, com as conseqüentes modificações que elas introduzem na superfície do solo, simulações estas empregadas por AQUINO (2002).

4.2.2.1 Erosividade da chuva (R)

Nas TABELAS 8 e 15 estão relacionados os intervalos de R com os pesos e as denominações das classes de cada intervalo e os valores do fator erosividade das chuvas para a Microrregião de Sobral, respectivamente. De acordo com esses dados o posto de Juá no município de Irauçuba apresentou o menor valor para a erosividade da chuva com 4279 MJ.mm/ha.h.ano, enquanto o posto de Graça teve o maior valor com 9667 MJ.mm/ha.h.ano, permitindo a classificação em cinco níveis de R, como podemos visualizar na FIGURA 22.

Nas Terras Secas da Microrregião de Sobral. 29,63%, 29,13%, 26,04%, 11,27% e 3,92% de sua área apresentam, respectivamente, valores de R muito baixos, baixos, moderados, altos e muito altos.

Os resultados de R estimados pelo método de BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) no presente trabalho e listados na TABELA 15 são comparáveis aos encontrados, pela utilização de diversos métodos, por CAMPOS FILHO et alii (1992), LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992), BERTOL (1994), MARQUES et alii (1997), HUDSON (1997) apud MARQUES et alii (1997), AQUINO (2002).

CAMPOS FILHO et alii (1992) determinaram o fator erosividade para o agreste de Pernambuco usando o método de WISCHMEIER & SMITH (1958), considerando as intensidades máximas de 5, 10, 30, 45 e 60 minutos para obter EI5, EI10, EI30, EI45 e EI60, respectivamente, encontrando para cada um deles os valores $6.171 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $5.458 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $4.853 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $3.551 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $2.826 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ e $2.374 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, como média anual. Os valores da erosividade anual representada por EI30 variaram de fraco a moderado, valores atribuídos à baixa intensidade das chuvas e não à quantidade de água precipitada.

Na determinação do potencial de erosão para Campinas (SP) LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992) utilizaram dados de enxurrada, perdas de solo e precipitação e as equações de WISCHMEIER (1959) e WISCHMEIER & SMITH (1958) encontrando valores para EI que foram somados mensalmente durante os anos de 1954 a 1975 para solos descobertos e solos cultivados com algodão, num total de 22 anos. O valor médio anual encontrado para o EI em Campinas foi de $6.738 \text{ MJ} \cdot \text{mm} / \text{ha} \cdot \text{h} \cdot \text{ano}$, com variação de $3.444 \text{ MJ} \cdot \text{mm} / \text{ha} \cdot \text{h} \cdot \text{ano}$ a $13.830 \text{ MJ} \cdot \text{mm} / \text{ha} \cdot \text{h} \cdot \text{ano}$.

Nos estudos realizados por BERTOL (1994) para determinar o índice de erosividade das chuvas para o município de Campos Novos (SC), o autor utilizou o método proposto por WISCHMEIER (1971), EI_{30} obtendo o coeficiente de chuva (R_c) pelo método de Fournier, modificado por LOMBARDI NETO (1977), no período de 10 anos, encontrando um EI_{30} médio de $6.329,3 \text{ MJ} \cdot \text{mm} / \text{ha} \cdot \text{h} \cdot \text{ano}$.

MARQUES et alii (1997) em seus estudos para testar a adequação de diferentes índices de erosividade das chuvas declararam que o índice EI_{30} mostrou ser um bom estimador para determinação de R na região de Sete Lagoas (MG).

O índice EI_{30} é considerado o mais adequado para representar o efeito erosivo do impacto da gota de chuva, bem como o da enxurrada. HUDSON (1997) apud MARQUES et alii (1997) observou em seus estudos na África, que chuvas com intensidade abaixo de 25 mm/h não produziam perdas de solo significativas,

propondo para regiões tropicais o índice KE > 25, que representa a soma da energia cinética (Ec) dos segmentos de chuva com intensidade superior a 25 mm/h.

TABELA 15 – Dados de Erosividade da Microrregião de Sobral.

	Municípios	Postos	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período de coleta de dados	Erosividade (MJ.mm/ha.h.ano)
1	Acaraú	Acaraú	2°53'	40°07'	7	1912/1985	7.908
2	Sobral*	Aracatiáçu	3°53'	40°02'	190	1911/1990	5.069
3	Coreaú**	Araquém	3°37'	40°49'	200	1934/1985	7.256
4	Sobral	Aires de Souza	3°47'	40°30'	80	1934/1990	7.098
5	Ipu	Bonito	4°21'	40°36'	170	1935/1985	6.107
6	Cariré	Cariré	3°57'	40°28'	157	1914/1985	6.713
7	Luís Correia	Luís Correia	°	°		1959/1985	9.686
8	São Benedito	Graça	4°04'	40°45'	190	1933/1985	9.667
9	Guaraciaba do Norte	Guaraciaba do Norte	4°11'	40°45'	380	1912/1985	8.278
10	Camocim	Guriu	2°54'	40°50'	5	1927/1985	7.764
11	Ibiapina	Ibiapina	3°55'	40°53'	885	1935/1985	10.352
12	Cocal	Cocal	3°29'	41°34'	220	1962/1985	7.161
13	Irauçuba	Irauçuba	3°44'	39°47'	190	1912/1991	4.225
14	Massapé	Ipaguassu	3°30'	40°16'	75	1912/1985	6.692
15	Itapagé	Itapagé	3°41'	39°35'	280	1912/1990	5.793
16	Itapipoca	Itapipoca	3°30'	39°35'	98	1911/1989	7.583
17	Irauçuba	Juá	3°52'	39°53'	180	1935/1991	4.279
18	Pedro II	Pedro II	4°25'	41°28'	580	1959/1985	8.959
19	Meruoca	Meruoca	3°27'	40°29'	450	1912/1985	10.142
20	Itapipoca	Miraíma	3°35'	39°58'	70	1933/1985	6.641
21	Mocambo	Mocambo	3°54'	40°44'	150	1935/1984	7.152
22	Sobral	Patos	3°46'	40°02'	150	1935/1990	5.027
23	Icaraí	Icaraí	4°05'	39°56'	180	1912/1985	7.573
24	Reriutaba	Reriutaba	4°10'	40°35'	148	1913/1985	6.958
25	Sobral	Santa Maria	4°05'	39°56'	180	1935/1989	4.819
26	Sta Quitéria	Sta Quitéria	4°20'	40°10'	190	1913/1990	6.340
27	Santana do Acaraú	São Vicente	3°24'	40°16'	110	1932/1985	6.680
28	Tejussuoca	Tejussuoca	4°01'	39°31'	170	1935/1990	5.213
29	Senador Sá	Tucun - duba	3°10'	40°26'	800	1935/1984	7.234
30	Canindé	Ubiracu	4°24'	39°39'	300	1935/1988	6.353
31	Uruoca	Uruoca	3°19'	40°33'	82	1935/1985	6.880
32	Ubajara	Ubajara	3°51'	40°56'	870	1912/1985	9.272

* Postos pluviométricos inseridos na Microrregião de Sobral,

** Postos pluviométricos de apoio situados no entorno da Microrregião de Sobral.

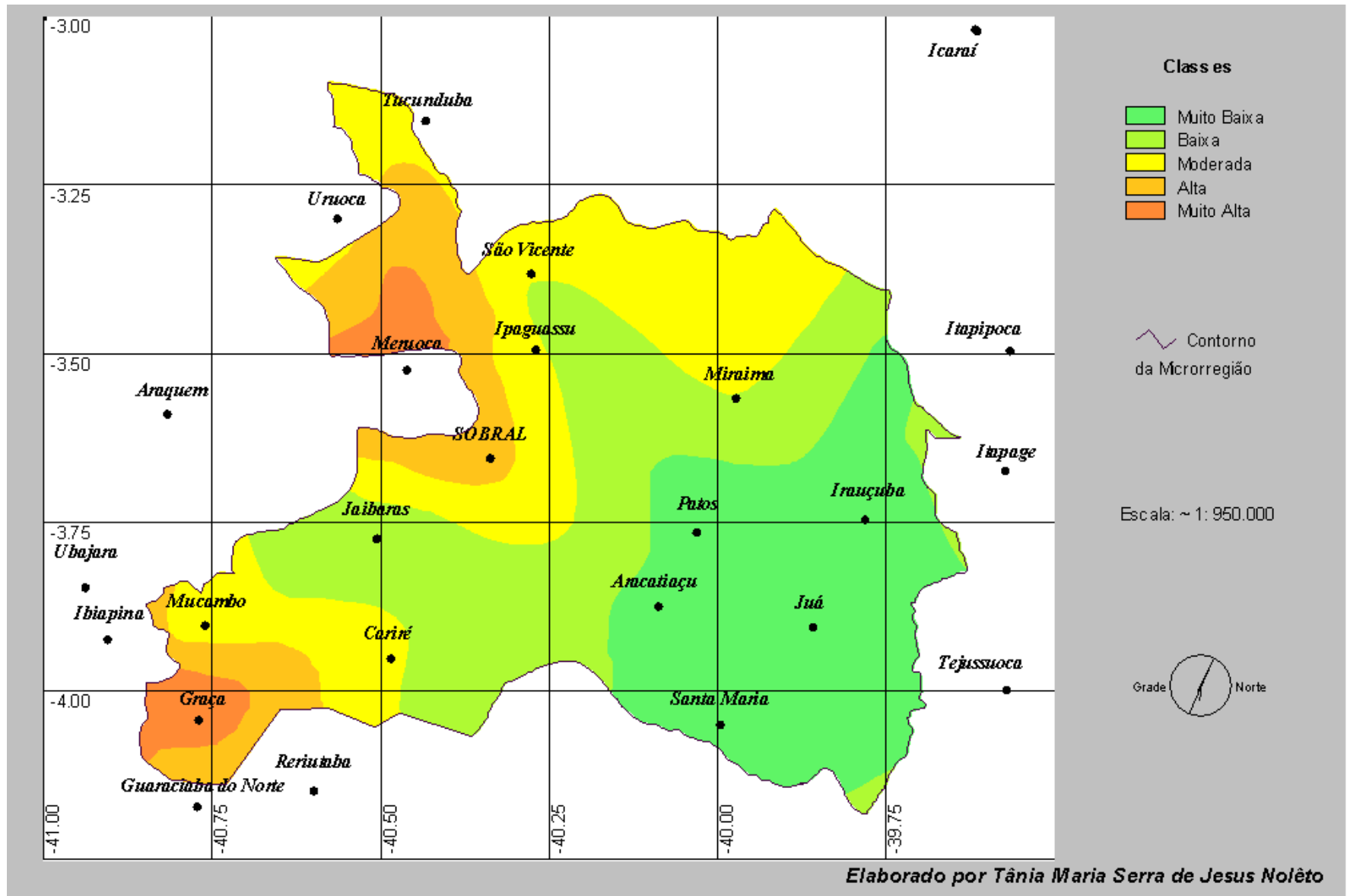


FIGURA 22 – Erosividade da chuva na Microrregião de Sobral

AQUINO (2000), utilizando o método proposto por BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) para o cálculo de R, estimou em 82 postos pluviométricos no Piauí valores que variaram de 3.316 MJ·mm/ha·h·ano a 6.877 MJ·mm/ha·h·ano, associados de modo geral, ao aumento da precipitação e semelhante aos resultados encontrados por LEPRUN (1988).

