

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

RAFAEL MARQUES DOS SANTOS

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE
TAMBOARA – PR: APLICAÇÃO E ESTUDO COMPARATIVO DE
TRÊS METODOLOGIAS**

Maringá – PR – Brasil
Novembro de 2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

RAFAEL MARQUES DOS SANTOS

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE
TAMBOARA – PR: APLICAÇÃO E ESTUDO COMPARATIVO DE
TRÊS METODOLOGIAS**

Monografia apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Teresa de Nóbrega

Maringá – PR – Brasil
Novembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Nossa Senhora da Aparecida, Jesus Cristo, Deus e ao cavaleiro guerreiro São Jorge por toda proteção e força em todos estes anos de graduação, onde passou-se momentos difíceis e felizes;

Aos professores Maria Teresa de Nóbrega, Paulo Nakashima e Hélio Silveira por orientar a minha formação profissional e científica, fazendo perceber o que é a verdadeira geografia, realizando trabalhos de campo que vou levar para o resto da vida em minha memória;

Aos meus pais, Sandra Maria Ribeiro dos Santos e Amauri Marques dos Santos, por me educarem, me darem todo suporte nesses anos e me ensinarem a persistir e a lutar nos caminhos da vida e também aos meus antepassados, especialmente a minha avó Alzira Dada sendo uma pessoa mais que especial para mim e meu irmão Anderson Marques dos Santos pela força e incentivo;

A Universidade Estadual de Maringá e ao Departamento de Geografia; Márcio (Feioso), Raniere, Édipo (Negão), Marcel (Japonês), pelas discussões e ensinamentos, a todos os meus amigos que sempre me apoiaram por aqui, Fábio (Dilon), Diego (Feitosa), Fábio (Bolaxa), Ricardo (Indiã/Orelhudo), Alex (Di), companheiro de estágio, as meninas da sala, meus amigos e primos de São José do Rio Preto, Mirella, Ricardo, Valdir, Weslei (Brinca); e outros que foram aparecendo de forma especial em minha vida, obrigado a todos pelas diversas carona que me deram até a rodoviária, a galera que conquistei a amizade aqui em Maringá, não vou citar nomes senão seria injusto eu esquecer de alguém, a galera em especial de São José do Rio Preto que esta aqui em Maringá, me acolhendo no meu primeiro dia (galera da pensão da Dona Elza), todos mesmo que de alguma forma participaram da minha vida;

Ao pessoal do laboratório do departamento da Agronomia, Reinaldo, Anderson, Karina, Hélio, Camila, Roberto, Leonardo e ao professor Cássio Tormena pela oportunidade e ensinamentos.

E a todos que de alguma maneira contribuíram e viabilizaram a realização dessa pesquisa.

*“A natureza nunca nos engana;
somos sempre nós que nos
enganamos.”*

Jean Jacques Rousseau

Resumo:

Os mapas de fragilidade e/ou vulnerabilidade ambiental são ferramentas que fornecem importantes subsídios para a gestão territorial e a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE). São instrumentos de avaliação das fragilidades e potencialidades do meio que sintetizam as características naturais dos meios e as restrições e/ou aptidões em face de distintas formas de uso e ocupação. A elaboração dos mapas de fragilidade ambiental visou, portanto, mostrar em termos de intensidade e de distribuição espacial, a susceptibilidade do meio físico, considerando-se os fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos, e as suas respostas às pressões antrópicas. Vários órgãos públicos já vêm utilizando estes mapeamentos no planejamento territorial ambiental. Este trabalho teve por objetivo principal, à comparação de três métodos para determinar e mapear a fragilidade ambiental na área do município de Tamboara – PR. As três metodologias adotadas têm por fundamento o conceito da Ecodinâmica que, a partir de uma abordagem sistêmica, propõe uma classificação fundamentada no estado de equilíbrio dinâmico do meio (estabilidade-instabilidade morfodinâmica). Os procedimentos operacionais envolvidos para a obtenção dos mapas de fragilidade incluem análises do relevo, solos, geologia, clima e uso do solo. A análise integrada dessas informações possibilita a obtenção de produtos síntese que expressam diferentes graus de fragilidade do ambiente em função das suas características genéticas (estrutura geocológica) e das condições geradas pelas formas de uso e ocupação.

PALAVRAS CHAVE: Fragilidade ambiental. Ecodinâmica. Estrutura geocológica. Erosão. Uso do solo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA - METODOLÓGICA.....	8
3. ÁREA DE PESQUISA.....	11
5.1. Caracterização histórica e socioeconômica do município de Tamboara	15
4. MÉTODOS E TÉCNICAS.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.1. A estrutura socioeconômica do município de Tamboara – PR.....	27
5.2. Análise das Fragilidades.....	33
5.2.1. Metodologia 1 - Mapas de Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente com apoio nas classes de declividade.....	33
5.2.2. Metodologia 2 – Mapas de Fragilidade Potencial e Emergente com apoio no mapa grau de dissecação do relevo.....	38
5.2.3. Metodologia 3 – Mapa de Fragilidade ou Vulnerabilidade proposto por Crepani (2001).....	46
5.2.4. Correlação entre as duas metodologias apresentadas por Ross (1994) e a metodologia apresentada por Crepani (2001).....	49
6. CONCLUSÃO.....	49
7. REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

Os mapeamentos de fragilidade ambiental possibilitam a indicação de áreas onde os graus de fragilidade são mais baixos, com maiores opções de uso e ocupação; e aquelas de graus de fragilidade mais altos, áreas mais vulneráveis, onde as opções de uso são mais reduzidas, exigindo-se, ainda, a aplicação de técnicas mais adequadas. Fornecem deste modo, importantes subsídios para a gestão territorial e o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE).

O mapa de fragilidade ambiental constitui um dos principais instrumentos empregados pelos órgãos públicos na elaboração do planejamento territorial ambiental. O mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio ambiente combinando suas características naturais com suas restrições. O mapeamento das fragilidades agrupa os ambientes em relação aos diferentes níveis de fragilidade. Tais informações permitem ao planejador elaborar ações de intervenção técnica, adequadas a cada condição (KAWAKUBO, 2005).

Os estudos relativos à fragilidade dos ambientes são de extrema importância ao Planejamento Ambiental, onde a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território (SPÖRL, 2001).

No Paraná os principais problemas ambientais e de recursos naturais são, na sua maioria, decorrentes do modelo de ocupação e utilização agrícola do território. Esse modelo trouxe conseqüências como a erosão do solo rural e urbano, o desmatamento, a poluição hídrica e os desequilíbrios do ciclo hidrológico, entre outros (CARNASCIALI, 1987).

O processo de ocupação da área de estudo foi marcado por duas etapas, distinguidas pelas características da estrutura agrária e conseqüentemente pelo uso do solo. Na primeira etapa, no início da colonização do Norte do Paraná, a derrubada da mata nativa (Floresta Estacional Semidecidual), deu espaço para o cultivo do café como produto principal para a exportação, associado às culturas de subsistência, com características de produção tradicional, ou seja, sem mecanização, em pequenas propriedades familiares (SERRA, 1992).

Posteriormente, na década de 1970, com a modernização da agricultura – dentro do espírito da Revolução Verde – foram introduzidas as culturas mecanizadas, apoiada

na grande propriedade capaz de sustentar os altos investimentos em tecnologia (CARNASCIALI, 1987). O trinômio soja-trigo-milho, ocupou as áreas de café sobre os solos derivados do basalto, e sobre aqueles derivados do arenito Caiuá, passaram a predominar as pastagens.

Dentro deste contexto, o trabalho ora apresentado, tem por objetivo principal aplicar e comparar três metodologias de classificação e mapeamento da fragilidade ambiental na área do município de Tamboara, Estado do Paraná. Procura, especificamente, avaliar os produtos (mapas) obtidos pelas três metodologias, tendo como parâmetro os impactos ambientais detectados em campo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

A paisagem é um conceito chave para o entendimento do espaço geográfico, o qual é o palco das realizações humanas que modificam os “arranjos que estruturam o funcionamento dos processos e criam um arranjo secundariamente estruturado” (RODRIGUES, 2007).

A paisagem rural é construída, ao longo do tempo, pelas relações de apropriação e manejo dos recursos naturais no campo. Entretanto, a inadequação de sistemas de produção em determinadas áreas gera impactos, degradação ambiental e social do espaço rural, segundo (DEFFONTAINES, 1972).

Os sistemas de produção agrícola provocam transformações, em maior ou menor grau, nos elementos que constituem a estrutura geocológica da paisagem rural, e, qualquer interferência em um dos seus componentes (relevo, solos, vegetação, clima e recursos hídricos) se reflete sobre os outros elementos, alterando o seu equilíbrio dinâmico (DEFFONTAINES, 2003, p. 209).

Quando este equilíbrio é alterado, segundo Ross (1990), estados de desequilíbrios temporários ou permanentes são gerados, modificando o funcionamento do sistema natural e, muitas vezes, desencadeando processos de degradação.

O homem mantém relação com a natureza a partir das suas diferentes formas de ocupação e utilização do ambiente natural e a partir das intervenções humanas, os sistemas ambientais apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características “genéticas”. E qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos) acarreta o comprometimento da

funcionalidade do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico (SPÖRL, 2001).

Ross (1994) afirma que “os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção das ações humanas”, além de ressaltar que os ambientes naturais apresentam maior ou menor fragilidade frente às intervenções antrópicas, em função de suas características genéticas.

Além do ambiente natural, como enfatiza Spörl (2001), o meio antrópico é parte fundamental no entendimento do processo sendo, portanto, imprescindível se levar em conta, de um lado, as potencialidades dos recursos naturais, as fragilidades dos ambientes, e por outro lado, os anseios e as necessidades da sociedade.

A fragilidade potencial compreende a integração dos elementos físicos naturais, como a geomorfologia, tipos de solo, declividade, geologia, entre outros, enquanto a fragilidade emergente compreende a análise integrada da fragilidade potencial do meio natural com o tipo de uso do solo.

Ross (1992), abordando o registro cartográfico e a questão taxonômica do relevo, salienta que as formas dos terrenos, de diferentes proporções, possuem uma explicação genética e são interdependentes e interrelacionadas aos demais componentes da natureza (geologia, cobertura pedológica, clima, hidrografia e vegetação).

Partindo dessas concepções e com o interesse de utilizá-las nos estudos de planejamento ambiental, Ross (*op. cit.*) ampliou o uso e o conceito, estabelecendo as unidades ecodinâmicas instáveis ou de instabilidade emergente em vários graus, desde instabilidade muito fraca até muito forte, aplicando o mesmo critério para as unidades ecodinâmicas estáveis. Para a construção da carta de fragilidade ambiental potencial e emergente, este autor utiliza produtos intermediários (carta pedológica, de uso de solo, geomorfológica e de cobertura vegetal, segundo o seu grau de proteção).

A análise empírica da fragilidade ambiental proposta por Ross (1994) fundamenta-se no conceito das Unidades Ecodinâmicas preconizado por Tricart (1977), que parte do pressuposto que na natureza a troca de energia e matéria se relaciona em um equilíbrio dinâmico. De acordo com este conceito, Tricart (*op cit*) considera que os ambientes são estáveis quando estão em equilíbrio dinâmico e foram poupados da ação humana, encontrando-se em estado natural. Entretanto, quando este equilíbrio sofre as intervenções antrópicas, passa a ser considerado como uma unidade instável.

Conforme Crepani (2001), uma unidade de paisagem natural é considerada estável quando os eventos naturais que nela ocorrem favorecem os processos de pedogênese, isto é, o ambiente favorece a formação e o desenvolvimento do solo, nestes ambientes encontramos solos bastante desenvolvidos, intemperizados e envelhecidos. Uma unidade de paisagem natural é considerada vulnerável quando prevalecem os processos modificadores do relevo (morfogênese) e, por isso, existe um predomínio dos processos de erosão em detrimento aos processos de formação e desenvolvimento do solo.

O estudo dos atributos do meio físico seguiu a metodologia de Tricart (1977) assim analisando o ambiente sob a ótica da teoria dos sistemas onde na natureza as forças de energia e matérias processam-se através do homem, alterando o equilíbrio dinâmico. Crepani et al. (2001) ajustou a metodologia proposta por Tricart (1977), dando ênfase ao uso de geotecnologias, principalmente o sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica, para elaborar mapas de fragilidade ambiental.

Os mapas de fragilidade e/ou vulnerabilidade ambiental são ferramentas que atendem a essa necessidade. São instrumentos de avaliação das fragilidades e potencialidades que sintetizam as características naturais dos meios e as restrições e/ou aptidões em face de distintas formas de uso e ocupação. A elaboração de mapas de fragilidade ambiental mostra, assim, em termos de intensidade e de distribuição espacial, a susceptibilidade do meio físico, considerando-se os fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos, e as suas respostas às pressões antrópicas (SPORL, 2001).

3. A ÁREA DE PESQUISA

O município de Tamboara (Figura 1) se localiza na região Noroeste do estado do Paraná, entre as latitudes de $23^{\circ}07'49,88''\text{S}$ e $23^{\circ}16'02,49''\text{S}$, e entre as longitudes de $52^{\circ}25'14,22''\text{W}$ e $52^{\circ}32'46,98''\text{W}$, com uma área de $194,735\text{ km}^2$, em zona de contato arenito/basalto.

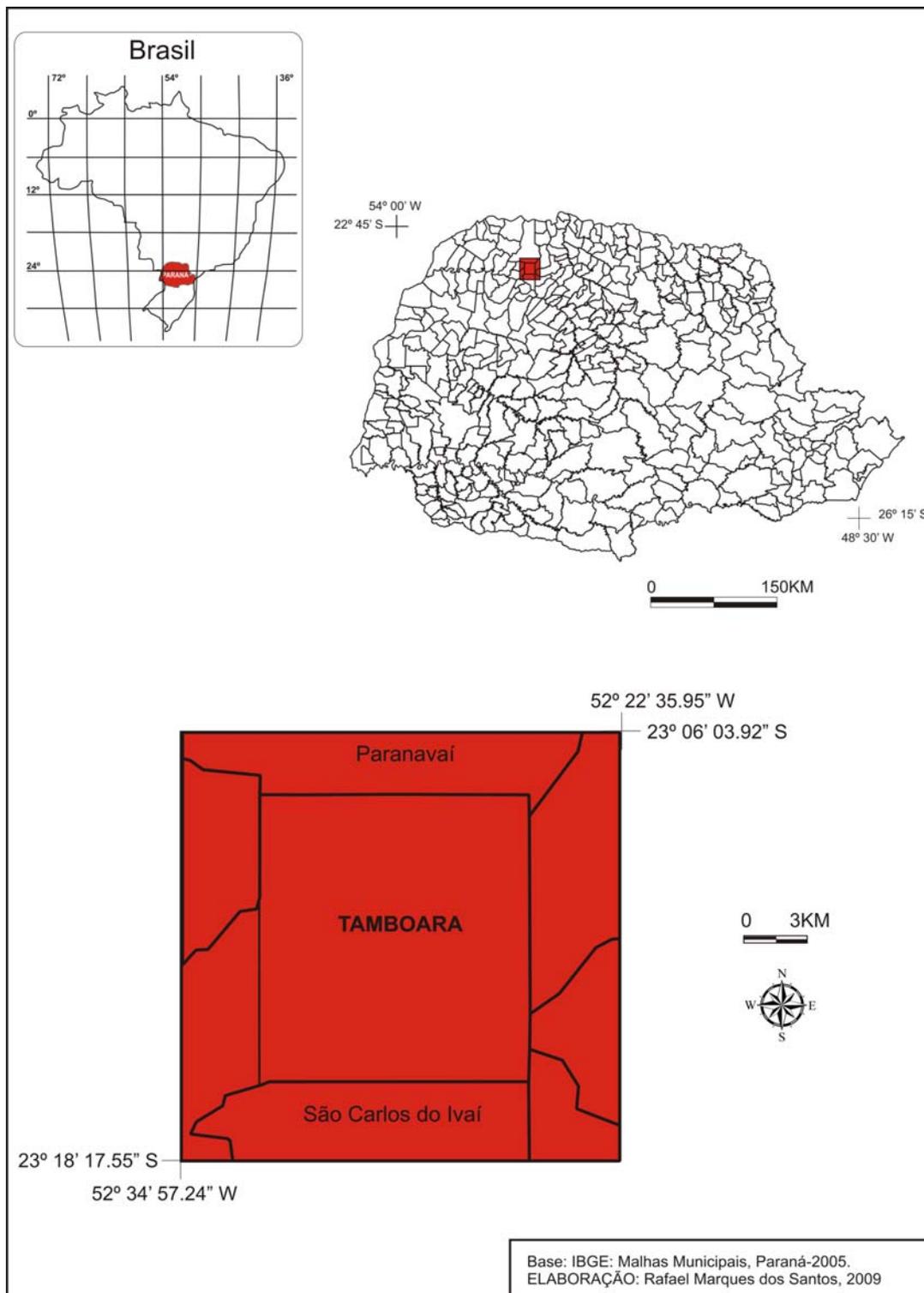


Figura 1. Localização do município de Tamboara – Paraná.

O arenito da Formação Caiuá domina os topos dos interflúvios mais elevados verificado na elaboração da hipsometria (Figura 2) da área, enquanto que o basalto da Formação Serra Geral (Figura 3) aflora no fundo dos vales e ao longo de vertentes das colinas mais baixas.

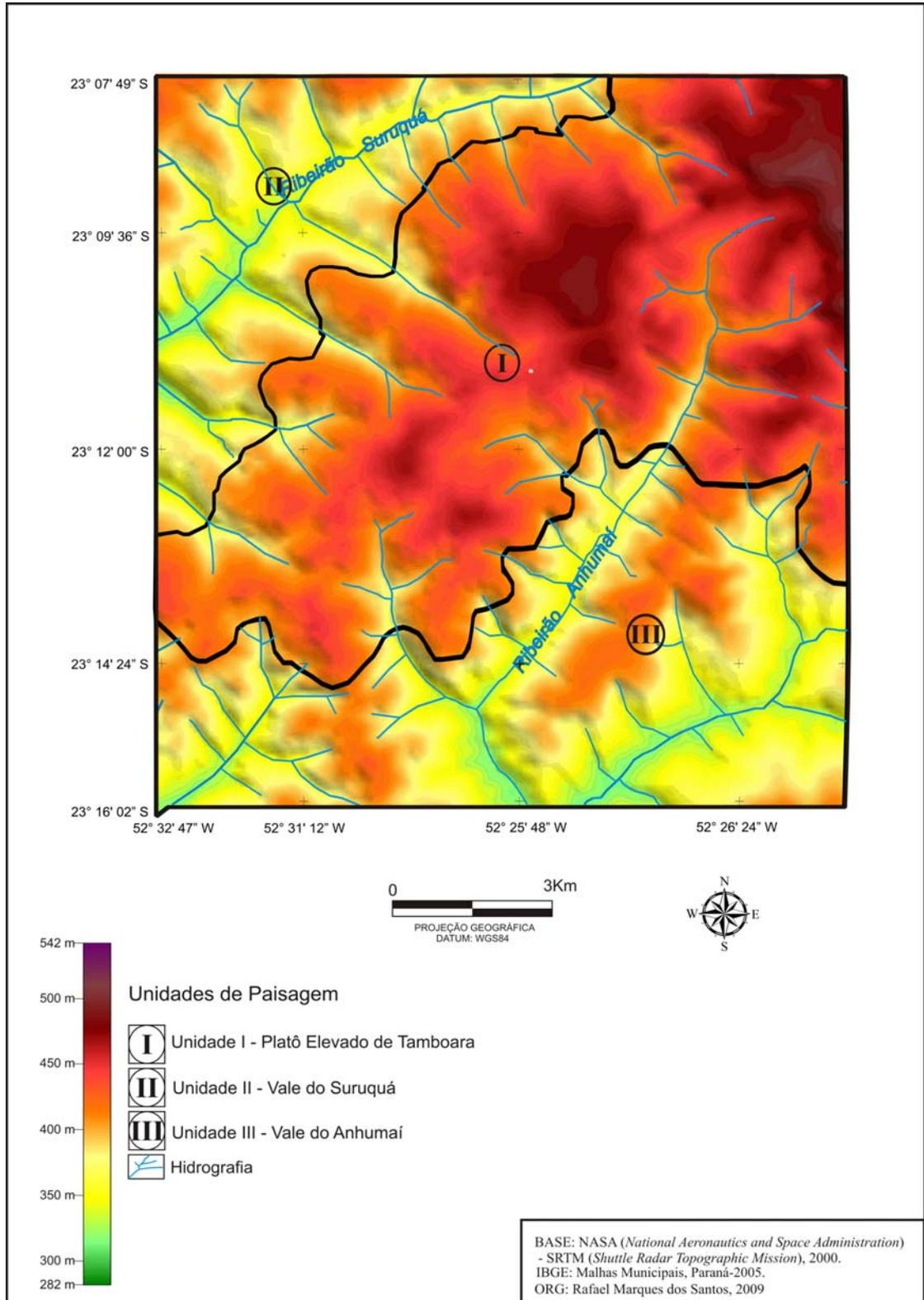


Figura 2. Hipsometria do município de Tamboara – Paraná.

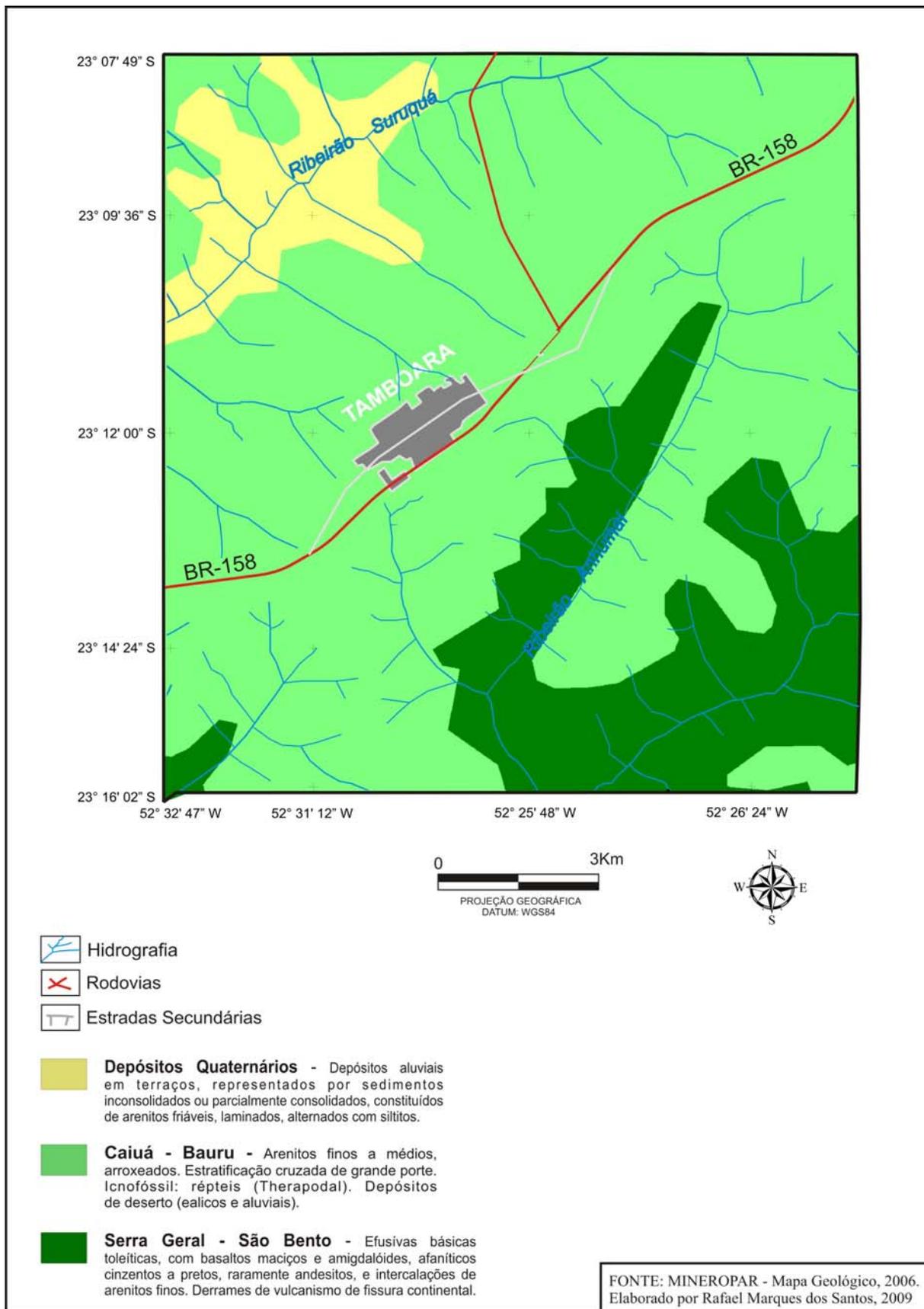


Figura 3. Geologia do município de Tamboara – Paraná.

O clima da área é o Cfa da classificação de Köeppen (1948), com temperatura variando entre 22° C e 18° C. Corresponde ao tipo subtropical úmido mesotérmico, caracterizado por verões quentes, geadas pouco frequentes, e com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. As médias pluviométricas na área estão compreendidas entre 1300 e 1400 mm.

A vegetação original era constituída pela Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 1993), tendo sido fortemente devastada dando lugar, inicialmente à cultura do café que foi, por sua vez, substituída pelas pastagens, principalmente, e por culturas de mandioca e, mais recentemente, ocorreu a introdução de soja/milho e a cana-de-açúcar no processo de uso do solo. Atualmente, a floresta aparece como pequenas manchas (capões) esparsos na área e, eventualmente ao longo dos cursos d'água.

O relevo da região é caracterizado pela presença de colinas amplas com vertentes convexas e de declividades fracas a moderadas. Sobre esse relevo ocorrem os Latossolos Vermelhos, com texturas média ou argilosa, dependendo do substrato, nas posições de topo e altas vertentes, e nas médias e baixas vertentes aparecem os Argissolos Vermelhos-amarelos, típicos ou abrupáticos.

3.1. Caracterização histórica e socioeconômica do município de Tamboara

Conforme o IBGE, a formação do município de Tamboara – PR ocorreu em abril de 1947. Duílio Trevisan Beltrão, procurador da Sociedade Técnica e Colonizadora Engenheiro Beltrão Ltda, proprietária de extensa área de terras localizadas no então distrito de Paranaíba, no Município de Mandaguari, resolveu colonizá-la com a venda de lotes, dando início à formação de um povoado a que se deu, desde os seus primórdios, a denominação de Tamboara.

Em julho de 1947, foi construída no povoado, a primeira casa de madeira, a fim de serem instalados os escritórios daquela empresa imobiliária. Os seus primeiros habitantes foram Ivo Pinherim, Marcionílio Ribeiro e Yasco Marimoto.

Face à fertilidade da terra, foi grande a afluência de colonos paulistas, mineiros, baianos e catarinenses que, chegando à povoação, dedicaram-se às lavouras, sobretudo à do café.

O Distrito de Paranaíba, pela Lei Estadual nº 790, de 14 de novembro de 1951, foi elevado a Município autônomo, desmembrado do de Mandaguari, e, dessa data em diante, as terras situadas dentro de sua jurisdição passaram a ter grande procura, inclusive, atraindo maior número ainda de colonos e agricultores, ao território de Tamboara.

Em 1953, foi criado o Distrito Administrativo de Tamboara, como parte integrante do Município de Paranaíba, e, em 1954, passou a município autônomo, desmembrado do de Paranaíba.

Tamboara, de origem Tupi, era a designação através da qual se conhecia o cacique de uma tribo indígena que habitava a região, originando-se daí, a denominação do Município.

4. MÉTODOS E TÉCNICAS

Antes da aplicação das diferentes metodologias de mapeamento da fragilidade ambiental, foi realizado o levantamento da estrutura socioeconômica da área de pesquisa com o objetivo de compreender a evolução das suas diferentes formas de uso e ocupação que se refletem como ações antrópicas com diferentes potenciais de impacto sobre o ambiente.

O levantamento da estrutura socioeconômica foi realizado a partir de levantamento de dados dos Censos Demográficos e Censos Agropecuários do IBGE, disponibilizados na Internet através do programa SIDRA.