4.2.2.2 Erodibilidade dos solos (K)

A Erodibilidade dos solos na Microrregião de Sobral, determinada pela equação de ROMKENS et alii (1987, 1997), está indicada para suas associações de solo, conforme pode ser visto na TABELA 16, e mapeada na FIGURA 23, onde seus níveis estão indicados de acordo com a TABELA 9. A Erodibilidade do solo, distribuída pelos municípios de microrregião está indicada na TABELA 17.

Os resultados de K estimados no presente trabalho e listados na TABELA 18 são comparáveis aos encontrados, pela utilização de diversos métodos, por SILVA et alii (1986b), SILVA et alii (1993), SILVA (1994), AQUINO (2002),

SILVA et alii (1986) estudaram a erodibilidade dos solos do semi-árido paraibano pelo método nomográfico de WISCHEMEIER et alii (1971), solos que demonstram relativa fragilidade com relação à erosão, fragilidade esta parecendo estar relacionada com sua pouca profundidade e com seus baixos teores de matéria orgânica. Esses autores encontraram para K de Solos Litólicos, resultados que variaram de 0,004 a 0,006 t.ha.h/MJmm e para Solos Podzólico Vermelho-Amarelo, valores de 0,014 a 0,021 t.ha.h/MJmm.

SILVA et alii (1993) estimaram para o fator K em Ubajara-Ce, utilizando a equação de RÖMKENS et alii (1987), valores de 0,010 a 0,019 t.ha.h/MJmm, considerados baixos e, valores $\geq 0,020$, alto. Esses dados foram utilizados para a construção de um mapa por meio da análise visual de imagens orbitais.

Na determinação dos valores de K para os solos do Ceará, SILVA (1994) utilizou métodos diretos com chuvas naturais e simuladas e, indiretos, com a

equação de RÖMKENS et alii (1987) e o nomógrafo de WISCHMEIER et alii (1971), para cinco solos representativos em termos de área e utilização agrícola. Através de testes estatísticos comparou os resultados obtidos nesses cinco solos com aqueles resultantes de chuvas naturais e simuladas no período de 1980-1984. (TABELA 33)

TABELA 16 – Resultados obtidos por SILVA (1994) (adaptado)

ERODIBILIDADE	Ks	Ke	Kn
Podzólico Vermelho Amarelo (PV1)	-	0,020	0,018
Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico	0,028	0,021	0,002
Planossolo Solódico (PI)	0,008	0,015	0,014
Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico (PV2)	0,018	0,017	0,019
Areias Quartzosas distróficas (AQd)	0,003	0,015	0,007

Ks = valor obtido pelo método de chuvas simuladas;

Ke = obtido segundo RÖMKENS et alii (1987);

Kn = obtido através do nomógrafo de WISCHMEIER et alii (1971)

Os valores encontrados por SILVA (1994) para Ks confirmaram a acuidade nos índices de erosividade das chuvas (R) da EUPS. Para os solos do Ceará SILVA (1994) obteve os seguintes valores para K: V – 0,039; RE – 0,011; REd – 0,012; AQd – 0,014; SK – 0,019; Podzólico Vermelho Amarelo (PV) - 0,020; Latossolo Vermelho eutrófico (LVe) - 0,021; Latossolo Vermelho distrófico (LVd) - 0,024; PE - 0,026; SS – 0,026; PL – 0,027; Re – 0,028; NCV - 0,028; Ter - 0,032; Latossolo Vermelho (LV) - 0,035; Ae – 0,036; NC - 0,036; BV – 0,042 e Ce – 0,042. Os maiores valores encontrados para os Cambissolos devem-se ao alto teor de silte e argila e aos baixos valores da média geométrica do diâmetro das partículas e, os baixos índices encontrados os Regossolos e Areias Quartzosas distróficas devem-se à predominância de areia.

Os valores encontrados por SILVA (1994) para Ke são conseqüências das suas composições granulométricas nos quais os valores mais altos devem-se à maior porcentagem de partículas de menores diâmetros presentes nesses solos e

que são facilmente transportadas nas enxurradas, após a sua desagregação, havendo uma redução na capacidade de infiltração. O Ke tende a superestimar a erodibilidade em alguns solos de textura mais grossa (SILVA, 1994). Utilizando o nomógrafo SILVA (1994) detectou valores mais precisos em solos com Dg mais elevados (PL e Aqd) e, de fraca estrutura e em grãos simples.

Dos vinte solos do estado do Ceará mapeados por SILVA (1994), cinco deles (NCv, Re, V, C e BV) apresentaram os valores mais altos do fator K, ocupando 31% de toda a área. São solos tipicamente rasos, com aptidões agrícolas restritas agravadas pelo manejo predatório acarretando em degradação ambiental como os assoreamentos dos cursos de água e a destruição da fauna e da flora.

A TABELA 17 mostra os valores para a erodibilidade das associações de solos da Microrregião de Sobral, com o menor valor estimado, 0,006 e o maior, 0,030 em ton.ha.h./MJ.mm.ha, para as associações de Regozol eutrófico (REe3) e Solos aluviais eutróficos (Ae3), respectivamente. Resultados semelhantes foram relatados por AQUINO (2002), cujo menor e maior valor que encontrou para as Terras Secas do Piauí foram, respectivamente, 0,009 e 0,035 ton.ha.h./MJ.mm.ha, para associações do grupo das Areias Quartzosas e dos solos Aluviais.

4.2.2.3 Componente Topográfico (S)

A TABELA 18 apresenta a lista das associações de solos nas Terras Secas da microrregião, com seus respectivos tipos de declividades inferior e superior de seu relevo local e as ponderações a eles atribuídas, dados que foram empregados para confecção dos mapas nas (FIGURAS 10 e 11), mapas esses combinados para gerar o mapa do Componente Topográfico na FIGURA 12, onde estão indicados os 4 (quatro) níveis de aceleração da erosão ao Componente e resultantes da combinação.

TABELA 17 - Percentual das associações de solos e do fator erodibilidade nos municípios das Terras Secas da Microrregião de Sobral

Municípios	Associações de solos															
	PL 1	PL 3	PL 4	PL 6	PE 5	PE 6	PE 12	PE 14	PE 27	PE 32	PE 42	PV 6	PV 7	Re 3	Re 6	Re 7
Cariré	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forquilha	-	-	-	-	-	-	-	-	8,35%	-	-	-	-	-	-	-
Graça	-	-	-	-	-	-	15,98%	2,31%	-	-	-	-	-	-	-	-
Groaíras	-	-	-	-	-	-	-	-	14,17%	-	-	-	-	-	-	-
Irauçuba	-	-	-	17,11%	-	1,34%	-	-	-	-	2,13%	-	-	-	2,69%	-
Massapê	-	-	-	-	13,67%	-	-	-	-	-	-	-	-	9,40%	-	18,11%
Miraíma	0,15%	-	39,67%	36,15%	-	1,91%	-	-	-	2,12%	8,26%	-	-	-	2,82%	-
Mocambo	-	-	-	-	-	-	-	32,50%	-	-	-	-	-	-	-	-
Pacujá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santana do Acaraú	-	-	29,85%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04%	10,43%	-	-	-
Senador Sá	-	-	19,54%	-	4,13%	-	-	-	-	-	-	0,34%	4,02%	11,17%	-	9,12%
Sobral	-	1,29%	-	1,91%	2,97%	-	-	1,01%	0,18%	-	-	-	-	3,74%	-	-

TABELA 17 – Percentual das associações de solos e do fator erodibilidade nos municípios das Terras Secas da Microrregião de Sobral (continuação)

Municípios	Associações de solos													Fator Erodibilidade		
	Re 14	Re 15	Re 16	Re 25	Re 26	Red 4	Ree 3	REd 2	NC 7	NC 15	Ae 3	SS 2	LVd 7	Baixo	Médio	Alto
Cariré	0,01%	19,10%	11,46%	-	-	-	-	5,34%	-	87,02%	-	-	-	4,34%	9,32%	86,3%
Forquilha	-	-	-	-	1,02%	-	1,76%	-	46,82%	42,05%	-	-	-	2,78	8,35%	88,87%
Graça	-	42,43%	-	-	-	-	-	-	-	38,88%	-	-	0,41%	-	16,39%	83,61%
Groaíras	-	-	-	-	-	-	-	-	25,88%	59,95%	-	-	-	-	14,17%	85,83%
Irauçuba	-	-	-	14,84%	8,3%	-	-	-	0,09%	53,50%	-	-	-	10,43%	2,68%	86,89%
Massapê	-	27,13%	-	-	-	6,9%	-	-	-	9,68%	15,11%	-	-	-	16,30%	83,70%
Miraíma	-	-	-	2,50%	-	-	-	-	-	6,42%	-	-	-	8,26%	44,76%	46,98%
Mocambo	2,81%	63,09%	-	-	1,6%	-	-	-	-	-	-	-	-	1,60%	2,81%	95,59%
Pacujá	-	33,53%	-	-	-	-	-	-	-	66,47%	-	-	-	-	-	100%
Santana do Acaraú	-	19,73%	-	-	0,52%	11,97%	-	-	-	15,59%	11,61%	-	-	0,52%	52,95%	47,05%
Senador Sá	-	-	-	-	1,74%	7,64%	-	-	-	-	-	7,64%	-	1,84%	81,63%	16,53%
Sobral	-	10,92%	-	-	4,67%	-	0,88%	-	4,47%	65,86%	2,10%	-	-	5,55%	6,22%	88,24%