O mapeamento da fragilidade ambiental foi realizado de acordo com as propostas metodológicas de Ross (1994) e Crepani (2001). Segundo Ross (1994), a análise empírica da fragilidade exige estudos básicos do relevo, da litologia-estrutura, do solo, do uso do solo e do clima, o que implica em levantamento de dados em campo e na geração de cartas temáticas de geomorfologia (padrão de formas de relevo), geologia, clinográfica (Figura 4), solos (Figura 5) e uso do solo (figura 6).

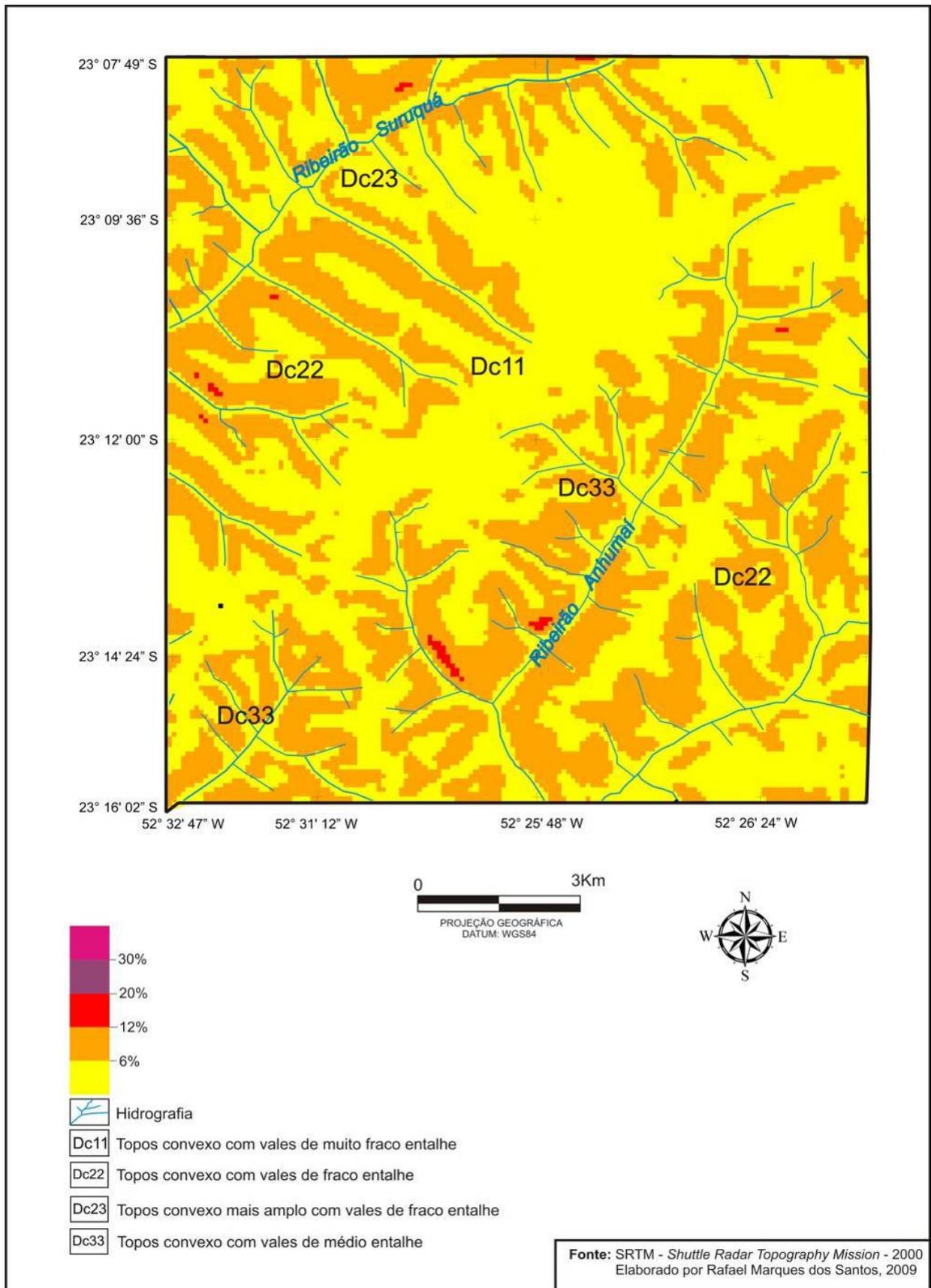


Figura 4. Declividade e padrões de forma de relevo do município de Tamboara – Paraná.

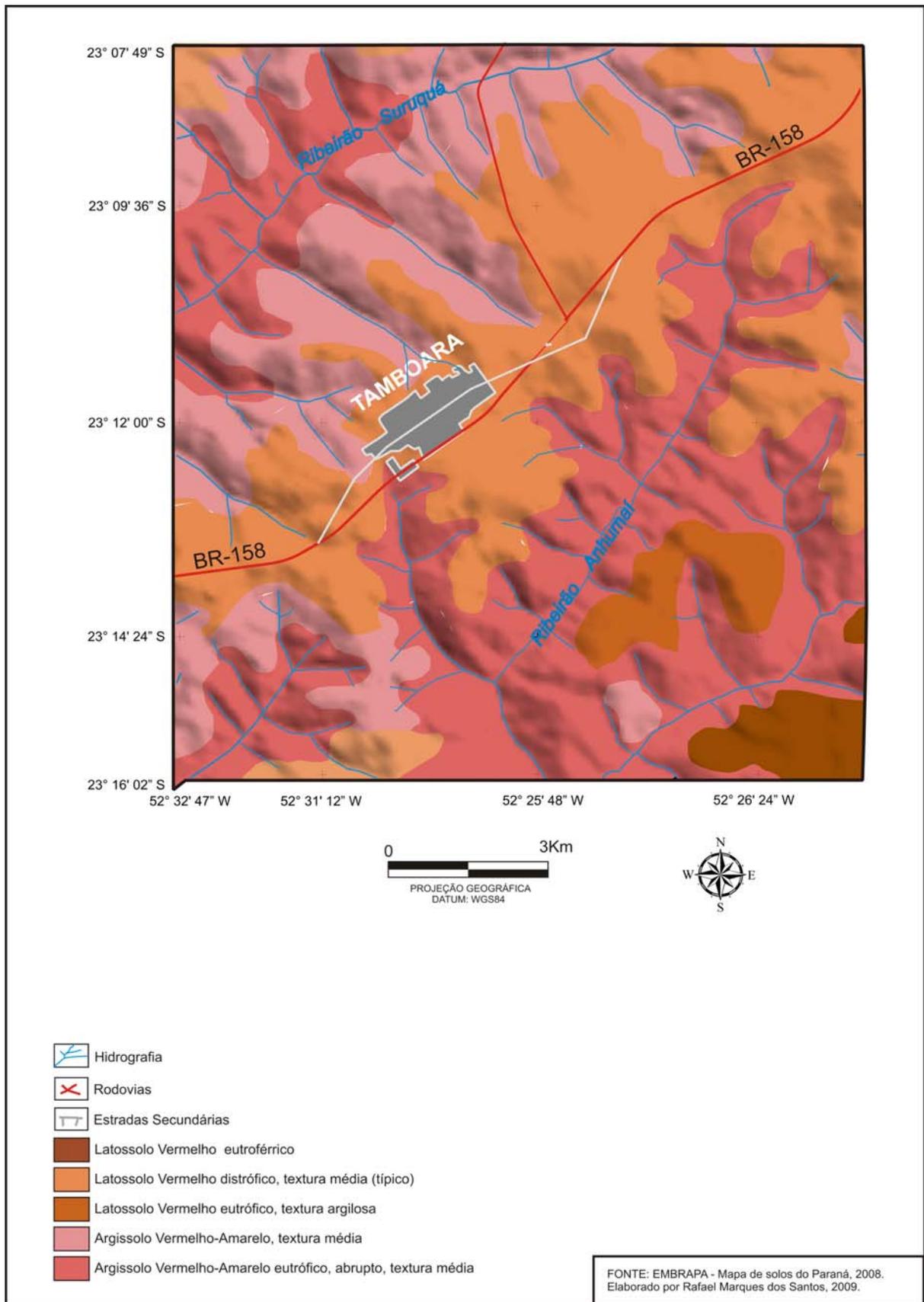


Figura 5. Solos do município de Tamboara – Paraná.

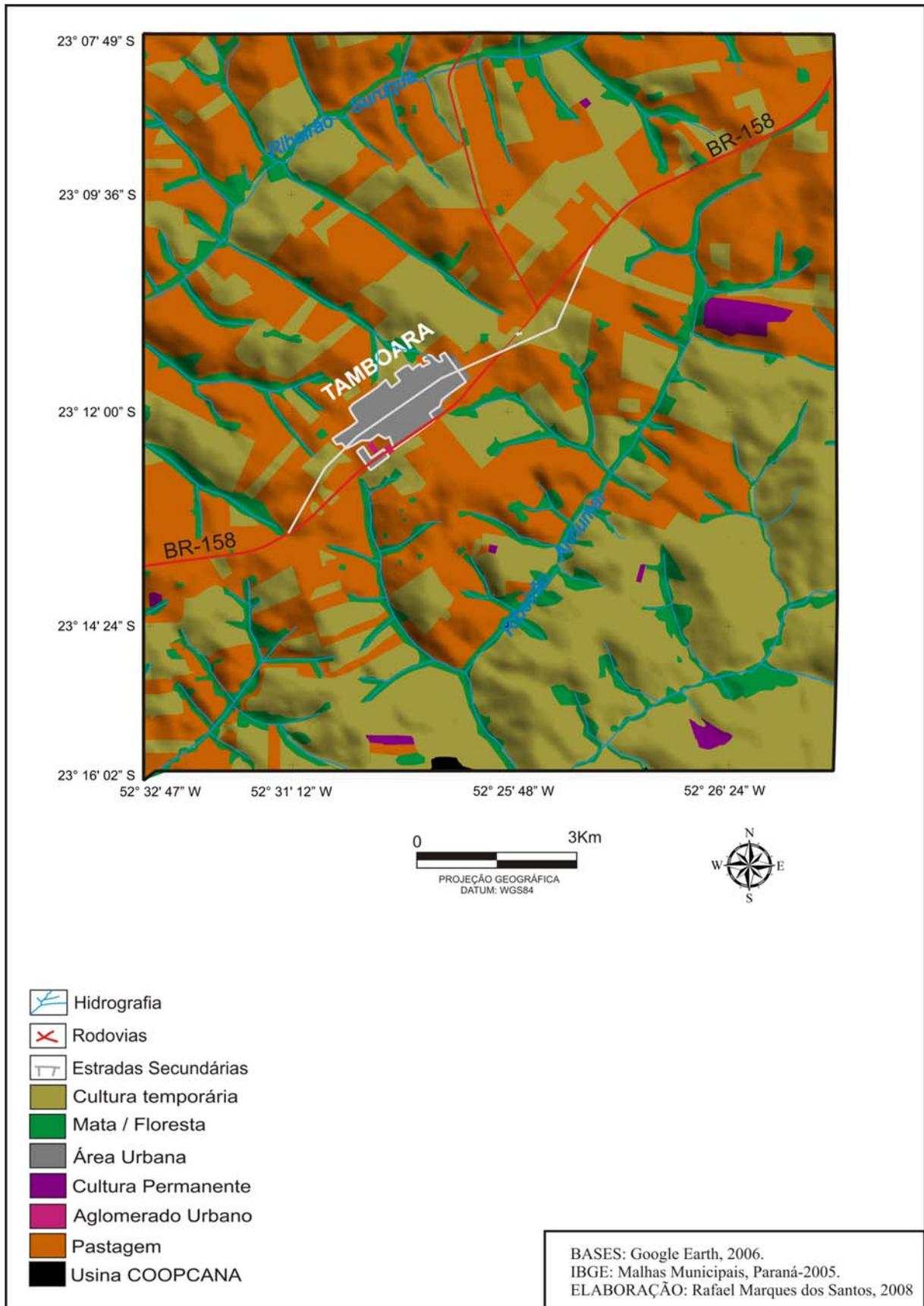


Figura 6. Uso do Solo do município de Tamboara – Paraná.

A diferença básica entre as duas propostas metodológicas é a escala de mapeamento e a adoção de critério determinante para a variação do grau de vulnerabilidade. Para as escalas de detalhe 1:2.000 a 1:25.000, o elemento significativo é a declividade, já para as escalas médias e pequenas, de 1:50.000 a 1:250.000, é o padrão de formas do relevo o critério determinante. O procedimento operacional é o mesmo nas duas propostas.

Em cada carta temática o elemento representado (padrão de relevo, declividade, solos, vegetação e uso do solo) é classificado, segundo critérios propostos pelo autor, com atribuição de um índice (atributo) para cada classe. Os graus de fragilidade são indicados, desta forma, por um número onde o primeiro dígito se refere à classe de declividade e/ou ao padrão de formas do relevo (de acordo com a escala adotada) e o seu grau de fragilidade; o segundo indica o grau de fragilidade do solo, e o terceiro o grau de fragilidade em função da cobertura vegetal e do uso. A variável cobertura vegetal/uso do solo indica as áreas onde o equilíbrio dinâmico foi rompido, provocando situações de risco e as áreas onde a estabilidade permanece (SPÖRL, 2001).

A definição dos graus de fragilidade ambiental é obtida a partir do cruzamento das cartas temáticas, na seguinte ordem:

- carta de declividades e/ou de padrão de formas de relevo x carta de solos, define os graus de fragilidade potencial (carta de fragilidade potencial – vulnerabilidade natural);

- carta de fragilidade potencial x carta de uso do solo, define os graus de fragilidade emergente (carta de fragilidade emergente – vulnerabilidade associada aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem).

Fragilidade emergente, além de considerar os elementos naturais, já constantes na fragilidade potencial, acrescenta-se o elemento humano, ou seja, uso e ocupação da terra, que se caracteriza pela maneira como o ser humano utiliza o solo..

Ross (1994) sistematizou uma hierarquia nominal de fragilidade representadas por códigos: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5). Estas categorias expressam especialmente a fragilidade do ambiente.

A carta de padrão de formas de relevo foi elaborada utilizando-se a matriz dos índices de dissecação do relevo (Tabela 1), apresentada por Ross (1992), baseada na relação da densidade de drenagem/distância interfluvial média para a dissecação no plano horizontal e nos graus de entalhamento dos canais de drenagem para a dissecação no plano vertical (KAWAKUBO *et al.*, 2005). As medidas de dimensão interfluvial

e/ou de densidade de drenagem foram realizadas sobre imagens SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission, 2000*) e do satélite Landsat 7 ETM + da área de estudo obtidas através do site: www.glcf.edu.gov, adotando-se a matriz dos índices de dissecação do relevo apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo

DIMENSÃO INTERFLUVIAL MÉDIA (CLASSES)	MUITO GRANDE	GRANDE	MÉDIA	PEQUENA	MUITO PEQUENA
ENTALHAMENTO MÉDIO DOS VALES (CLASSES)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	>3750m	1750m a 3750m	750m a 1750m	250m a 750m	<250m
MUITO FRACO (1) <20m	11	12	13	14	15
FRACO (2) 20 a 40m	21	22	23	24	25
MÉDIO (3) 40 a 80m	31	32	33	34	35
FORTE (4) 80 a 160m	41	42	43	44	45
MUITO FORTE (5) >160m	51	52	53	54	55

Fonte: ROSS, 1996 - Padrões de dissecação do relevo aplicável para escalas médias

Na carta clinográfica foram adotadas as classes de declividade com os intervalos definidos e graus de fragilidade (Tabela 2) atribuídos por (ROSS, 1994 e 1996).

Tabela 2 – Graus de Fragilidade em decorrência da Declividade

Atributo	Classes de Fragilidade	Percentual
1	Muito Fraca	até 6%
2	Fraca	de 6% a 12%
3	Média	de 12% a 20%
4	Forte	de 20% a 30%
5	Muito Forte	acima de 30%

Segundo o autor (*op cit*), para a determinação dos limites das classes de declividade foram considerados aqueles empregados nos estudos de capacidade uso/aptidão agrícola, associados com valores limites críticos conhecidos em geotecnia,

indicativos do vigor dos processos erosivos e dos riscos de escorregamentos/deslizamentos e inundações frequentes.

Tabela 3 –Graus de Fragilidade em decorrência do tipo de solo

Atributo	Classe de tipo de solo	Tipo de solo
1	Muito baixa	Latossolo Vermelho Eutroférico textura argilosa Latossolo Vermelho Eutrófico textura argilosa
2	Baixo	Latossolo Vermelho Distrófico textura média (Típico)
3	Médio	Nitossolo Vermelho
4	Forte	Argissolo Vermelho amarelo textura média/argilosa, Argissolo Vermelho-amarelo textura média e/ou abruptico, Argissolo Vermelho amarelo textura média,
5	Muito Forte	Cambissolos, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos, Gleissolos

Para a variável solo, o mesmo autor, com base nas características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais e, ainda, em resultados de diversas pesquisas e em dados obtidos em campo, propõe classes de fragilidade ou de erodibilidade dos solos, considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais (ROSS, 1996). Na Tabela 3 são indicados os graus de fragilidade para os tipos de solos que ocorrem na área de estudo e que serão adotados no desenvolvimento do projeto, com base nos atributos originalmente elencados por Ross (*op cit.*).

A carta de vegetação/uso do solo possibilita a análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal. Os graus de proteção dos solos conferidos pela cobertura natural ou cultivada propostos por Ross (1994) estão relacionados na Tabela 4.

Tabela 4 – Graus de Proteção por tipos de Cobertura Vegetal

Atributo	Graus de Proteção	Tipo de cobertura Vegetal
1	Muito Alta	Mata natural e florestas cultivadas com biodiversidade.
2	Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso. Formações arbustivas (mata secundária). Mata homogênea de Pinus densa. Pastagens cultivadas sem pisoteio.
3	Média	Cultivo de ciclo longo com práticas conservacionistas (café, laranja). Silvicultura de eucaliptos com sub-bosques de nativas. Pastagens com baixo pisoteio.
4	Baixa	Cultura de ciclo longo de baixa densidade (café, laranja) com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana-de-açúcar) com práticas conservacionistas.
5	Muito Baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado e gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens. Cultura de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Para as cartas de fragilidade potencial e emergente proposta nas duas metodologias, foi adaptada a metodologia de Ross (1994), sendo classificada de forma hierárquica por números. O primeiro número representa o grau de fragilidade ou dissecação do relevo, o segundo número ou grau de fragilidade dos solos e o terceiro número encontrado apenas na fragilidade emergente se refere ao grau de fragilidade do uso do solo, tendo combinações diferentes conforme o grau de fragilidade encontrado no cruzamento dos elementos.

A metodologia proposta por Crepani (2001) é baseada nas Unidades Territoriais Básicas - UTB's. Esta metodologia consiste primeiramente na elaboração de um mapa de Unidades Homogêneas de Paisagem ou Unidades Territoriais Básicas (UTB's), obtido através da análise integrada das cartas geológica, pedológica, declividade, uso do solo e clima, atribuindo-se, posteriormente, valores de 1 a 3 para cada elemento. As unidades de paisagem mais estáveis apresentarão valores próximo de 1,0, unidades com

fragilidades intermediárias com valor próximo de 2,0, e próximo de 3,0, as unidades com maior vulnerabilidade (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5. Avaliação da vulnerabilidade das unidades de Paisagem, conforme (CREPANI 2001)

Unidade	Relação pedogênese/morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Tabela 6. Escala de Vulnerabilidade das Unidades Territoriais Básicas (CREPANI, 2001)

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA	GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
			VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	3,0	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2	2,9		255	51	0	
U3	2,8		255	102	0	
U4	2,7		255	153	0	
U5	2,6	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	2,5		255	255	0	
U7	2,4		204	255	0	
U8	2,3		153	255	0	
U9	2,2	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	2,1		51	255	0	
U11	2,0		0	255	0	
U12	1,9		0	255	51	
U13	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	1,7		0	255	153	
U15	1,6		0	255	204	
U16	1,5		0	255	255	
U17	1,4	ESTÁVEL	0	204	255	
U18	1,3		0	153	255	
U19	1,2		0	102	255	
U20	1,1		0	51	255	
U21	1,0		0	0	255	

Conforme Crepani (2001), os atributos temáticos (Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima), compõe cada unidade básica, que recebe um valor final com o cruzamento desses atributos por uma equação empírica onde:

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5}$$

V= Vulnerabilidade

G= vulnerabilidade para o tema Geologia

R= vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S= vulnerabilidade para o tema Solos

Vg= vulnerabilidade para o tema Vegetação

C= vulnerabilidade para o tema Clima

Este cruzamento dos dados, foram utilizadas as tabelas elaboradas pelo autor (op cit) para atribuição dos pesos variando do mais estável ao instável na graduação de 1,0 a 3,0, para os atributos geologia, geomorfologia, solos, vegetação. (Tabelas 7, 8, 9, 10).

Tabela 7. Escala de Vulnerabilidade à Denudação das Rochas*

Geologia	Vulnerabilidade
Basalto (Formação Serra Geral)	1,5
Arenito Caiuá	2,4
Sedimentos Recentes	2,4

*Rochas encontradas na área de estudo

Tabela 8. Valores de Vulnerabilidade para Geomorfologia (declividade)

Decliv. (%)	Índices de Vulnerab.	Decliv. (%)	Índices de Vulnerab.	Decliv. (%)	Índices de Vulnerab.
<3,5	1,0	17,4 – 19,8	1,7	34,6 – 37,2	2,4
3,5 – 5,8	1,1	19,8 – 22,2	1,8	37,2 – 39,8	2,5
5,8 – 8,2	1,2	22,2 – 24,5	1,9	39,8 – 42,4	2,6
8,2 – 10,3	1,3	24,5 – 27,2	2,0	42,4 – 45,3	2,7
10,3 – 12,9	1,4	27,2 – 29,6	2,1	45,3 – 48,1	2,8
12,9 – 15,1	1,5	29,6 – 32,1	2,2	48,1 – 50	2,9
15,1 – 17,4	1,6	32,1 – 34,6	2,3	>50	3,0

Tabela 9. Valores de Vulnerabilidade dos Solos

Classificação de solos (EMBRAPA, 1999)	Índices de Vulnerabilidade
Latossolos Amarelos Latossolos Vermelho-Amarelos Latossolos Vermelhos Latossolos Vermelhos Latossolos Brunos Latossolos (...) Húmicos Latossolos Bruno (...) Húmicos	1,0
Argissolos Argissolos Luvisolos Alissolos Nitossolos Argissolos Luvisolos Alissolos Nitossolos Argissolos Nitossolos Luvisolos Chernossolos Chernossolos Chernossolos Planossolos Planossolos Espodossolos	2,0
Cambissolos	2,5
Neossolos Litólicos Neossolos Flúvicos Neossolos Regolíticos Neossolos Quartzarênicos Vertissolos Organossolos Gleissolos Gleissolos Plintossolos Gleissolos Plintossolos Plintossolos Plintossolos Plintossolos Afloramento Rochoso	3,0

Tabela 10. Valores de Vulnerabilidade da Vegetação*

Uso do Solo	Características	Peso
Mata (Submontana)	Floresta Estacional Semidecidual submontana	1,6
Pastagens	---	2,8
Cultura Permanente	Café, Laranja, etc	2,9
Cultura Temporária	Cana de Açúcar, Mandioca, Soja, Milho	3,0

*Vegetação encontrada na área de estudo

A base cartográfica foi elaborada com o auxílio do SIG (Sistema de Informação Geográfica), como o Global Mapper®, Envi®, Erdas®, ArcGis® e para finalização das cartas o software Corel Draw®. Sendo utilizada como base os dados SRTM (Suttle Radar Topographic Mission, disponibilizados gratuitamente pela NASA(National Aeronautics and Space Administration).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 A estrutura socioeconômica do município de Tamboara – PR

Segundo os dados dos censos do IBGE (Tabela 11 e Figura 7), a população do município correspondia, na década de 1970, a 9.793 habitantes, sendo que destes 24% residiam na área urbana e 76% na área rural. Na década seguinte, ocorreu uma redução significativa da população, em 46%, associada ao declínio da cultura cafeeira no norte do Estado e à implantação do novo modelo de produção agrícola.

Tabela 11. Evolução da população de Tamboara

População (número de habitantes)			
Ano	Total	Urbana	Rural
1970	9793	2370	7423
1980	5267	2333	2934
1991	4579	2850	1729
2000	4255	3384	871
2006	4016	-	-
2007	4564	-	-

(-) dados não disponíveis.

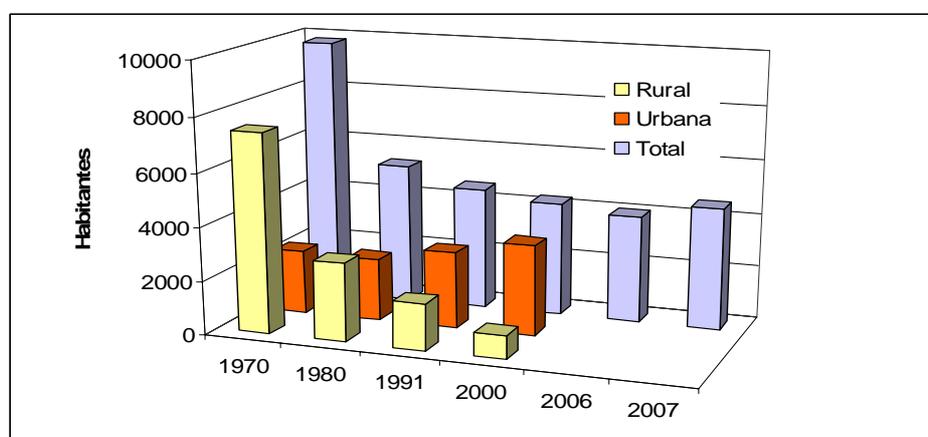


Figura 7. Evolução da população total, urbana e rural em Tamboara
Fonte: IBGE, consulta ao SIDRA em julho/2008

A agricultura mecanizada necessitava de fortes investimentos e muitos dos pequenos proprietários que não tinham condições de arcar com esses custos, ou obter os financiamentos necessários para adotar esse novo modelo, foram compelidos a vender suas propriedades promovendo, de um lado, uma migração da população da área rural para a área urbana das cidades maiores e mesmo para outras regiões, e de outro, a alteração na estrutura fundiária com a forte concentração de terras nas mãos daqueles que permaneceram ou ingressaram no novo sistema.

Os dados da Tabela 11 e o gráfico (Figura 7) mostram como a evolução da população ocorreu ao longo das últimas décadas no município. A partir da forte diminuição indicada pelos dados de 1980, verifica-se que a perda maior foi na população rural, enquanto que a urbana praticamente não se alterou, em termos numéricos. Isso indica que essa população rural migrou efetivamente do município. Nas décadas seguintes, observa-se que a população total continuou diminuindo, mas com taxas mais reduzidas. Entretanto, verifica-se agora, uma forte saída do campo em direção à área urbana do próprio município. No ano de 2000, a população total correspondia a 4.255 habitantes e destes 79,5% estavam na área urbana, enquanto que apenas 20,5% permaneciam na área rural.

Em 2006, a contagem realizada pelo IBGE, indicou para o município uma população de 4.016 habitantes, mantendo a tendência de declínio populacional observada anteriormente, mas agora em ritmo desacelerado. Entretanto, a nova contagem realizada em 2007 indicou uma população de 4564 habitantes, evidenciando um sensível aumento populacional.

Esses fatos podem ser explicados através da análise da conjuntura regional passada e presente. Na década de 1950, a crescente demanda mundial pelo café, somada aos efeitos de três grandes geadas em 1951, 1953, 1955, elevaram artificialmente os preços do produto, estimulando a expansão da produção. Com isto, a cafeicultura regional apresentou um dos crescimentos mais notáveis da história da cafeicultura (MORO, 1991), o que foi acompanhado pelo crescimento populacional apresentado pela grande parte dos municípios na sua fase de formação.

Por outro lado, é fato também que em escala mundial, a atividade já vinha sendo ameaçada, desde o início dos anos 1950 pela concorrência de outros produtores, pelo crescimento dos estoques reguladores, e o aumento da área plantada, o que pouco mais tarde levaria a uma super produção com conseqüente queda dos preços (ANDRADE, 2005, p.46)

Segundo Moro (1991) a geada de 17 de junho 1975, de grande intensidade, comprometeu severamente a cafeicultura regional que conjugada a outros fatores e sem os estímulos governamentais de antes, entrou em queda, incapaz de se recuperar. Começava nesta época um novo processo de profundas mudanças na região e no município, alterando completamente o perfil social e econômico regional, com queda significativa da população dos pequenos municípios, o que também se verificou em Tamboara, e com significativo êxodo rural.