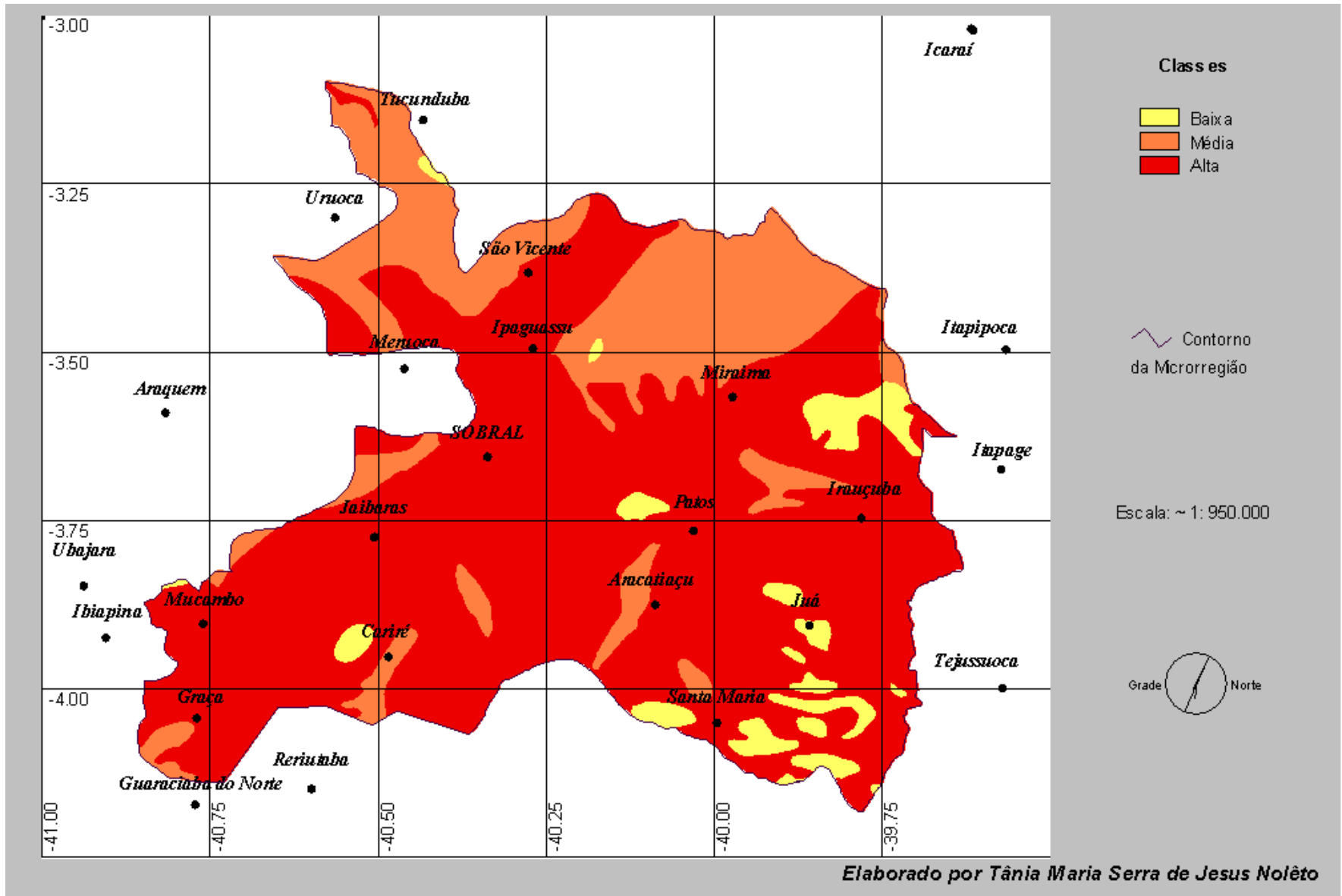


FIGURA 23 – Erodibilidade das associações de solos na microrregião de Sobra

4.2.2.4 Cobertura vegetal (C)

A distribuição espacial dos diferentes tipos de vegetação (RADAMBRASIL 1981), considerando os níveis de proteção que oferecem ao solo contra a erosão e as ponderações a eles atribuídas segundo CREPANI (2000) estão indicados na TABELA 11, dados que podem ser visualizados na FIGURA 23. Em termos percentuais, 2,03% das Terras Secas da Microrregião de Sobral oferecem alto nível de proteção, 91,67% apresentam um nível de proteção médio e 6,29%, um nível baixo.

I. Potencial Natural de Erosão (IESN)

O potencial natural de erosão (IESN) das Terras Secas da Microrregião de Sobral pode ser visualizado na FIGURA 25, onde elas estão indicadas pelos níveis baixo, médio e alto de vulnerabilidade aos processos naturais de erosão. A análise dos dados empregados para confecção dessa figura mostra que 87,40%, 11,31% e 1,30% das terras apresentam, respectivamente, níveis, médio e alto baixo de vulnerabilidade à erosão natural.

A baixa vulnerabilidade ao potencial erosivo natural predominante nas Terras Secas pode ser atribuída ao tipo de relevo o mais das vezes plano, ao nível de proteção da cobertura vegetal e à relativamente baixa erosividade das chuvas. Os resultados obtidos por AQUINO (2002) foram semelhantes ao encontrado neste trabalho, diferenciando quanto aos tipos de associações de solos.

II. Potencial Antrópico de Erosão (IESA)

O potencial antrópico de erosão (IESA) foi obtido pela simulação de um cenário futuro onde a cobertura vegetal das Terras Secas da Microrregião de Sobral seria substituída pela cobertura gerada por atividades agropecuárias, com as modificações por elas causadas à superfície do solo, visando atender a um possível

crescimento populacional onde haveria o aumento da demanda por alimentos, vestuário etc. esta simulação foi realizada com o desígnio de obter subsídios para a

TABELA 18 – Erodibilidade e tipos de declividade (S) das associações de solos da Microrregião de Sobral.

Associações de Solo		Fator K (ton.ha.h/ha.MJ.mm)	Declividade (S)	
			S (inferior)	S (superior)
1	PL 1	0,022	Plano	Suave Ondulado
2	PL 3	0,020	Plano	Plano
3	PL 4	0,019	Plano	Ondulado
4	PL 6	0,024	Plano	Suave Ondulado
5	PE 5	0,025	Forte Ondulado	Montanhoso
6	PE 6	0,025	Forte Ondulado	Montanhoso
7	PE 12	0,021	Forte Ondulado	Montanhoso
8	PE 14	0,026	Suave Ondulado	Suave Ondulado
9	PE 27	0,022	Plano	Forte Ondulado
10	PE 32	0,018	Plano	Ondulado
11	PE 42	0,013	Plano	Suave Ondulado
12	PV 6	0,017	Plano	Suave Ondulado
13	PV 7	0,016	Plano	Plano
14	Re 3	0,016	Montanhoso	Montanhoso
15	Re 6	0,019	Montanhoso	Forte Ondulado
16	Re 7	0,024	Plano	Forte Ondulado
17	Re 14	0,020	Plano	Suave Ondulado
18	Re 15	0,027	Plano	Suave Ondulado
19	Re 16	0,021	Suave Ondulado	Ondulado
20	Re 25	0,024	Forte Ondulado	Montanhoso
21	Re 26	0,014	Forte Ondulado	Forte Ondulado
22	Red 4	0,019	Suave Ondulado	Forte Ondulado
23	REe 3	0,006	Plano	Plano
24	REd 2	0,009	Plano	Suave Ondulado
25	NC 7	0,025	Suave Ondulado	Suave Ondulado
26	NC 15	0,023	Plano	Suave Ondulado
27	SS 2	0,027	Plano	Plano
28	LVd 7	0,017	Plano	Plano
29	Ae 3	0,030	Plano	Suave Ondulado

adoção dessas práticas. O mapa resultante dessa simulação é apresentado na FIGURA 26, onde estão indicados níveis baixo, moderado e alto de vulnerabilidade.

A análise dos dados utilizados para confecção do mapa na FIGURA 26, mostra que 84,20%, 8,16% e 7,64% das Terras Secas teriam respectivamente, segundo essa simulação, níveis baixo, moderado e alto de vulnerabilidade à erosão antrópica. Comparando os resultados encontrados com os dados de potencial de erosão natural (IESN) e as percentagens ocupadas pelos níveis de erosão constata-se que para o nível baixo do potencial há uma variação de 87,40% para 84,20%, e para os níveis moderado e alto há, concomitantemente, uma variação de 11,31% para 8,16% e, de 1,30% a 7,64%.

Através desta simulação verifica-se que há a necessidade de uma conscientização na forma de uso e ocupação das terras, adotando medidas preventivas e conservacionistas para o melhor aproveitamento do solo, com a finalidade de evitar o aumento dos processos erosivos provocados pela ação antrópica.

AQUINO (2002) sugere em seu trabalho a realização de pesquisas para avaliar dentre outras características, prováveis alterações no fator erodibilidade dos solos, causadas pela remoção progressiva dos horizontes superficiais, levando à exposição das camadas de solos sub - superficiais que podem indicar valores diferentes.

A análise TABELA 18 indica que nas Terras Secas da Microrregião de Sobral, 95,95% das associações de solo apresentam relevo plano, 4,07% suave ondulado, 0,07% ondulados, 0,025% apresentam um relevo muito ondulado, enquanto 0,048% têm o relevo do tipo forte ondulado.