Depois desse grande impacto com o declínio do café e a implantação das culturas mecanizadas nas áreas sobre o basalto e a pecuária, nas áreas sobre o arenito Caiuá, preferencialmente, se estabelece, como foi visto, a migração interna no município com a transferência da maior parte da população rural restante para a área urbana.

Por outro lado, a reversão na tendência da queda da populacional total registrada pela nova contagem realizada pelo IBGE em 2007, demonstrando no ano de 2007 o aumento de 13,6% da população, podendo – se atribuída à nova fase de desenvolvimento agrícola que acontece na região Noroeste com a introdução da cultura da cana-de-açúcar. O manejo da cana-de-açúcar na região, desde a plantação até a colheita, aumentou a demanda da mão de obra. Esse efeito foi gerado pela instalação da usina COOPCANA, no município vizinho de São Carlos do Ivaí, junto à suas divisas. Durante a entre safra da cana-de-açúcar os trabalhadores rurais envolvidos nessa cultura recebem um tipo de seguro desemprego, para que fiquem na própria cidade. Atribui-se, desta forma, a esse novo sistema de produção um significativo crescimento populacional para o município de Tamboara.

A base econômica do município é essencialmente agropecuária, com predomínio da criação de gado sobre as demais atividades. Os dados do Censo Agropecuário de 1995-1996 do IBGE mostram que 77,67% da área era ocupada por pastagens e 19,83% por lavouras temporárias e permanentes. Os dados do Censo Agropecuário do IBGE de 2006 indicam que, apesar de ter sofrido uma redução, as pastagens ainda são predominantes e ocupam 66,25% da área, enquanto que 28,9% se destinam a culturas permanentes e temporárias (Tabela 12).

Atualmente, entre as culturas temporárias, a mais importante é a da cana-de-açúcar, que ocupa a maior área e apresenta o maior valor de produção, seguida da mandioca, milho e soja, as duas últimas com pequena participação.

Na Tabela 13 são apresentados os dados de área ocupada pelas principais culturas no município. Os dados mostram que em 1996 a mandioca, seguida da cana de açúcar, eram as principais culturas em termos de área plantada, tendo ao lado a participação do milho, café, soja e laranja. Em 2006 as relações se alteram, passando a cana de açúcar a ocupar a maior área, mais que triplicando a sua extensão, passando de 905 para 3456 ha. O milho também apresentou um crescimento significativo nesse período, chegando a ultrapassar a área da mandioca. O café sofreu uma pequena redução e a laranja, em termos proporcionais, foi bastante diminuída. A soja apresentou crescimento, mas não acompanhou o mesmo ritmo do milho.

Tabela 12. Utilização da Terra no município de Tamboara – PR.

Utilização da Terra	1995-1996	2006
Lavoura Permanente	2,01%	2,04%
Lavoura Temporária	17,82%	26,86%
Pastagem	77,67%	66,25%
Matas/Florestas	40,93%	21,57%

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário 1995-1996 e Censo Agropecuário 2006 (dados obtidos através do SIDRA)

O forte aumento observado na cana de açúcar, como mostram os dados da Tabela 13, não ocorreu em substituição às outras culturas, ele aparece em detrimento da redução das pastagens. Essa observação foi confirmada pelo trabalho de campo realizado.

Tabela 13. Evolução da área ocupada pelas culturas

Culturas (permanentes e temporárias)	Área plantada (em hectares)	
	1995-1996	2006
Café	170	145
Cana	905	3456
Laranja	45	29
Mandioca	1060	900
Milho	310	1150
Soja	100	400

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário 1995-1996 e Censo Agropecuário 2006 (dados obtidos através do SIDRA)

Como pode ser observado na Tabela 14, o avanço da cana-de-açúcar em área plantada, vem se confirmando ao longo do tempo, como mostram os dados de 2005 e 2006, enquanto que a mandioca, apresenta uma forte redução na sua área plantada, cerca de 38%. Além da expansão da área ocupada pela cana, observa-se que a produção também obteve um grande aumento em toneladas no ano de 2006, cerca de 46,1% maior que em 2005, sendo reflexo da maior demanda do mercado.

Tabela 14. Principais culturas temporárias em Tamboara – PR

Culturas	Cana-de-Açúcar		Mandioca	
	2005	2006	2005	2006
Anos				
Produção (Tonelada)	217.311	317.555	30.885	23.600
Área Plantada (Hectare)	2.860	3.456	1.450	900
Rendimento Médio (Kg/Hectare)	75.982	91.885	21.300	26.222

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário 1995-1996 e Censo Agropecuário 2006 (dados obtidos através do SIDRA)

Conforme dados da SEAB (Secretária da Agricultura e do Abastecimento do Paraná), ao longo de 2005, o estado do Paraná contribuiu com 9,4% no volume de comércio internacional de exportação de açúcar e de 31,8% em álcool. A concentração da produção sucroalcooleira paranaense, segundo a SEAB, está distribuída pelas regiões

de Umuarama com 30%, Maringá 16%, Jacarezinho e Paranavaí 13% (onde se insere o município de Tamboara) cada uma, Londrina 11%, Cornélio Procópio 5%, Campo Mourão 4%, Apucarana e Ivaiporã com 3% cada uma delas.

Conforme dados da SEAB a redução na área plantada de mandioca se dá pelo baixo preço no mercado no referido ano, fazendo com que esta cultura seja substituída por uma mais rentável, como o caso do cultivo de cana de açúcar.

Já entre as culturas permanentes (Tabela 15) no município de Tamboara, as que mais se destacam são o cultivo de Café, este resquício da década de colonização, e também o cultivo de laranja, sendo esses os principais.

Tabela 15. Principais culturas permanentes em Tamboara – PR

Culturas	Café		Laranja	
	2005	2006	2005	2006
Anos				
Produção (Tonelada)	218	218	837	945
Área Plantada (Hectare)	145	145	27	29
Rendimento Médio (Kg/Hectare)	1.503	1.503	31.000	32.586

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário 1995-1996 e Censo Agropecuário 2006 (dados obtidos através do SIDRA)

O café se manteve, entre os anos de 2005 e 2006 estável, a sua área plantada ou sua produção, o cultivo de laranja ocorreu um ligeiro aumento na sua área plantada cerca de 7,4% de 2005 para 2006. Já o aumento na produção por tonelada do ano de 2005 para 2006 foi mais expressiva cerca de 12,9%. Segundo o SEAB, se deve ao reflexo das instalações de indústrias esmagadoras que produzem suco concentrado e congelado, produção está destinada ao mercado externo e interno.

5.2 Análise das Fragilidades

5.2.1 Metodologia 1 - Mapas de Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente com apoio nas classes de declividade

A carta de fragilidade potencial de Tamboara (Figura 8), evidencia que os topos dos interflúvios, sobretudo aquele entre o ribeirão Suruquá e o ribeirão Anhumai, apresentam declividades inferiores a 6%, o que corresponde, segundo o método adotado, a uma fragilidade muito fraca. Nessas áreas ocorrem os Latossolos Vermelhos, mas que apresentam texturas variadas em virtude da zona de contato arenito/basalto. Assim, a fragilidade é classificada como muito baixa quando nessas áreas ocorrem o Latossolo Vermelho férrico ou o Latossolo Vermelho de textura mais argilosa, enquanto que a presença de Latossolos Vermelhos de textura média implica em um aumento da fragilidade, que passa a ser considerada como média. A maior parte dos topos exibe, considerando-se declividade x solos, uma fragilidade média, com exceção dos topos situados na porção sudeste, no compartimento designado como Vale do Anhumai, onde ocorre o basalto e os solos apresentam textura mais argilosa. Aí elas se mantêm como muito baixa e baixa.

Ao longo das vertentes, desde a alta até a baixa vertente, as declividades variam entre 6% e 12%, o que confere uma fragilidade fraca. Entretanto, estão recobertas pelos Argissolos que, por suas características pedológicas, se apresentam mais vulneráveis aos processos erosivos do que os Latossolos. Essa vulnerabilidade é, como no caso dos primeiros, acentuada pela textura. Desse modo, apesar da fragilidade fraca resultante da declividade, os solos conferem à maior parte dessas vertentes, uma fragilidade forte, quando apresentam textura média (mais arenosa) e moderada quando exibem textura mais argilosa (vertentes do compartimento Vale do Anhumai, sobre o basalto).

Declividades entre 12% e 20% só foram observadas em pequenas áreas, isoladas, localizadas principalmente na baixa vertente. Os segmentos mais extensos ocorrem ao longo das vertentes do ribeirão Suruquá e dos seus tributários. As vertentes da margem direita do ribeirão Anhumai, também exibem segmentos de maior declividade, só que menos contínuos, ora na média, ora na baixa vertente. São setores que apresentam fragilidade média e também estão recobertos pelos Argissolos. Como na situação anterior, esses solos acentuam a fragilidade, conferindo grau forte quando se trata de Argissolos de textura média e moderado para os de textura mais argilosa.

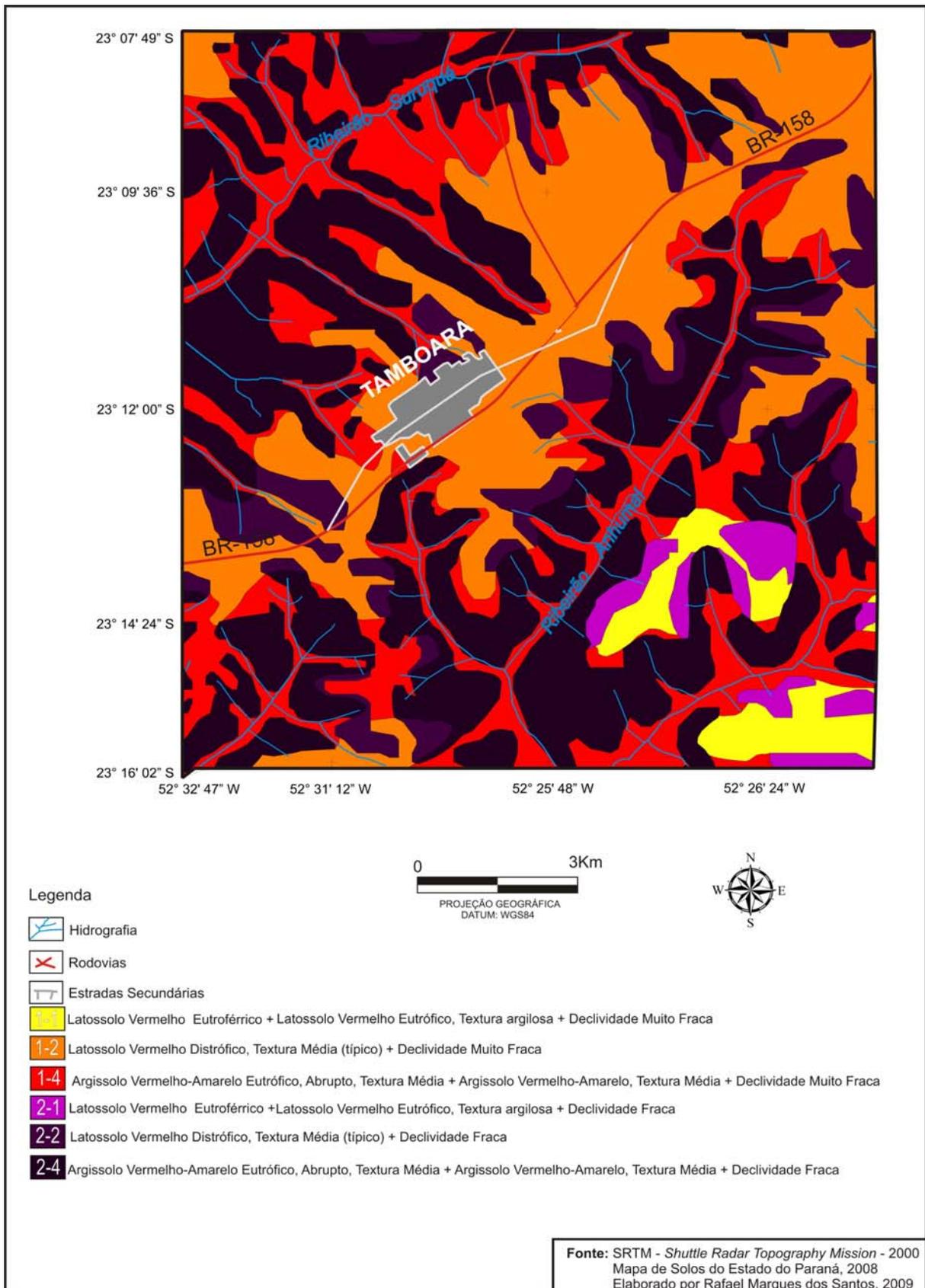


Figura 8. Mapa de Fragilidade Potencial do município de Tamboara – Paraná.

A maior parte do município de Tamboara está ocupada por pastagens e culturas temporárias, representadas pela cana-de-açúcar e mandioca, principalmente. A cana-de-açúcar ocupa de forma mais contínua e se constitui em atividade predominante na porção SE do município, no compartimento Vale do Anhumai, enquanto que a pastagem com as culturas temporárias entremeadas ocorre no restante da área. Para a fragilidade emergente (Figuras 9 e 10), as culturas temporárias conferem um grau de proteção baixo a muito baixo, dependendo se na área ocorre práticas de atividades conservacionistas, enquanto que as pastagens conferem um grau de proteção médio a alto, dependendo da intensidade do pastoreio.

Deste modo, observa-se que apesar da fragilidade potencial muito fraca a fraca que ocorre no Vale do Anhumai, em virtude da textura mais argilosa dos seus solos, a atividade agrícola constituída predominantemente por cultivos temporários atribui a esse meio uma fragilidade ambiental emergente mais elevada do que para as áreas recobertas por pastagem.

No restante da área do município, a fragilidade potencial é mais elevada em decorrência dos solos de textura média. Quando essas áreas estão ocupadas por pastagem com baixo pisoteio a fragilidade emergente é amenizada pelo grau de proteção alto a médio conferido por esse uso. Entretanto, quando são submetidas a cultivos temporários, aumenta a sua vulnerabilidade.