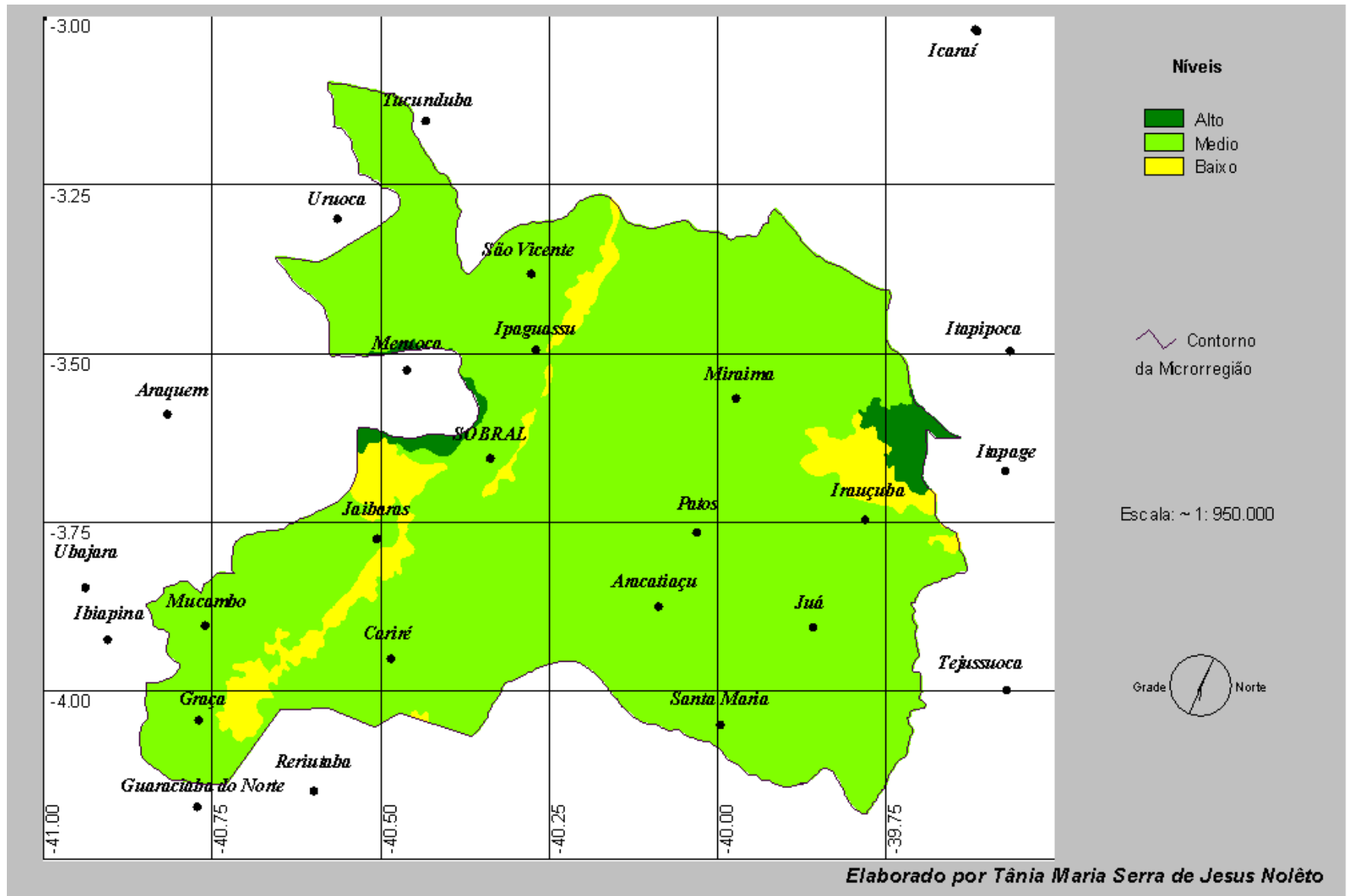


FIGURA 24 – Níveis de cobertura vegetal na Microrregião de Sobral

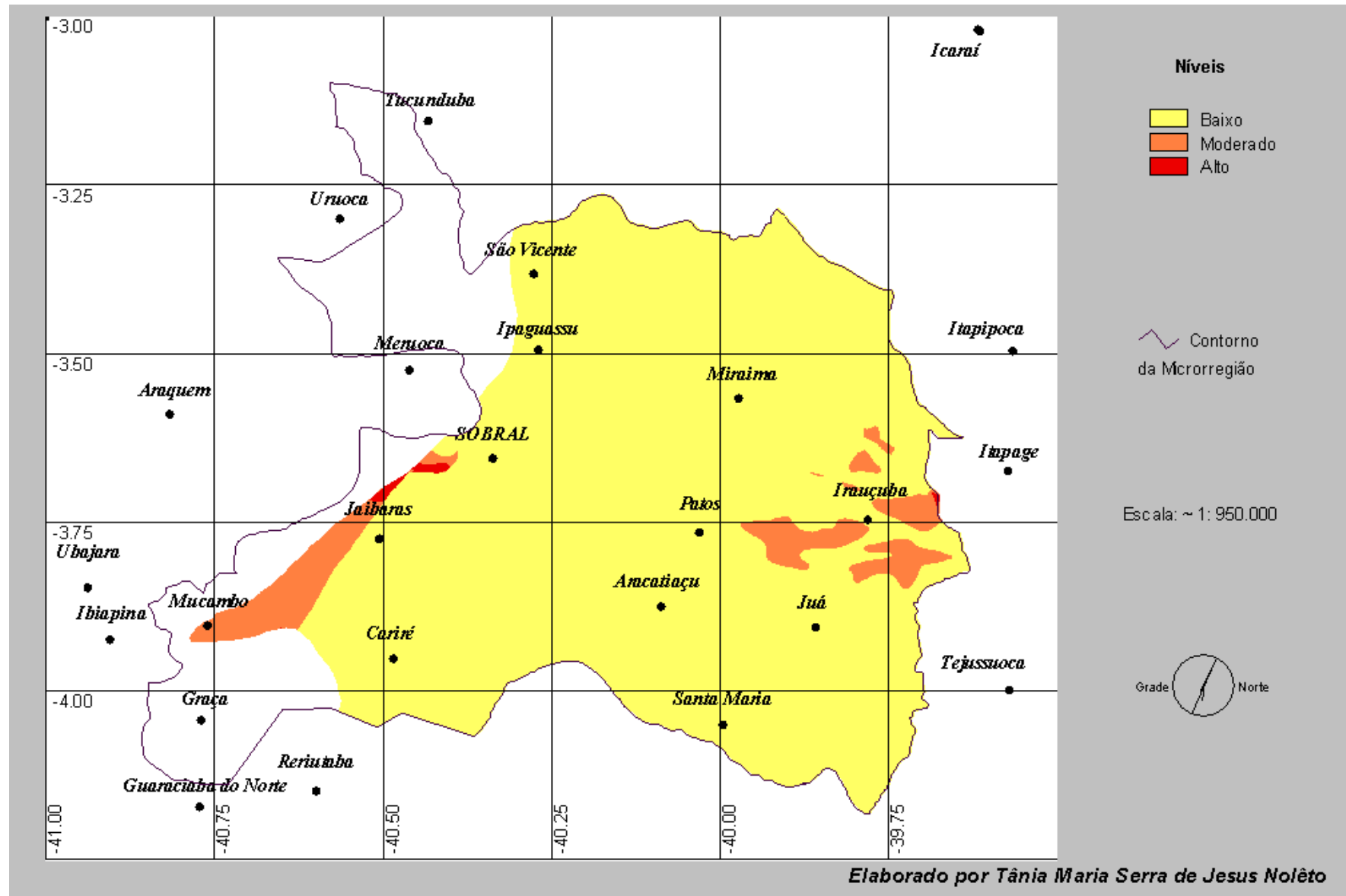


FIGURA 25 – Potencial natural de erosão nas Terras Secas da Microrregião de Sobral

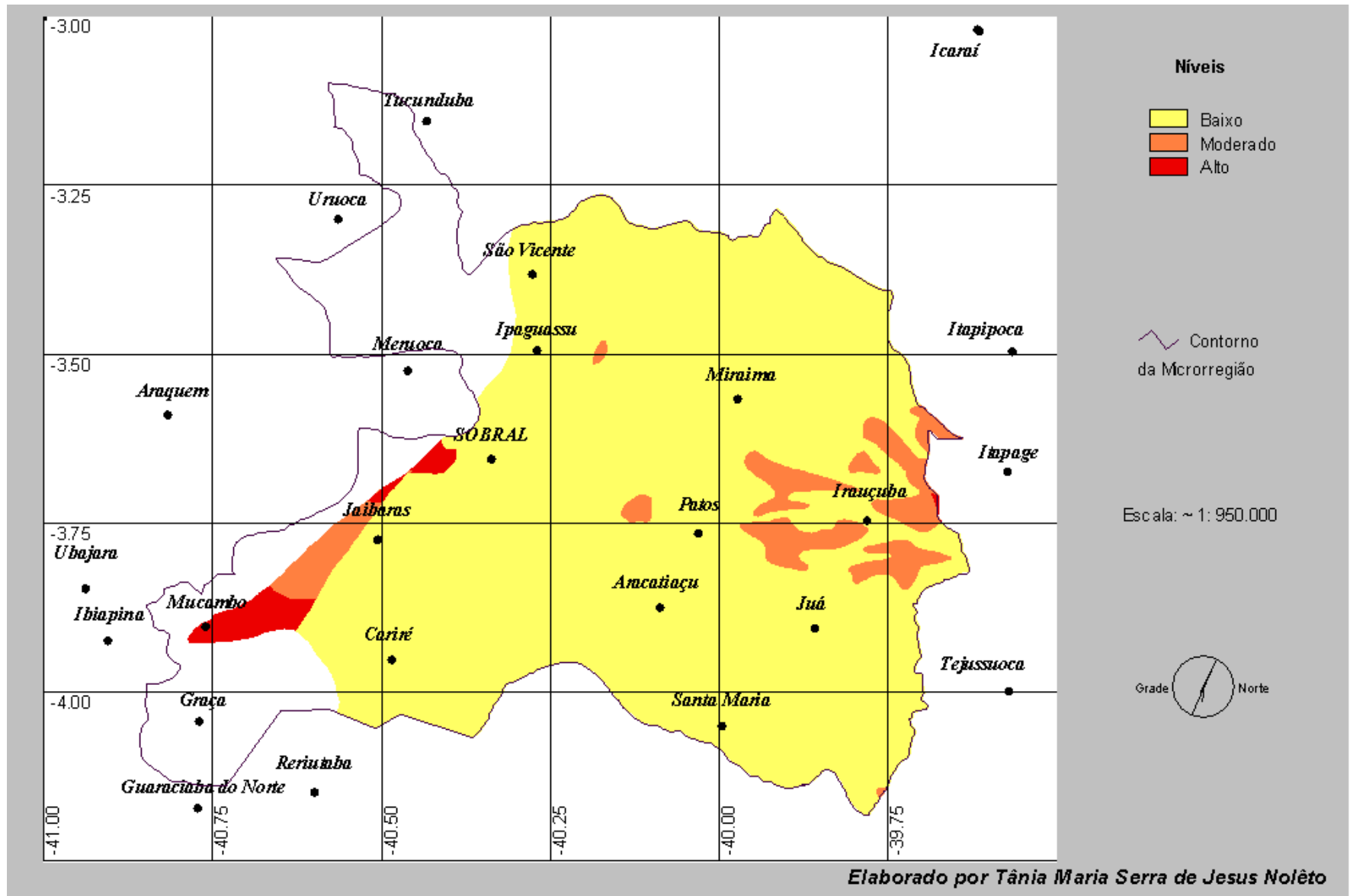


FIGURA 26 – Potencial antrópico de erosão nas Terras Secas da Microrregião de Sobral

4.3 Suscetibilidade das Terras Secas da Microrregião de Sobral à desertificação

I. Suscetibilidade Geoambiental Natural (SGN)

A suscetibilidade geoambiental natural (SGN) das Terras Secas da Microrregião de Sobral foi obtida, de acordo com a FIGURA 3, pela combinação do potencial natural de erosão (IESN) e do índice climático (IC).

Os resultados obtidos estão indicados na FIGURA 27, cujos dados empregados para sua obtenção mostram que 95,97%, 3,67% e 0,36% da área apresentam, respectivamente, baixo, moderado e alto nível de suscetibilidade geoambiental natural à desertificação. Na TABELA 20 estão representados os percentuais de cada município das Terras Secas da microrregião nos diferentes níveis de suscetibilidade e indicam que os municípios de Sobral, Miraíma e Irauçuba apresentam a maior suscetibilidade ao fenômeno.

II. Suscetibilidade Geoambiental Antrópica (SGA)

A suscetibilidade geoambiental antrópica (SGA) das Terras Secas obtida pela combinação do potencial antrópico de erosão (IESA) e do índice climático (IC), é indicada no mapa síntese da FIGURA 28, onde são apontadas as zonas correspondentes aos níveis baixo, moderado e alto de suscetibilidade. A análise dos dados empregados para confecção dessa demonstram que 87,48%, 10,49% e 2,03% da área de estudo apresentam, concomitantemente, baixa, moderada e alta suscetibilidade antrópica à desertificação. Esses dados indicam um predomínio do nível baixo de suscetibilidade.

Comparando os dados da suscetibilidade geoambiental antrópica com as percentagens da suscetibilidade geoambiental natural à desertificação, constata-se que as percentagens ocupadas pelas classes de suscetibilidade baixa e média variam, respectivamente, de 95,97% a 87,48% e de 3,67% a 10,49%, enquanto para a classe denominada alta varia de 0,36% a 2,03%.

Os municípios de Sobral, Miraíma e Irauçuba foram os que apresentaram o nível mais alto de suscetibilidade geoambiental antrópica à erosão (TABELA 20), com seus respectivos valores percentuais, 0,47%, 0,54% e 10,87%.

TABELA 19 - Área e Percentagem de cada município nas classes dos Potenciais Natural e Antrópico de Erosão e do Índice de Aridez

Municípios	Área ocupada nas Terras Secas		Percentagem do município nas classes dos Potenciais Natural e Antrópico de Erosão e o Índice de Aridez					
	Km ²	%	Potencial Natural de Erosão %			Potencial Antrópico de Erosão %		
			Baixo	Moderado	Alto	Baixo	Moderado	Alto
Cariré	537,00	82,2	87,8	12,1	0,1	7,35	0,62	46,53
Forquilha	832,49	100	100	-	-	12,87	1,34	
Graça	-	-	-	-	-			
Groaíras	217,93	100	100	-	-	3,39		
Irauçuba	1.507,50	100	85,4	14,5	0,1	19,02	57,84	1,54
Massapê	113,24	31,7	100	-	-	1,76		
Miraíma	1.131,35	100	99,2	0,8	-	16,35	16,64	
Mocambo	36,94	18,5	-	100	-			27,63
Pacujá	-	-	-	-	-			
Santana do Acaraú	1.045,19	92	100	-	-	16,19	1,21	
Senador Sá	-	-	-	-	-			
Sobral	1.620,27	88,5	92,4	6,6	1	23,03	22,33	24,29

TABELA 20 - Área e Percentagem de cada município nas classes de Suscetibilidade Natural e Antrópica de Erosão

Municípios	Área ocupada nas Terras Secas		Percentagem de cada município nas classes de Suscetibilidade Geoambiental Natural e Antrópica à Desertificação					
	Km ²	%	Suscetibilidade Geoambiental Natural %			Suscetibilidade Geoambiental Antrópica %		
			Baixo	Moderado	Alto	Baixo	Moderado	Alto
Cariré	537,00	82,2	89,2	10,8	-	87,8	12,2	-
Forquilha	832,49	100	9,1	0,9	-	99,1	0,9	-
Graça	-	-	-	-	-	-	-	-
Groaíras	217,94	100	100	-	-	100	-	-
Irauçuba	1.507,50	100	83,0	15,4	1,6	73,2	15,9	10,9
Massapê	113,28	31,7	100	-	-	100	-	-
Miraíma	1.131,35	100	93,5	6,3	0,3	92,8	6,7	0,5
Mocambo	36,94	18,5	50,4	49,6	-	1,4	98,6	-
Pacujá	-	-	-	-	-	-	-	-
Santana do Acaraú	1.045,19	92	99,4	0,6	-	98,9	0,6	-
Senador Sá	-	-	-	-	-	-	-	-
Sobral	1.620,27	88,5	88,8	11,0	0,2	87,4	12,8	0,5

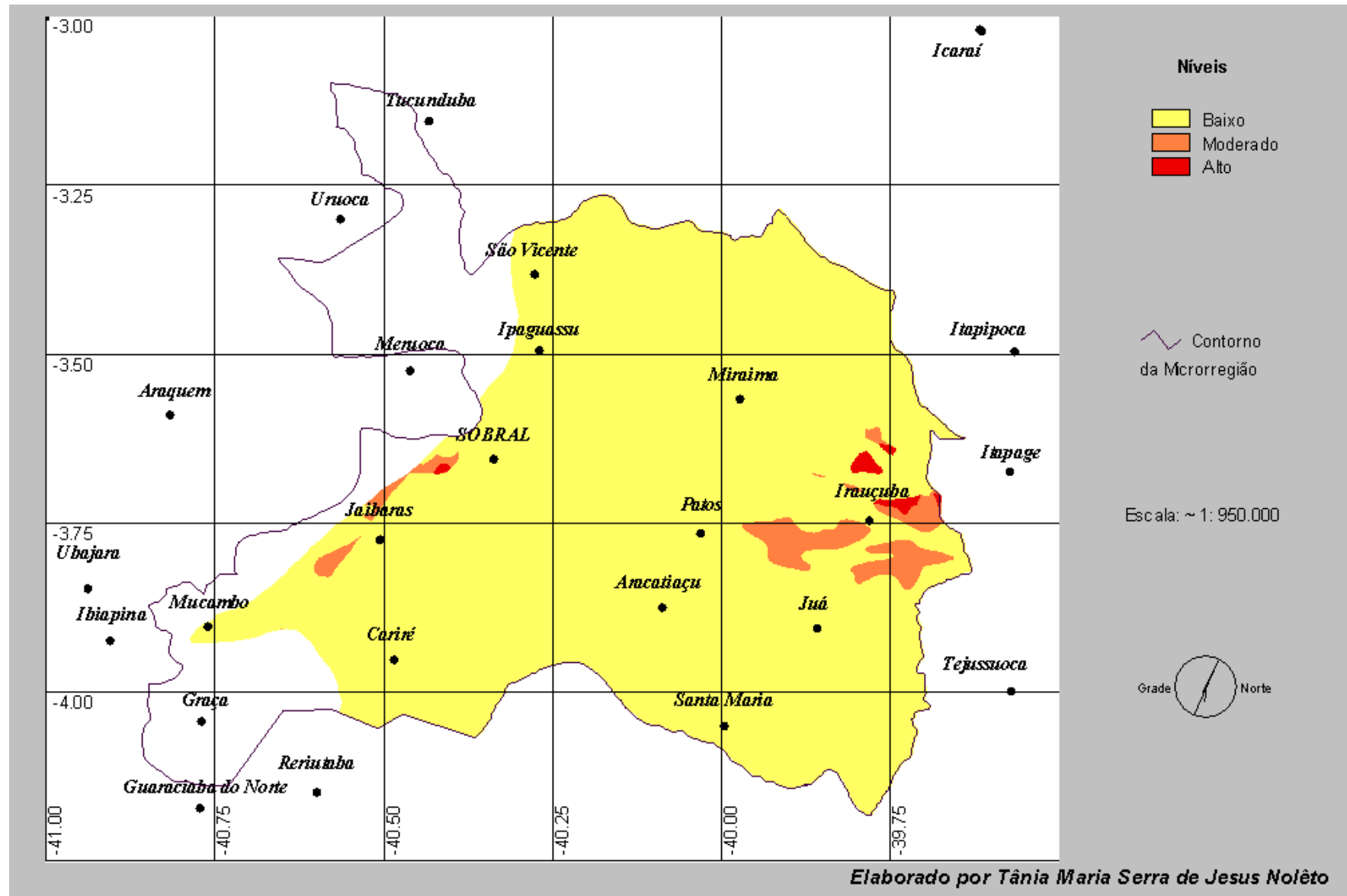


FIGURA 27 - Suscetibilidade Geoambiental Natural das Terras Secas da Microrregião de Sobral à desertificação