A maior parte da área do município possui solos de textura arenosa em decorrência da sua litologia, sendo ela o arenito Caiuá. Por este motivo poderíamos considerar esta área proveniente de solos mais arenosos como mais susceptíveis a ocorrência de processos erosivos, na fragilidade emergente esta porção encontra-se mais estável do que a proveniente de solos mais argilosos, em decorrência do uso do solo, em sua grande maioria ocupada por pastagens de baixo pisoteio, principalmente no platô elevado de Tamboara, dando assim um grau maior de proteção a esta área, associado também a baixa declividade de 0 a 6%, sendo classificada segundo a metodologia adotada como de grau muito fraco.

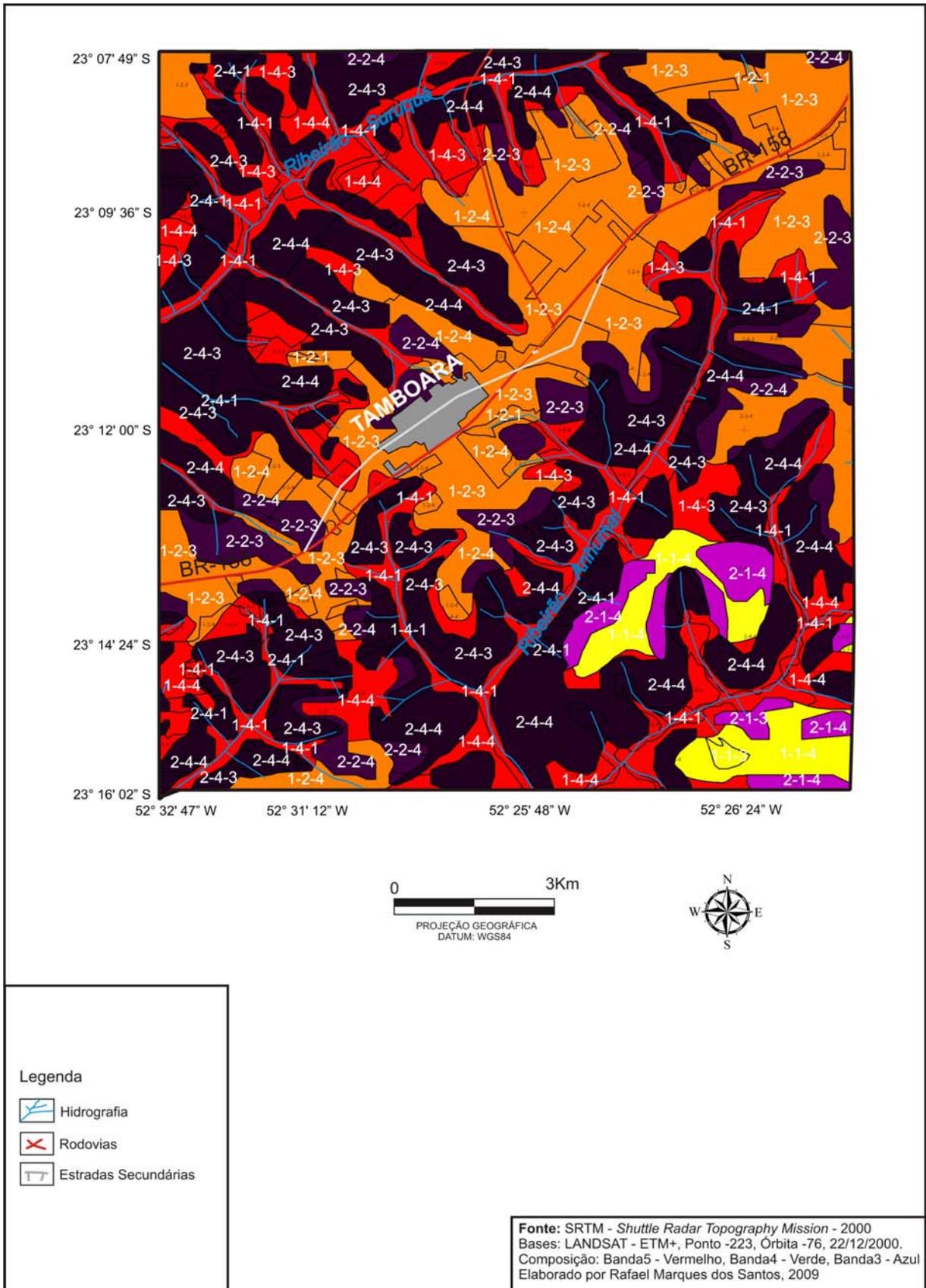


Figura 9 . Mapa de Fragilidade Emergente do município de Tamboara – Paraná.

Figura 10. Legenda Integrada do Mapa de Fragilidade Emergente

Fragilidade Potencial		Fragilidade Emergente	
Cor	Características		Características
1-1	Declividade Muito Fraca, com presença do Latossolo Vermelho Eutrófico e Latossolo Vermelho Eutrófico	1-1-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		1-1-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
1-2	Declividade Muito Fraca, com presença do Latossolo Vermelho Distrófico, Textura Média (típico)	1-2-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		1-2-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		1-2-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
		1-2-5	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens
1-4	Declividade Muito fraca, com presença do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Abrupto, Textura Média e Argissolo Vermelho-Amarelo, Textura Média	1-4-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		1-4-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		1-4-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
2-1	Declividade Fraca, com presença do Latossolo Vermelho Eutrófico e Latossolo Vermelho Eutrófico	2-1-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		2-1-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
2-2	Declividade Fraca, com presença do Latossolo Vermelho Distrófico, Textura Média (típico)	2-2-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		2-2-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		2-2-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
2-4	Declividade fraca, com presença do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Abrupto, Textura Média e Argissolo Vermelho-Amarelo, Textura Média	2-4-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		2-4-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		2-4-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)

5.2.2. Metodologia 2 – Mapas de Fragilidade Potencial e Emergente com apoio no mapa grau de dissecação do relevo

A carta de padrão de formas de relevo ou carta de dissecação do relevo (Figura 11), utilizando-se a matriz dos índices de dissecação do relevo (Tabela 1, pag. 21), apresentada por Ross (1992), se fundamenta na relação da densidade de drenagem/distância interfluvial média, definindo assim diferentes intensidades dos padrões de dissecação do relevo. Utilizando o programa de geoprocessamento Global Mapper como ferramenta de análise, mensurou-se a medida entre um canal e outro. Para a determinação da distância interfluvial foram realizadas medidas sempre entre os cursos de segunda ordem e nos seus setores médios. Nos mesmos segmentos foram medidos, também, os entalhes. No caso dos entalhes gerou-se de curvas de níveis como suporte, registrando-se a diferença altimétrica entre o ponto mais alto e mais baixo entre os canais da rede de drenagem. Com estas medidas foi possível aplicar a matriz dos índices de dissecação do relevo, aplicável para escalas médias, apresentada e adaptada por Ross (1992), a partir daquela empregada pelo Projeto RADAM Brasil.

Concomitantemente à determinação do grau de dissecação procedeu-se à identificação dos padrões de formas, como propostos na Tabela 15, apresentada por Ross (1996).

Tabela 15. Padrões de Formas de Relevo

FORMAS DE DENUDAÇÃO	FORMAS DE ACUMULAÇÃO
D – Denudação (erosão)	A – Acumulação (deposição)
Da – Formas com topos aguçados	Apf – Formas de planície fluvial
Dc – Formas com topos convexos	Apm – Formas de planície marinhas
Dt – Formas com topos tabulares	Apl – Formas de planície lacustre
Dp – Formas de superfície planas	Api – Formas de planície intertidal (mangue)
De – Formas de escarpas	Ad – Formas de campos de dunas
Dv – formas de vertentes	Atf – Formas de terraços fluviais
	Atm – Formas de terraços marinhos

Como pode ser observado na carta de dissecação elaborada (Figura 11), verifica-se que os graus de entalhamento variaram de muito fraco a médio, enquanto que a dimensão interfluvial média variou de muito grande a média. Com relação aos padrões

de formas de relevo encontra-se em toda área formas denudacionais (erosão) de topos convexos (Dc). Cerca de 57 km² da área apresentou índice de 11, localizado na parte central do município denominada de platô elevado de Tamboara, onde esta instalada a área urbana da cidade, representando assim uma área de topo plano com baixa densidade de drenagem e com grau de entalhamento muito fraco, sendo que o primeiro número da matriz representa o entalhamento médio dos vales e o segundo número representa a dimensão interfluvial médio entre os canais.

No vale do ribeirão Anhumá, no setor sudeste do município, cerca de 51,5 km² apresentou o índice 22, indicando grau de entalhamento baixo e dimensão interfluvial grande. O entalhamento varia de 40 a 80m, correspondendo em termos gerais a um compartimento rebaixado, constituído por colinas médias, com topos arredondados e vertentes longas convexo-retilíneas. Entretanto, nas vertentes da margem esquerda do ribeirão Anhumá, ocorre uma área com cerca de 30 km² de área onde o índice de dissecação é 33 - grau de entalhamento médio, variando de 80 a 160m, e dimensão interfluvial média. Esta área é a que apresenta o grau de entalhamento mais alto de todo o município. No setor noroeste, onde se encontra o ribeirão Suruquá, o índice aparece como 23, correspondendo a um grau de entalhamento fraco, mas com dimensão interfluvial média. Nessa área ocorre um padrão de drenagem paralela com distancias mais curtas entre os canais.

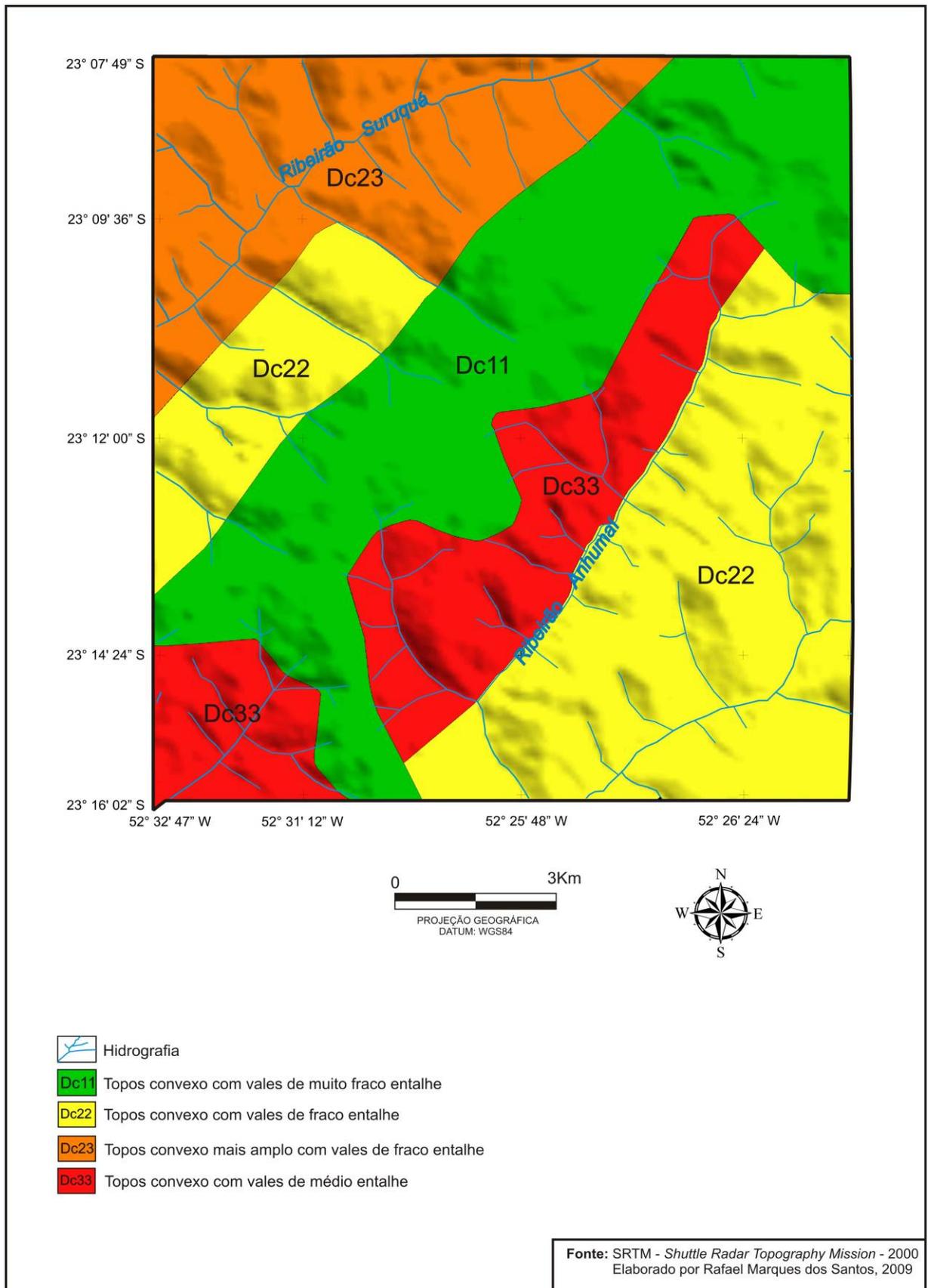


Figura 11. Mapa de dissecação do município de Tamboara – Paraná.

A carta de Fragilidade Potencial (Carta de dissecação X Solos - Figura 12), do município de Tamboara, evidenciou na área central do município, compartimento denominado de Platô Elevado de Tamboara, muito baixo grau de fragilidade, com vales de entalhe muito fraco, associados predominantemente à presença do Latossolo Vermelho distrófico, textura média (típico), derivados do arenito Caiuá. Este setor, mesmo tendo solos arenosos, é considerado, em função do seu grau de dissecação, o de mais baixa fragilidade, ou seja, o setor mais estável. É aqui que está instalada a área urbana do município de Tamboara.

No setor sudeste de Tamboara, no vale do ribeirão Anhumá, na margem direita, identifica-se grau de fragilidade baixo. Os vales apresentam fraco entalhe e estão associados preferencialmente a solos de textura argilosa e, secundariamente, textura média, o que gera uma variação no grau de fragilidade. Os solos arenosos como foi evidenciado a presença do Argissolo Vermelho-Amarelo, textura média e do Latossolo Vermelho distrófico, textura média (típico) são mais susceptíveis a processos de erosão por isso o seu grau de fragilidade é maior em relação àqueles de textura argilosa, como Latossolo Vermelho eutrófico, textura argilosa, sendo estes mais estáveis e, portanto, menos susceptíveis a processos erosivos.