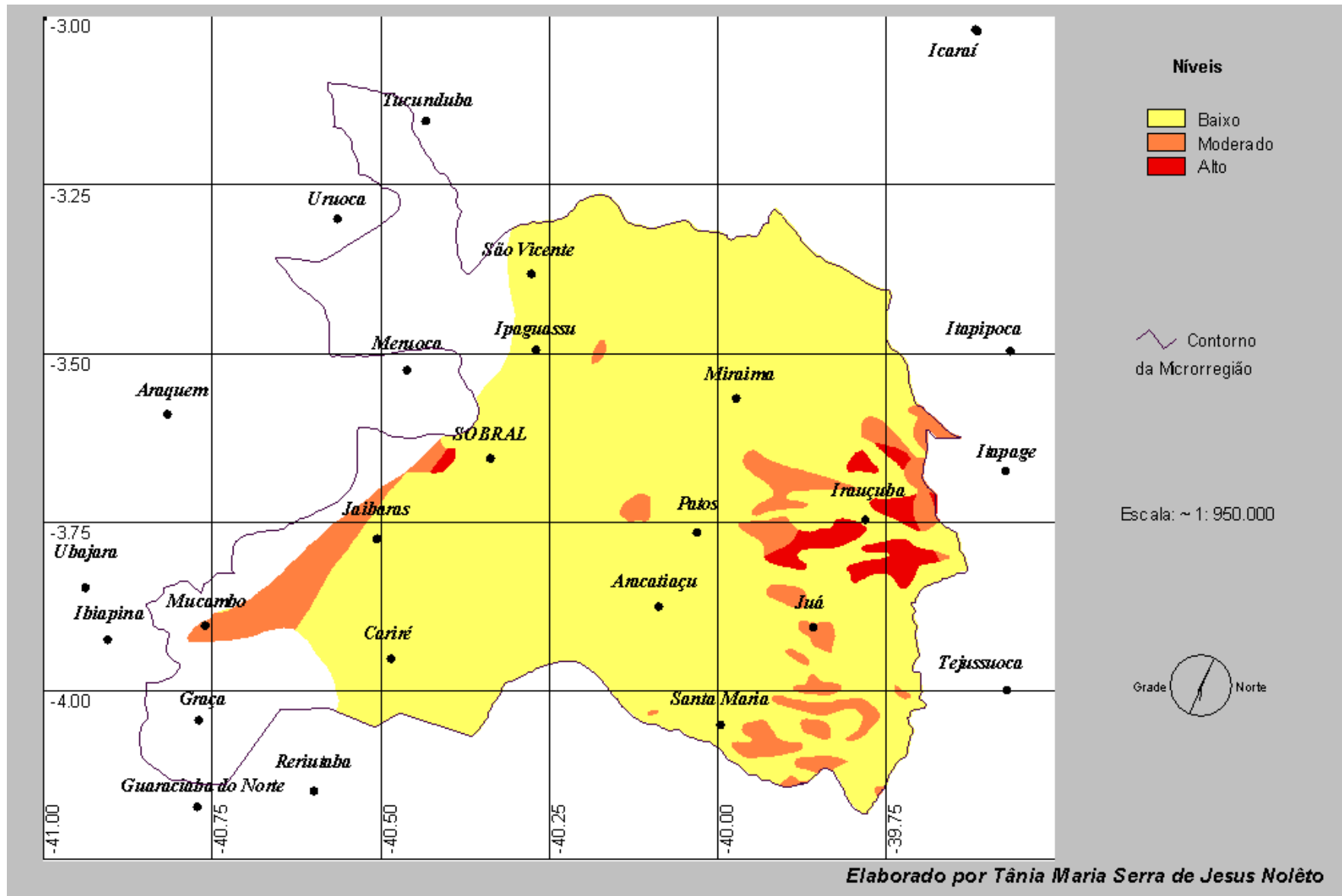


FIGURA 28 - Suscetibilidade Geoambiental Antrópica das Terras Secas da Microrregião de Sobral à Desertificação

5. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem concluir que:

- I. A Microrregião de Sobral tem 80,10% de seu território enquadrado em áreas suscetíveis a processos de desertificação;
- II. As Terras Secas dessa microrregião apresentam diferentes níveis de suscetibilidade geoambientais natural e antrópica à desertificação;
- III. 96,11%, 3,44% e 0,45% da área das Terras Secas apresentam, respectivamente, suscetibilidade geoambiental natural baixa, média e alta e 88,58%, 8,88% e 2,54% mostram, concomitantemente, suscetibilidade geoambiental antrópica baixa, média e alta à desertificação;
- IV. O aumento da suscetibilidade antrópica em relação à natural ocorre como resultado da eliminação da cobertura vegetal natural e sua substituição pela vegetação que surge em decorrência das atividades agropecuárias o que pode a médio e longo prazo conduzir à intensificação do processo de desertificação;
- V. O resultado da simulação de um cenário futuro apresentado na carta de suscetibilidade geoambiental antrópica à desertificação, corrobora com a necessidade iminente da realização de estudos detalhados que conduzam ao estabelecimento de ações que orientem a utilização sustentável dos recursos naturais, especialmente água, solos e cobertura vegetal, e a uma política racional de uso e ocupação das Terras Secas da Microrregião de Sobral;
- VI. Os municípios inseridos nas Terras Secas da Microrregião de Sobral que, apresentam alta suscetibilidade, natural ou antrópica, à desertificação, são os que merecem maiores atenções e cuidados

por parte dos seus habitantes e de seus governantes, especialmente quanto às formas de utilização e ocupação da terra;

- VII. O fato de somente uma pequena extensão da área de estudo (3,89%) apresentar níveis médio e alto de suscetibilidade geoambiental natural à desertificação, não deve minimizar a importância da problemática e nem mesmo a urgência com que essas áreas devem ser estudadas e protegidas;
- VIII. Dada à importância e a complexidade do fenômeno da desertificação destaca-se a necessidade do desenvolvimento de pesquisa futuras, no sentido de complementar o presente estudo, considerando variáveis de natureza sócio-econômica, política e culturais numa abordagem interdisciplinar e que conduzam a um diagnóstico mais preciso da problemática da desertificação nas Terras Secas da Microrregião de Sobral. Também se torna de grande importância o estudo do fenômeno em cada um dos municípios integrantes da área e que apresentaram algum nível de suscetibilidade ao processo de desertificação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos problemas que tem agravado a suscetibilidade à desertificação nas Terras Secas da Microrregião de Sobral é o desmatamento, ver fotos em ANEXO, provocados para a extração da madeira e para o aumento das áreas de pastos, desprotegendo o solo e favorecendo os processos erosivos. Porém esse é um problema que pode ser resolvido através da conscientização, da educação ambiental e da aplicação de leis como a Lei nº 9.605/98 que trata dos Crimes Ambientais e que, segundo o art. 50, é crime “destruir ou danificar florestas nativas ou plantadas” (BRASIL, 2004. p. 588) com pena de detenção de três meses a um ano, e multa. Também é crime ambiental de acordo com o art. 48 da mesma lei “impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação” (BRASIL, 2004. p. 588), com pena de detenção de seis meses a um ano. Ambos os crimes podem ter suas penas agravadas de 1/6 a 1/3 se, de acordo com art. 53, do fato resulta a diminuição de águas naturais, a erosão do solo ou a modificação do regime climático. (BRASIL, 2004). Ainda, segundo o Código Florestal representado pela Lei nº 4.771/65, as vegetações que tem a finalidade de proteger o solo contra erosão, são consideradas de preservação permanentes, conseqüentemente, protegidas por lei, e que, para sua supressão total ou parcial, necessitam de prévia autorização do Poder Executivo Federal.

Considerando a falta de conhecimento das populações de baixa renda para a proteção do meio ambiente e, para a prevenção dos processos erosivos que em muitas vezes resultam em desertificação, não são de grande efeito as penalidades se não forem dadas condições de sobrevivência a essas populações. Condições que supram necessidades básicas como educação, saúde, moradia e alimentação, pois é evidente a desestruturação das unidades familiares diante da impossibilidade de sobrevivência nos períodos de seca, e a ineficiência das ações do poder público, historicamente baseada em medidas emergenciais e políticas setoriais. “O enfrentamento da desertificação deve ser visto como atuação na conservação ambiental e, mais do que isso, como a formulação de políticas de gestão de recursos e de desenvolvimento visando a sustentabilidade ambiental”. MATALLO JÚNIOR (2000, p. 109).

7. ANEXO



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Caatinga em Carire



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Extração de madeira em Carire



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Caatinga arborea densa no mun. Graça



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Vista da Microrregião de Sobral



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Açude Jaibaras em Sobral



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Açude Ipaguassu-mirim em Massapê



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Caatinga em Irauçuba



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Juremal com tronqueira em Irauçuba



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Desmatamento em Miraima



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Vale do Acarau em Santana do Acarau



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Vale do Acarau em Santana do Acarau



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Desmatamento e serrapilheira em Santana do Acarau



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Desmatamento em Santana do Acarau



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Desmatamento em Santana do Acarau



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Caatinga em Santana do Acarau



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Miraima



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Inselberg em Irauçuba



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Vegetação nativa e desmatamento em Irauçuba



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Inselberg em Irauçuba



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Erosão laminar em Irauçuba



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Desmatamento em Irauçuba



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Desmatamento em Irauçuba



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Erosão laminar em Irauçuba



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Erosão laminar em Irauçuba



Foto: Tânia M. S. J. Nolêto

Bica do Belisario no Município do Graça

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste brasileiro. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 19, p. 1-38, 1969.
- _____. Problemática da Desertificação e da Savanização no Brasil Intertropical. **Geomorfologia**. São Paulo, n. 53, p. 1-19, 1977.
- _____. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**, IEA, v.01, n. 01, p. 07-79, 1987.
- ALVARENGA, R. C.; SANS, L. M. A., MARQUES, J. J. G. de S. e M.; CURTI, N. **Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região de Sete Lagoas**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa/pesq2498.html>. Acesso em: 11 agosto 2000.
- ÁLVARES, M. T.; PIMENTA, M. T. Erosão Hídrica e Transporte Sólido em Pequenas Bacias Hidrográficas. **4º Congresso da Água**. Portugal: 1998.
- ANDRADE, M. C. **O Processo de Ocupação do Espaço Regional do Nordeste**. 2ªed. Recife: SUDENE, 1978. 11 v. (Série Estudos Regionais).
- AQUINO, C. M. S de. **Suscetibilidade Geoambiental das Terras Secas do Estado do Piauí à Desertificação**. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- ARAÚJO FILHO, J. A. **A desertificação nossa de cada dia. Coletânea Rumos & Debates**. Disponível em: <http://www.embrapa.br.:8080/aplic/rumos.nsf/f7c8b9aeabcc8583>. Acesso em: 31 outubro 2001.
- ARAÚJO, J. R. P. et alii – (edit.). **Desertificação e Seca: contribuição da ciência e da tecnologia para a sustentabilidade do semi-árido do Nordeste do Brasil**. Recife: BC – UFRPE, 2002. (Documento síntese da Oficina de Trabalho sobre Ciência e Tecnologia para a Sustentabilidade do Semi-árido do Nordeste do Brasil). ASPAN/UFRPE/FÓRUM.
- AZEVEDO, P. V.; SILVA, V. P. R. Índice de seca para a microrregião do agreste da Borborema no estado da Paraíba. **Rev. Bras. de Meteorologia**, v. 9, n.1, p. 66- 72, 1994.
- BELBY, B. **GIS Modeling of Soil Loss to Enhance Watershed Management Strategies**. Department of Geography Modeling Systems Laboratory,

University of Illinois at Urbana – Champaign. Disponível em: <http://www.ucgis.org/oregon/papers/belbys.htm>. Acesso em: 12 agosto 2000.