Por se tratar de uma área de contato arenito/basalto, as variações texturais dos solos se mostraram muito importantes na definição do grau de fragilidade, já que a área é relativamente homogênea, tendo pouca variação na dissecação do relevo.

A área que abrange o vale do ribeirão Suruquá, é a que apresenta o maior grau de fragilidade no município. Apresenta entalhe fraco a médio, com distâncias interfluviais predominantemente médias. Este setor é considerado instável na fragilidade potencial, por estar associado aos maiores graus de dissecação e solos de textura arenosa, sendo, portanto, mais susceptível a processos erosivos.

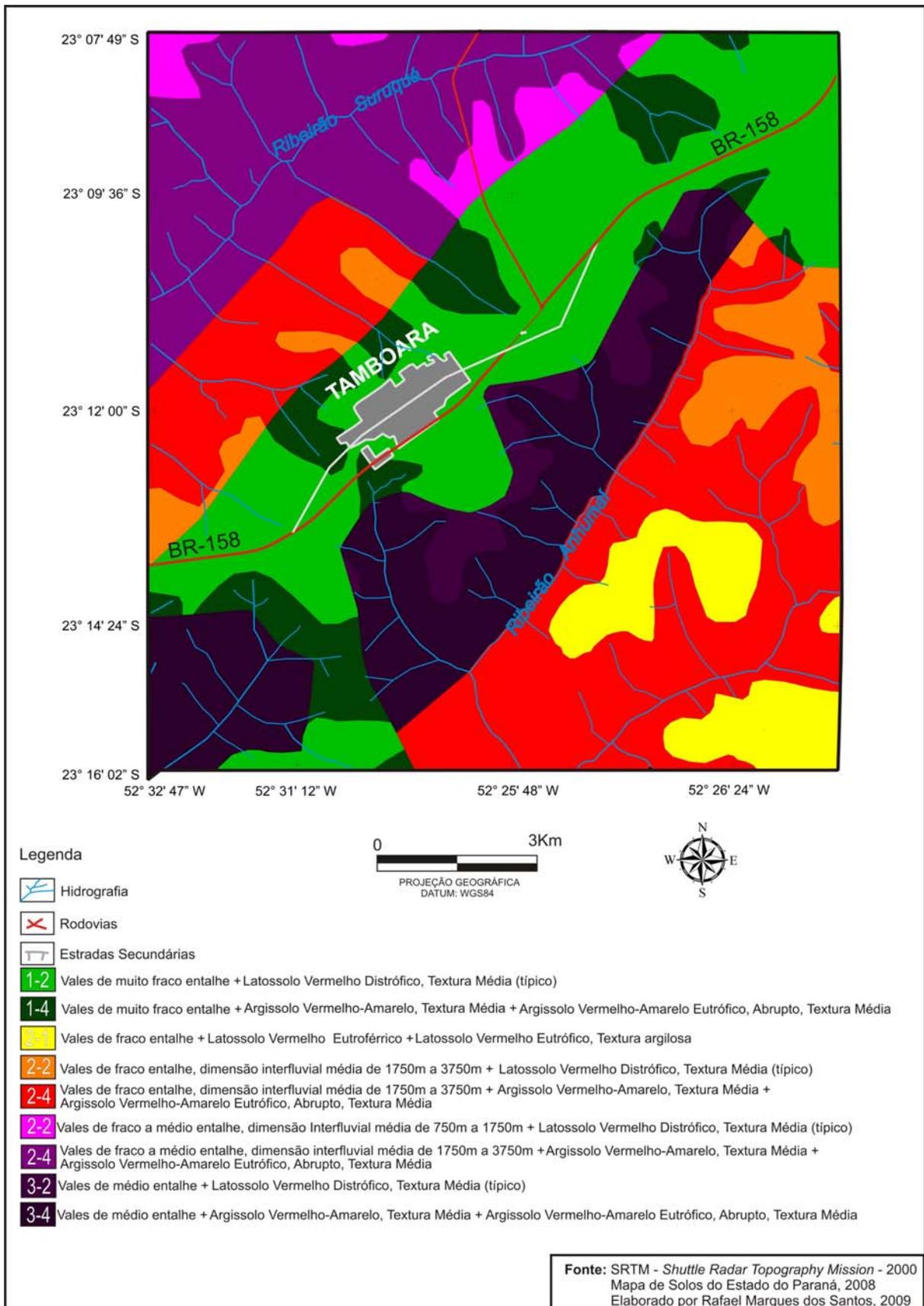


Figura 12. Mapa de Fragilidade Potencial (Dissecação x Solos) do município de Tamboara – Paraná.

Com relação à Fragilidade Emergente (Fragilidade Potencial x Uso do Solo - Figuras 13 e 14), constatou – se que no vale do ribeirão Suruquá, onde se verifica a fragilidade potencial mais alta no município, ocorre na maior parte da área o uso do solo com pastagens de baixo, o que ameniza, de certo modo, o seu grau de fragilidade, pois as pastagens com baixo pisoteio do gado, correspondem a um grau médio de fragilidade, dando assim mais estabilidade a este setor.

No vale do ribeirão Anhumáí, que apresenta baixo grau de dissecação e de fragilidade potencial, onde ocorre principalmente a presença de solos argilosos, na fragilidade emergente o grau de fragilidade é maior por conta do seu uso do solo que, de forma homogênea, e por influência da proximidade com a Usina de beneficiamento de cana-de-açúcar COOPCANA, neste setor domina a cultura temporária. A principal cultura temporária no local é a cana-de-açúcar, acrescentando assim um maior grau de fragilidade.

Já a parte central do município é a área mais estável em virtude de apresentar entalhe muito baixo nos vales, grau de fragilidade muito baixa, apresentando como principal forma de uso do solo, a pastagem, considerada de médio grau de fragilidade.

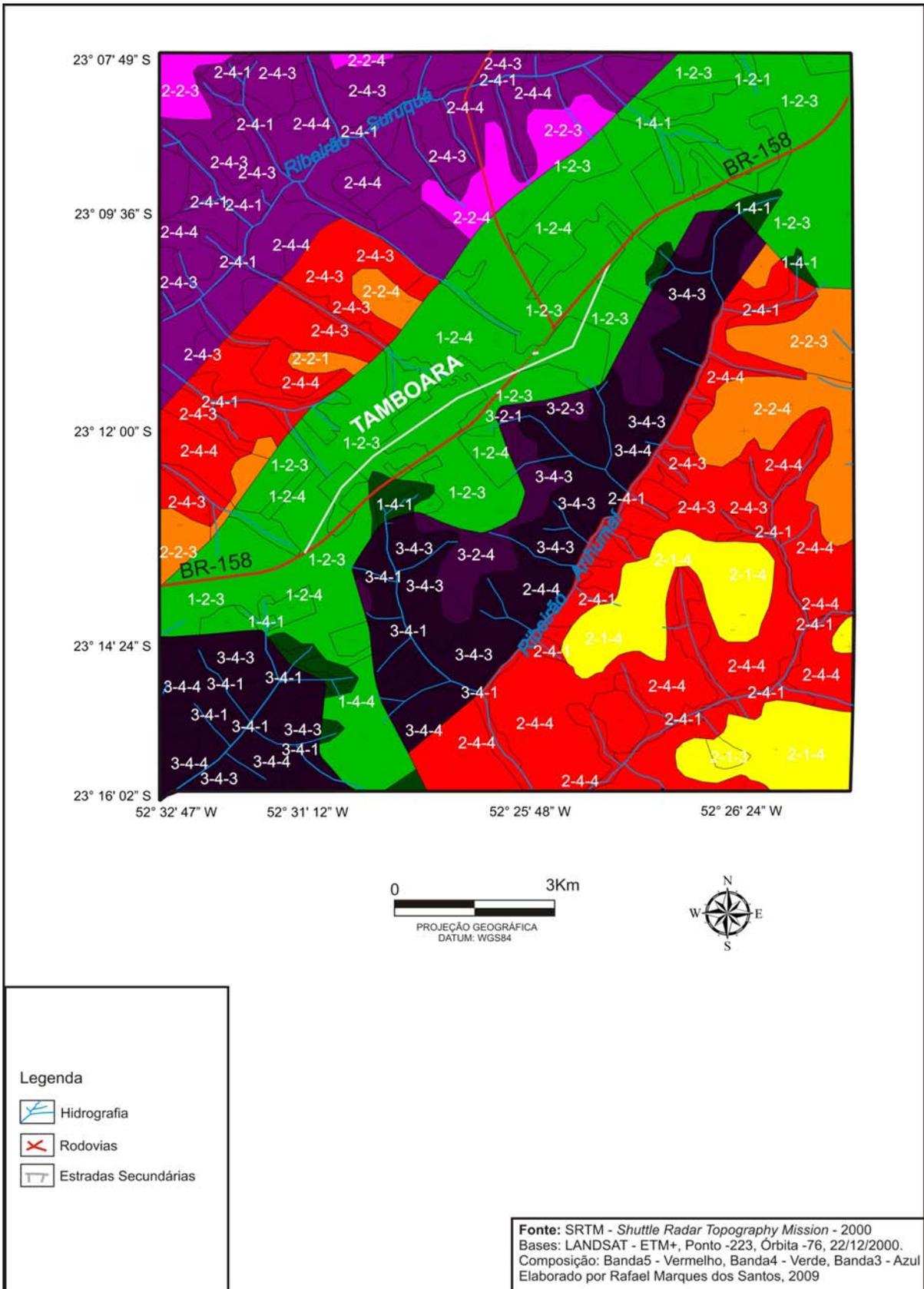


Figura 13. Mapa de Fragilidade Emergente (Dissecação x Solos) do município de Tamboara – Paraná.

Figura 14. Legenda Integrada do Mapa de Fragilidade Emergente

Fragilidade Potencial		Fragilidade Emergente	
Cor	Características		Características
1-2	Vales de muito fraco entalhe, com a presença do Latossolo Vermelho Distrófico, Textura Média (típico)	1-2-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		1-2-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		1-2-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
1-4	Vales de muito fraco entalhe, com a presença do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Abrupto, Textura Média e Argissolo Vermelho - Amarelo, textura média	1-4-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		1-4-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		1-4-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
2-1	Vales de fraco entalhe, com a presença do Latossolo Vermelho Eutrófico e Latossolo Vermelho Eutrófico, textura argilosa	2-1-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		2-1-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
2-2	Vales de fraco entalhe, Dimensão interfluvial de 1750 a 3750, com a presença, do Latossolo Vermelho Distrófico, Textura Média (típico)	2-2-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		2-2-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		2-2-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
2-4	Vales de fraco entalhe, Dimensão interfluvial de 1750 a 3750, com presença do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Abrupto, Textura Média e Argissolo Vermelho-Amarelo, Textura Média	2-4-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		2-4-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		2-4-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
2-2	Vales de fraco a médio entalhe, Dimensão interfluvial de 750 a 1750, com a presença do e Latossolo Vermelho Distrófico, Textura Média (típico)	2-3-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		2-3-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		2-3-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
2-4	Vales de fraco a médio entalhe, Dimensão interfluvial 750m a 1750m ,com presença do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Abrupto, Textura Média e Argissolo Vermelho-Amarelo, Textura Média,	2-4-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		2-4-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		2-4-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
3-2	Vales de médio entalhe, com presença do Latossolo Vermelho Distrófico, Textura Média (típico)	3-2-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		3-2-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		3-2-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)
3-4	Vales de médio entalhe, com presença do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Abrupto, Textura Média e Argissolo Vermelho-Amarelo, Textura Média	3-4-1	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Mata
		3-4-3	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com Pastagens
		3-4-4	Fragilidade Potencial mais o Uso do Solo com culturas de ciclo curto (milho, soja, algodão, mandioca, cana de açúcar)

5.2.3. Metodologia 3 – Mapa de Vulnerabilidade natural à perda de solo proposto por Crepani (2001)

A carta de Fragilidade ou Vulnerabilidades proposta por Crepani (2001), (Figura 15), utilizando-se as tabelas de atributos composta por um peso para cada variável, se fundamenta na relação morfogênese/pedogênese e pedogênese/morfogênese. Utilizando o programa de geoprocessamento Global Mapper e Arcgis como ferramenta de análise, elaborou-se toda a base nos dois programas. Posteriormente, no Arcgis, foram atribuídos os pesos aos elementos encontrados na área de estudo, de acordo com as tabelas propostas por Crepani (2001). Com as bases já preparadas com seus devidos pesos, deu-se início ao cruzamento das variáveis através da ferramenta *Raster Calculator* encontrada no ambiente *Spatial Analyst* do Arcgis, resultando assim em uma produto síntese. Na área de estudo com aplicação da metodologia proposta produziu-se as tabelas referentes aos elementos que formam a paisagem. Para o tema geologia por ser uma área de contato encontrou-se a rocha basalto e arenito da Formação Caiuá, representados na Tabela 07 (Pág. 25). Com relação aos solos, na área de pesquisa ocorrem quatro tipos que estão representados na figura 5 (Pág. 18) e na tabela 16. Para a cobertura vegetal, foram encontradas quatro variações de vegetação ou uso do solo, representados na figura 06 (Pág 19) e tabela 10 (Pág. 26). A variável geomorfologia, representada aqui pela declividade, apresenta na área uma variação de 0 – 19%, de acordo com os intervalos adotados, tenho uma variação nos pesos de 1,0 a 1,7 representados na Tabela 8 (Pág. 25).

Tabela 16. Vulnerabilidade de solos da área do estudo

Solos	Peso
Latossolo Vermelho Eutrófico	1
Latossolo Vermelho Distroférico, textura média	1
Latossolo Vermelho Eutrófico, textura argilosa	1
Argissolo Vermelho – Amarelo, textura média	2
Argissolo Vermelho – Amarelo Eutrófico, Abrupto	2

Com o cruzamento destas variáveis e aplicando-se a equação proposta na metodologia por Crepani (2001) resultou o mapa de Fragilidade ou Vulnerabilidade do município de

Tamboara (Figura 15), onde foi possível a elaboração de uma matriz (Tabela 17) com valores de fragilidade para área, conforme as classes apresentadas na tabela 8 (Pág 25).

Tabela 17. Classes de Fragilidade da área.