BERMUDEZ., F. L. Reflexiones sobre la Degradación de los Suelos y su Gestión Sostenible en la Cuenca Mediterránea. **Pararelo 37°**, n° 16, p. 211-218, 1993/1994.

BERTOL, I. Índice de erosividade (EI₃₀) para Lages (SC) - 1ª aproximação. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 28, n. 4, p. 515-521, abr. 1993.

_____. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos novos (SC) no período de 1981- 1990. **Pesq. Agropec. bras.**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1453 – 1458, set. 1994.

BERTONI, J. O espaçamento de terraços em culturas anuais, determinados em função das perdas por erosão. **Bragantia**, Campinas, n. 18, p.113-140, 1959.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. BENATTI JR, R. **Equação de Perdas de Solo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1975. Boletim Técnico, 21.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 3ª ed. São Paulo: Cone Editor, 1990.

BHALME, H. N.; MOOLEY, D. A. Large – scale Drought/Floods and Monsoon Circulation. **Mon. Wea. Rev.**, v. 8, p. 1197 – 1211, 1980.

BLOISE, G. L. F. (et alii) Avaliação da Suscetibilidade Natural à Erosão dos Solos da Bacia de Olaria-DF. **Bol. Pesq. Desenv.** Brasília, EMBRAPA Cerrados, n. 14, 133p.

BOGARDI, I.; MATYASOVSKY, I.; BARDOSSY; A. DUCKSTEIN, L. A hydroclimatological model of areal drought. **Journal of Hydrology**. n. 153, p. 245-264, 1994.

BRASIL. Lei n 4.771, de 16 de novembro de 1970. **Lex**: Constituição Federal, Coleção de leis de direito ambiental, Barueri: Manole, 2004. (2 em 1).

BRASIL. Lei n 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Lex**: Constituição Federal, Coleção de leis de direito ambiental, Barueri: Manole, 2004. (2 em 1).

BRASIL - Programa de Ação Nacional de Combate à desertificação. PAN - Brasil.. Brasília: MMA/SRH, 2004.

BRIGGS, J. M. Interannual variability in primary production in tall grass prairie: climate, soil moisture, topographic position, and fire as determinants of above ground biomass. **American Journal of Botany**. n.82, v.8, p. 1024-1030, 1995.

BYUN, H.; WILHITE, D. **Daily Quantification of Drought Severity and Duration**. Disponível em: http://rosby.metr.ou.edu/~spark/AMON/v1_n5/Byun/Byun.html. Acesso em: 14 junho 2002.

- CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMA, 2003.
- CAMPOS FILHO, O. R.; DA SILVA, I. de F. de; ANDRADE, A. P.; LEPRUN, J. C. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no agreste de Pernambuco. **Pesq. Agropec. bras.**, Brasília, v. 27, n. 9, p. 1363 – 1370, set. 1992.
- CAVALCANTI, E. P. & SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8, E CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 2, 1994, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: SBM, 1994. v. 1, p. 154-157.
- CERVO, A. L., BERVIAN, P. A., Metodologia Científica. São Paulo: Pretince Hall, 2002. 5ª edição.
- BRASIL. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente - CNUMAD. Brasília: Senado Federal, 1997.
- CONTI, J. B. A. *In: Clima e Meio ambiente*. Desertificação no mundo. São Paulo: Atual Editora, 1998. p. 64-75.
- DENARDIN, J. E. **Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 81p. Tese de Doutorado. ESALQ, Piracicaba.
- DRACUP, J. A.; LEE, K. S.; PAULSON JR, E. G. On the definition of droughts. **Water Resources Research**, v. 16, n. 2, p. 297 – 302, 1980.
- DREGNE, H. Envergadura y Difusión del Proceso de Desertificación. In: Colonización de los territorios áridos y lucha contra la desertificación: enfoque integral. **Programa de Las Naciones Unidas para El Medio Ambiente (PNUMA)** - Comisión de La URSS de los asuntos de PNUMA. Moscú. 1987. p. 10-17.
- EL-SWAIF, S.A. & DANGLER, E. W. Erodibilities of selected tropical soils and in relation to structural and hydrological parameters. NATIONAL CONFERENCE ON SOIL EROSION. **Proceedings**. West Lafayette: Ankeny, SWCS, 1977. p. 105-110.
- EL-SWAIF, S.A.; DANGLER, E. W.; ARMSTRONG, C. L. **Soil Erosion by Water in the Tropics**. Hawaii: HITAHR. College of tropical agriculture and human resources. University Hawaii, 1982.
- FERREIRA, D. G.; RODRIGUES, V.; PEREIRA, J.; LIMA, M. G. **A desertificação no Nordeste do Brasil II: diagnósticos e perspectivas**. CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO. Fortaleza: Fundação Grupo Esquel Brasil, 1994. 54p.

FIGUEIREDO, M. A. Vegetação. **Atlas do Ceará**. Fortaleza: SUDEC/DRN, 1986. p. 25-26

FOLEY, J. A. Net Primary Productivity in the terrestrial biosphere: The application of a global model. **Journal of Geophysical Research**, 20 October 1994, v. 99, n. 10, p. 20-783.

FOLHES, M. T., VIANA, M. O. **Estudo da degradação/desertificação em sistemas de produção no semi-árido, nos estados do Ceará e Piauí** – Diagnóstico sócio-econômico do município de Irauçuba. Fortaleza: 2001.

FOSTER, G. R., SIMANTON, J. R., RENARD, LANE, L. J.; OSBORN, H. B. Viewpoint. Discussion of “Application of the universal soil loss equation to rangeland on a per-storm basis”, by Trieste and Gifford. **Journal of Range Management**, n. 33, p. 66-70, 1980.

FOURNIER, F. **The effect of climatic factors on soil erosion estimates of solids transported in suspension in runoff**. Association Hydrologic Int. Public, 1956. v. 38.

FRANK, D. A., INOUE, R. S. Temporal Variation in Actual Evapotranspiration of Terrestrial Ecosystems: patterns and ecological implications. **Journal of Biogeography**. 1994. v. 21, p. 401-411.

GERSTENGARBE, F. W.; WERNER, P. Estimation of the beginning and end of recurrent events within a climate regime. **Climate Research**, 22 March 1999, v. 11, p. 97-107.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2000. 349p.

HARE, F. K. **Climate Variations, Drought and Desertification**. World Meteorological Organization. 1993. 44p.

HOLANDA, F. J. M. **Erosão do solo** – Práticas Conservacionistas. Fortaleza: SEBRAE/CE, 1999.

HUDSON, N. **Soil conservation**. Iowa: Iowa State University Press, 1981.

IPLANCE. **Atlas do Ceará**. Fortaleza: Edições IPLANCE, 1989.

JACOMINE, P. K.T. (et alii). **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará**. Recife: DPP, AgMA/DNPEA-SUDENE/DRN, 1973. 2 vol. (Boletim de Pesquisa n. 28).

LAL, R. Soil erosion on alfisols in western Nigéria. III Effects of rainfall characteristics. **Geoderma**. Amsterdam, v. 16 n.15, p. 389-401, 1976.

_____. **Soil erosion: research methods**. 2nd ed. Ohio: Ohio State of University Columbus. 1994. 340p.

LAL, R.; ELLIOT, W. Erodibility and erosivity *In: Soil Erosion methods*. Ankeny: Soil Water Conservation Society, 1994. p. 180 – 208.

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

LEPRUN, J. C. **Manejo e Conservação de Solos no Nordeste**. Recife: SUDENE, 1988.

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

LIMA, J. M.; CURI, N; RESENDE, M. & SANTANA, D. P. Dispersão do material do solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 85-90, 1990.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**. Campinas, v. 51, n. 2, p. 189 – 196, 1992.

MARQUES, J. J. G. S. M. **Estimativas e comparações dos fatores erosividade das chuvas e erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil**. 1996. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de solos, Universidade Federal de Lavras. Lavras.

MARQUES, J. J. G. S. M.; ALVARENGA, R. C., CURI, N.; SANTANA, D. P. SILVA, M. L. N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região do cerrados – 1^a aproximação. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 21, p. 427-434, 1997.

MARQUES, J. J. G. S. M.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; CAROLINO DE SÁ, M. A. Adequação de métodos indiretos para estimativa da erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 21, p. 447 – 456, 1997.

- MARTINS FILHO, E. C.; SILVA, J. R. C. Comparação de métodos de avaliação da Erodibilidade em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**. Campinas, v. 9, p. 175-177, 1985.
- MATALLO JÚNIOR, H. A Desertificação no Brasil. In: **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido** SENNA, T. O.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Edit.). Fortaleza, UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 406p.
- McCOOL, D. K., FOSTER, G. R., MUTCHLER, C. K., MEYER, L. D. Revised Slope Length Factor for the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the ASAE**. v. 32, n. 5, p. 1571-1576, 1989..
- MILLWARD, A. A. **Modelling and Mapping Soil Erosion Potential in the Sierra de Manantlán Biosphere Reserve**. México. Disponível em: <http://www.fes.uwaterloo.ca/u/aamillwa/mexico.htm>. Acesso em: 05 ago 2000.
- MORETI, D. (et alii). Importantes Características de Chuva para a Conservação e da Água no Município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 713-725, 2003.
- MOUAT, D.; LANCASTER, J.; WADE, T.; WICKHAM, J.; FOX, C.; KEPNER, W.; BALL, T. Desertification Evaluated Using an Integrated Environmental Assessment Model. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 48, p. 139-156, 1997.
- NIMER, E. Desertificação: realidade ou mito? **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 50, p. 1, p. 7-39, 1988.
- NOGUEIRA, M. J. N.; OLIVEIRA, J. G. B.; LINS, R. C.; JATOBÁ, L. Condições Geoambientais do Semi-árido Brasileiro. **Ciência e Trópico**, v. 20; nº 01, jan/jun. 1992. Recife: 173-198p.
- OLADIPO, E. O. Some Statistical Characteristics of Drought Área Variations in the Savana Region of Nigeria. **Theor. Climatol**, Zaria, Nigéria, v. 50, p. 147-155, 1995..
- OLIVEIRA, J. G. B.; FERNANDEZ, A. G.; BEZERRA, C. L. F.; NUNES, E. P.; LIMA, F. A. M.; MOTA, F. O. B.; QUESADO, H. L. C.; SOUZA, M. J. N.; SALES, M.C. L.; OLIVEIRA, S. T.; OLIVEIRA, V. P. V. **Zoneamento Geoambiental da Região de Canindé**. Fortaleza: CNPq/PDCT-NE, UFC/SUEP/NECO-BID, 1987. (Relatório Técnico).
- OLIVEIRA, J. G. B.; FERNANDEZ, A. G.; NUNES, E. P.; LIMA, F. A. M.; MOTA, F. O. B.; QUESADO, H. L. C.; SOUZA, M. J. N.; SALES, M.C. L.; OLIVEIRA, V. P. V. **Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará: Estudo de Áreas do Sertão**

Central. Fortaleza: CNPq/PDCT-NE, UFC/SUEP/NECO-BID, 1989. (Relatório Técnico).

OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L., **Programa para cálculo do balanço hídrico pelo método de Thornthwaite**. Fortaleza: 2005. (Comunicação pessoal).

PALMER, W. C. Meteorological drought. **Res. Paper**, Washington. D. C., n. 45, 58p. 1965.

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

RADAMBRASIL - Folhas SA. 23/24 - Fortaleza - Brasil, MME, Levantamento de Recursos Naturais, Vol.21, 1981a.

_____. Folhas SB. 24/25 - Jaguaribe/Natal, Brasil, MME, Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 23, 1981b.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema Solo-Planta-Atmosfera**. Fundação Cargill, 1985.

RENARD, K. G., G. R. FODSTER, G. A. WEESIES, D. K. McCOOL E 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 n. 703, 1997.

RHODES, S. L. Repensando a Desertificação: o que sabemos e o que temos aprendido? **World Development**, Grã-Bretanha, v. 19, n. 09, p. 1137-1143, 1991.

ROCHA, J. V., LOMBARDI NETO, BACELLAR, A. A. A. F. Metodologia para Determinação do Fator Comprimento de Rampa (L) para a Equação Universal de Perdas de Solo. **Caderno de Informações Georreferenciadas – CIG**, v. 1, n. 2, 1997. (Nota Técnica 1).

RODRIGUES, V.; MATALLO JÚNIOR, H.; LINHARES, M. C.; GALVÃO, A. L. C. O.; GORGÔNIO, A. S. **Avaliação do Quadro da Desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectivas**. Fortaleza: ICID, 1992.

RODRIGUES, V. Desertificação: problemas e soluções. In: **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido** SENNA, T. O.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Edit.). Fortaleza, UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 406p.

- RODRIGUES, V. Pesquisa dos Estudos e Dados Existentes sobre Desertificação no Brasil. **Plano Nacional de Combate à Desertificação**. Brasília: MMA. Projeto BRA 93/0361997. 65 p.
- ROLOFF, G. & DENARDIN, J. E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo. **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 10., 1997, Florianópolis. SBCS, 1994. p. 150 – 151.
- RÖMKENS, M. J. M.; PRASAD, S. N.; POESEN, J. W. A. Soil erodibility and properties. **XIII Congress Int. Soil Science Soc.** v.V, p. 492-503, 1986.
- _____. A. Soil Erodibility Properties. **Analns of the VIII Congress of the ISSS** Hamburg: 1987 p. 492-503.
- RÖMKENS, M. J. M.; ROTH, C. B. & NELSON, D. W. Erodibility of selected clay subsoils in relation to physical and chemical properties. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 41, p. 954 – 960, 1977.
- ROOSE, E. **Land husbandry** – Components and strategy. Rome: ORSTOM. Food and Agriculture Organization of the Nations – FAO, 1996.
- ROSENZWEIG, M. L. Net primary productivity of terrestrial communities: Prediction from Climatological Data. **The American Naturalist**, v. 102, n. 923, p. 67-74, 1968.
- ROXO, M. J. MOURÃO, J. M. Desertificação: a percepção pública do fenômeno. **Revista Florestal**, v. XI, n. 1, p. 27-34, 1988.
- ROY, M. P. V. A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos**, v. 14, p. 43-45, 1965.
- SALES, M. C. L. **Estudos climáticos, morfo-pedológicos e fito-ecológicos no Núcleo de Desertificação de Irauçuba-Ceará**. 2003. Tese. (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- _____. Degradação Ambiental em Gilbués, Piauí. **Mercator** - Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, Ano 02, n. 04, 2003.
- SAMPAIO, E. V. S. B & SAMPAIO, Y. **Desertificação: conceitos, causas, conseqüências e mensuração. In: Avaliação de Tecnologias Atuais e Alternativas em Áreas em Processos de Desertificação no Semi-árido Nordestino Brasileiro**. VITAL, Tales Wanderley (coord.). FINEP/UFRPE/UFPE, Recife: 2002.
- SELLERS, W. D. **Physical Climatology**. The University of Chicago, 1965.
- SEQUEIRA, E. M. Desertificação, Conservação da Natureza e as ONG's. **Revista Florestal**, v. XI, n. 1, p. 22 – 26, jan./jun. 1998.

SHIRAZI, M. A.; BOERSMA, L. A. A unifying quantitative analyses of soil texture. **Soil Science Society of America Proceedings**, Las Vegas, v. 48, n. 1, p. 142 – 147, 1984.

SILVA, J. R. C. **Erodibilidade dos solos do Ceará: distribuição espacial e avaliação de métodos de determinação**. 1994. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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

SILVA, I. de F., ANDRADE, A. P., CAMPOS FILHO, O. R., OLIVEIRA, F. A. P. Efeitos de diferentes coberturas vegetais e de práticas conservacionistas no controle da erosão. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 10, p. 289-292, 1986a.

SILVA, I. de F.; ANDRADE, A. P., CAMPOS FILHO, O. R. Erodibilidade de seis solos do semi-árido paraibano obtida com chuva simulada e método nomográfico. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 10, p. 283-287, 1986b.

SILVA, I. F., CHAVES, I. B. & MONTENEGRO, J. O. Erodibilidade dos solos do estado da Paraíba. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, 1981, Recife. **Anais**. Recife: SBCS/UFR-PE/SUDENE/EPPA. 1981.

_____. Erodibilidade dos solos do Estado da Paraíba. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, 1981, Recife. **Anais**. Recife: SBCS/UFR-PE/SUDENE/EPPA. 1981. p. 192-199.

SILVA, M. L. N. et alii. Proposição de modelos para estimativa da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesq. Agropec. bras.**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2287-2298, dez. 1999.

SILVA, V. P. R.; CORREIA, A. A.; COELHO, M. S. Análise de tendência das séries de precipitação pluvial do nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Eng. Agr. e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v. 2, n. 1. p. 111 – 114, 1998..

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; FERREIRA, M. M. Avaliação de Métodos Indiretos de Determinação da Erodibilidade de Latossolos Brasileiros. **Pesq. Agrop. bras.**, Brasília, v. 35, n 6, p. 1207-1220, jun. 2000.

- SILVA, J. C. R., DEGLORIA, S. D., PHILIPSON, W. R., McNEIL, R. J. Estudo da Mudança de uso da terra através de um sistema de análise georreferenciada **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 17, p. 451-457, 1993.
- SILVA, M. M., LIMA, D. M. A. **Sertão Norte**. Recife: SUDENE, 1982. 6v.
- SILVA, V. P. R.; MACIEL, G. F., GUEDES, M. J. F. Estudo da tendência da precipitação pluvial no estado do Ceará. **Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental**, p. 72 – 76, 1998.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: RiMA, 2003.
- SOARES, A. M.; LEITE, F. R. B.; LEMOS, J. de J. S.; MARTINS, M. L. R.; NERA, R. D. M.; OLIVEIRA, V. P. V. **Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Ceará**. Fortaleza: ICID/Brasil, 1992.
- STEPHENSON, N. L. Actual evapotranspiration and deficit: biologically meaningful correlates of vegetation distribution across spatial scales. **Journal of Biogeography**, n. 25, p. 855-870, 1998.
- TÁVORA, M. R. P.; SILVA, J. R. C.; MOREIRA, E. G. S. Erodibilidade de dois solos da região da Ibiapaba, Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 9, p. 59-62. 1985.
- THORNTON, C. W. An approach toward a rational Classification of Climate. **The Geographical Review**, New York, XXXVIII, p. 55-94, 1948.
- THORNTON, C. W., MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**. Centerton, New Jersey, v. VIII, p.1, 1955. 84p.
- _____. Instructions and Tables for computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. **Publications in Climatology**, Centerton, New Jersey, v. X, n. 3, 1957.
- TUCCI, C.E.M., (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH/ EDUSP, 1993. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. p.182-193.
- ULSAKER, L. G., ONSTAD, C. A. Relating rainfall erosivity factors to soil loss in Kenya. **Journal Soil Sci. Soc. Amer.**, n.48, 1984.
- UNEP . **Status of desertification and implementation of the United Nations plan of action to combat desertification**. Nairóbi, UNEP, 1991.
- VASCONCELOS SOBRINHO, J.. ENCONTRO DOS ÓRGÃOS DE PRESERVAÇÃO E CONTROLE AMBIENTAL DO NORDESTE, 1978, Maceió. **Metodologia para**

identificação de Processos de Desertificação – Manual de Indicadores. Recife: SEMA/SUDENE, 1978a.

_____. I SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE ECOLOGIA. Curitiba. **Processos de Desertificação no Nordeste Brasileiro**. Recife: SEMA/SUDENE, 1978b.

_____. **Processos de Desertificação ocorrentes no Nordeste do Brasil**: sua gênese e sua contenção. Recife: SEMA/SUDENE, 1982.

WAGNER, C. S. & MASSAMBANI, O. Análise da relação intensidade de chuva – energia cinética de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, n. 12, p. 197-203, 1988.

WHITE, M. R. (et alii.) Vegetational response to short – duration and continuous grazing in southcentral New Mexico. **Jornal of Range Management**, v. 44, n.4, p. 399-403, 1991.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **J. Soil and Water Cons.**, n. 26, p. 189-193, 1971.

WISCHMEIER, W. H.; MANNERING, J. V. Relation of Soil Properties to its Erodibility. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madson, v. 23, n. 30, p. 246 – 249, 1959.

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion loss from cropland east of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation. **USDA, Agric. Handbook** n. 282 , Washington, 1965.