Classes	Índices de Vulnerabilidades (Fragilidade)
Muito Baixa	1,0 – 1,4
Baixa	1,4 – 1,8
Média	1,8 – 2,2
Forte	2,2 – 2,6

A carta de Vulnerabilidade (Fragilidade), realizada segundo a metodologia proposta por Crepani (2001), evidenciou o compartimento do ribeirão Suruquá, onde a associação de rocha de textura arenosa (arenito Caiuá) e os depósitos recentes originam solos de textura arenosa, conseqüentemente mais susceptíveis aos processos erosivos, aliados a vales mais encaixados com quebra de ruptura na média vertente, como o setor que apresenta uma fragilidade forte e com alguns setores isolados a muito forte.

No compartimento Platô Elevado de Tamboara, localizado na parte central do município, ocorre um predomínio de solos arenosos como o Latossolos Vermelho de textura média e, secundariamente, Argissolos Vermelhos, associados ao arenito Caiuá, formando setores vulneráveis a processos erosivos. Está área do na parte centro do município demonstra um diferencial em relação ao compartimento do ribeirão Suruquá sendo o fato de ser uma área de topos planos e fracas declividades, o que desacelera os processos erosivos. Além disso, ocorre como uso principal as pastagens de baixo pisoteio, que se constitui em outro fator positivo a este compartimento, obtendo o grau de fragilidade/ Vulnerabilidade de médio a forte.

O setor mais estável do município de Tamboara localiza-se na parte sudeste, denominada como compartimento do ribeirão Anhumáí, onde já se verifica a ocorrência da rocha basalto, dando origem a solos mais argilosos, espessos e estáveis, como o Latossolos Vermelhos eutroférico, o Latossolos Vermelhos de textura argilosa, associado a declividades baixas. O único agravante deste compartimento é o uso do solo que vem sendo utilizado de maneira homogênea pela cultura da cana-de-açúcar, dada a vizinhança com a área da usina COOPCANA, fazendo com que o seu grau de fragilidade aumente um pouco. Aqui a vulnerabilidade varia de muito baixa a média, esta última nas áreas dominadas por cana-de-açúcar.

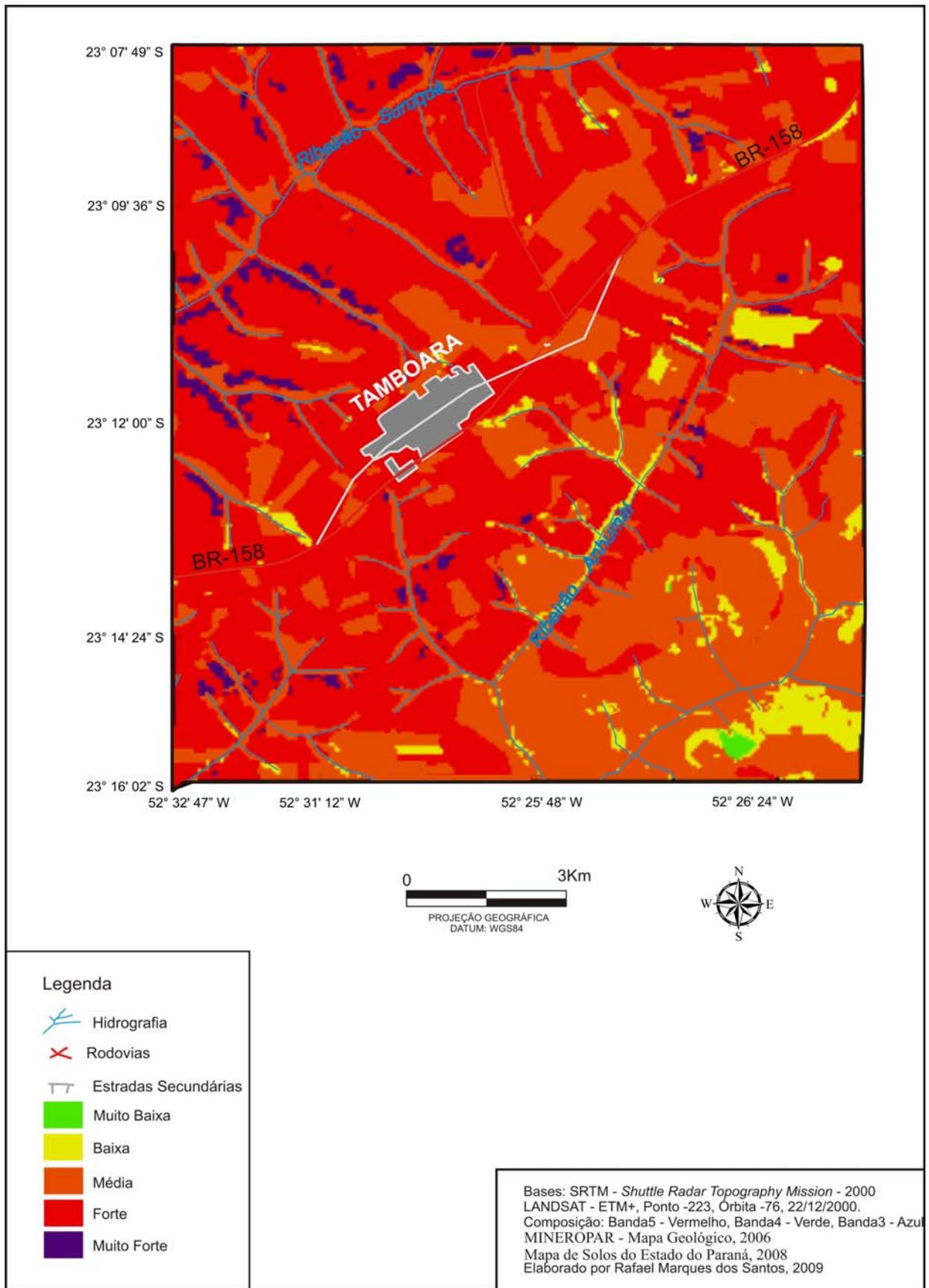


Figura 15. Mapa de Vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Tamboara – Paraná.

5.2.4. Correlação entre as duas metodologias apresentadas por Ross (1994) e a metodologia apresentada por Crepani (2001)

Com relação aos dois procedimentos técnico-operacionais propostos por ROSS (1994), a única diversificação com relação as variáveis é a derivação entre a aplicação dos índices de dissecação do relevo e as classes de declividade. As outras variáveis, solos, uso do solo e clima são aplicadas igualmente para estes dois procedimentos metodológicos (SPORL, 2001).

As diferenças apresentadas em cada um dos dois modelos resultaram na definição de diferentes graus de fragilidade potencial. O modelo proposto por Ross (1994) utilizando os Índices de dissecação do Relevo classificou a área em 3 diferentes graus de fragilidade (Muito Fraca, Fraca e Média), já o outro modelo proposto por Ross (1994) utilizando as Classes de declividade, classificou a área em 2 graus de fragilidade Muito Fraca e Fraca.

Quanto à Fragilidade Emergente observou-se o mesmo resultado apresentado na fragilidade potencial, verificando-se, contudo, que a fragilidade emergente baseada nos índices de dissecação do relevo apresentou mais subdivisões de classes, resultando em uma forma de análise mais completa e detalhada.

A proposta baseada na metodologia de Crepani (2001), se apresenta diferente das outras duas proposta por Ross (1994), nesta metodologia adota-se a atribuição de pesos diferentes para cada variável dentro de cada temática, apresentando assim um detalhe maior para a representação da fragilidade da área, variando de 1,0 (estável) até 3,0 (instável) de forma graduada. Segundo essa metodologia a área apresenta globalmente maiores graus de vulnerabilidade do que aqueles obtidos pelas metodologias anteriores.

6. CONCLUSÃO

A carta de fragilidade potencial obtida pelo confronto das classes de declividades com os tipos de solos mostrou diferentes graus de fragilidade potencial ao longo do território municipal, destacando-se o setor sudeste (sobre basalto) que apresenta fragilidade muito baixa a baixa nos topos e moderada ao longo das vertentes. Entretanto, a fragilidade emergente demonstra que o uso com culturas temporárias eleva a sua vulnerabilidade. No restante da área (sobre o arenito) a fragilidade potencial muito

fraca a fraca, resultante das características da declividade, é elevada pela textura mais arenosa dos seus solos, passando à média nos topos e a forte nas vertentes. O uso com pastagem possibilita um grau médio a alto de cobertura, enquanto que as culturas temporárias, contribuem para a exacerbação da vulnerabilidade nessas áreas.

Neste trabalho a metodologia que se apresentou de forma mais eficiente foi aquela que se apóia na proposta de Crepani (2001), pois com seu alto grau de detalhe nas atribuições de pesos de forma graduada, de acordo com cada variável dentro de uma temática e, posteriormente, com a aplicação da equação, resultando em uma média aritmética, conseguiu reproduzir o papel que o substrato geológico e os solos dele derivados desempenham na geração da vulnerabilidade na região Noroeste. A verificação em campo ratificou o que foi obtido pelo mapeamento. O principal problema observado nas outras duas metodologias apresentada por Ross (1994) está relacionado à adoção do parâmetro declividade, em um caso, e dissecação do relevo, no outro, como determinantes para a atribuição do grau de fragilidade, funcionando os demais – solos e cobertura vegetal – como diferenciadores dentro das classes. Apesar da atribuição de pesos, estes são muito mais indicadores qualitativos, não contribuindo de forma direta para a composição do grau de fragilidade, como ocorre na proposta de Crepani (2001) com a aplicação da equação. Na metodologia de Crepani os pesos indicam a contribuição relativa de cada uma das variáveis (relevo, solo, rocha, cobertura vegetal e clima) na determinação do grau de fragilidade da área.

Em Tamboara, a ocorrência do contato litológico arenito/basalto não implica em mudanças na morfologia do relevo que se mantém, sob os dois tipos de rochas, caracterizado por dissecação fraca a média, e com declividades também fracas a moderadas, o que confere um grau predominante de fragilidade ambiental fraca a média, aplicando-se as metodologias de Ross. Entretanto, a variação litológica afeta de forma significativa as propriedades físicas dos solos, sobretudo quanto à textura, e desta maneira, na sua suscetibilidade aos processos erosivos. Essa diferença aparece de modo mais evidente e direto na metodologia de Crepani, resultando em graus de fragilidade/vulnerabilidade mais altos, mais condizentes com o que se observa em campo. Com a análise comparativa dos modelos procurou-se apontar aspectos positivos e negativos, contribuindo para o aprimoramento dos mesmos e para o desenvolvimento de outros modelos de análise da fragilidade ambiental para cada tipo de área abordada, pois estes modelos representam um importante instrumento para tomada de decisões necessárias ao processo de gestão territorial e gestão ambiental.

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. A. *As unidades de paisagens e os sistemas de produção agrícola no município de Florai - PR.* (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá - Departamento de Geografia, Maringá, 2005.

CARNASCIALI, C. H. Conseqüências sociais das transformações tecnológicas na agricultura do Paraná IN: MARTINE, G. & GARCIA, R. C. *Os impactos sociais da modernização agrícola.* São Paulo: Caetés, 1987.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. *Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico.* INPE. São José dos Campos, São Paulo, 1996.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. *Sensoriamento remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.* São José dos Campos: INPE, 2001. 124 p. (INPE-8454-RPQ/722).

DEFFONTAINES, Jean-Pierre. Analyse régionale des systèmes de production agricole et science du paysage. *L'Espace Géographique*, 4:280, 1972.

DEFFONTAINES, Jean-Pierre. *Du paysage comme moyen de connaissance de l'activité agricole, à l'activité agricole comme moyen de production du paysage.* In: DEFFONTAINES, Jean-Pierre. *Les sentiers d'un géoagronome.* Paris, Ed. Arguments, pp. 209-222, 2003.

MUCHAILH, M. C. Análise da Paisagem visando à formação de corredores de biodiversidade. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Pós Graduação na Engenharia Florestal, Curitiba, PR, 2007.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.* 6ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2005, 472p.

KAWAKUBO, F.S.; MORATO, R.G.; CAMPOS, K.C.; LUCHIARI, AL; ROSS, J.L.S. *Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.* In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia ... *Anais*, INPE, pp. 2203-2210, 2005.

FRAISOLI, C. Valorização do espaço e fragilidade ambiental: o caso da construção do meio ambiente urbano da bacia do córrego Santo Antônio, Mogi Mirim. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP, 2005.

MORO, D. A. *Substituição de culturas, modernização agrícola e organização do espaço rural, no norte do Paraná.* 1991. Tese (Doutorado em Geografia)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Rio Claro, 1991.

NAKASHIMA, M. Análise dos Processos Erosivos e da Fragilidade Ambiental na bacia do Keller-PR. Tese de Doutorado, FFLCH, USP, São Paulo, 1999

ROSS, J. L. S. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. São Paulo, Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. *O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo*. São Paulo, Revista do Depto. Geografia, 6:17-30, 1992

ROSS, J. L. S. Análise da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. São Paulo, *Revista do Departamento de Geografia*, 8:63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos IEAs-RIMAs IN: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da (Organizadores), *Geomorfologia e meio ambiente*. – Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996. pp. 291-335

RODRIGUES, S. C. Mudanças ambientais na região do cerrado. Análise das causas e efeitos da ocupação e uso do solo sobre o relevo. O caso da bacia hidrográfica do Rio Araguari, MG. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 12, 2002.

SALA, M. G. *Indicadores de fragilidade ambiental na bacia do ribeirão Maringá-PR*. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá - Departamento de Geografia, Maringá, 2005.

SERRA, E. *Os primeiros processos de ocupação da terra e a organização pioneira do espaço agrário no Paraná*. Maringá, Boletim de Geografia, Ano 10, Nº01, 1992.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. *Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos*. São Paulo, Revista Geosp – Espaço e Tempo, Nº15, pp. 39-49, 2004.

SPÖRL, C. *Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio Jaguari-mirim, ribeirão do Quartel e ribeirão da Prata*. São Paulo. Dissertação de Mestrado, Depto. Geografia, USP, 2001, 159p.

STOLLE, L. *Simulação e espacialização da fragilidade ambiental em relação às atividades florestais*. Curitiba. Dissertação de Mestrado. Depto. Engenharia Florestal, UFPR, 2008, 91p.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977, 91p.

- Para a obtenção de dados sobre a produção agrícola do município foram consultados os Censos Agropecuários do IBGE:

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Censo Agropecuário 1995-1996*. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) *Censo Agropecuário 2006*. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/