

ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE DA BACIA DO RIO CUBATÃOZINHO, ESTADO DO PARANÁ

Claudinei Taborda da Silveira
Doutorando em Geografia - UFPR
claudineits@pop.com.br

Chisato Oka-Fiori
Profa. Dra. do Departamento de Geografia da UFPR
chisato@ufpr.br

RESUMO

A análise empírica da fragilidade potencial e emergente na bacia do rio Cubatãozinho, situada no município de Guaratuba, estado do Paraná, fundamenta-se no método das unidades ecodinâmicas proposto por Tricart (1977) e na análise empírica da fragilidade ambiental apresentado por Ross (1990, 1994). Para obtenção das classes de fragilidade potencial foram correlacionadas as informações de textura e grupo de solos com a declividade e erosividade das chuvas, para o mapeamento da fragilidade emergente foram superpostas às informações resultantes na carta de fragilidade potencial com as informações de uso do solo. As cinco classes de fragilidade obtidas são: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. A correlação entre as informações espaciais foi realizada com o uso de geoprocessamento, aplicando combinações numéricas e operadores de soma ponderada em matrizes, com uso das técnicas de Sistemas de Informações Geográficas.

Palavras-Chave: fragilidade potencial, fragilidade emergente, rio Cubatãozinho

EMPIRICAL ANALYSIS OF POTENTIAL AND EMERGENT FRAGILITY IN THE CUBATÃOZINHO BASIN RIVER, STATE OF THE PARANÁ

ABSTRACT

The empirical analysis of potential and emergent fragility in the Cubatãozinho basin river, situated in the city of Guaratuba, state of the Paraná, is based on the method of the ecodynamics units considered by Tricart (1977) and on the empirical analysis of the ambient fragility presented by ROSS (1990, 1994). For attainment of the classrooms of potential fragility the information of texture and group of soil with the slop and rain erosion, for the mapping of the emergent fragility they had been superece of fishes to the resultant information in the potential fragility map with the land use information. The five gotten fragility of classrooms are: very low, low, average, high and very high the correlation between the space information was carried through with the geoprocessing use, having applied numerical combinations and operators of weighed addition in matrices, with use of the techniques of Geographic Information Systems.

Words-Key: potential fragility, emergent fragility, Cubatãozinho River

INTRODUÇÃO

Os trabalhos no âmbito da geografia que abordam os estudos de fragilidade ambiental compõem-se, em síntese, da análise empírica dos constituintes da paisagem organizados em níveis de informações que são superpostos e interpretados na tentativa de um estudo integrado dos componentes físico-naturais e sociais de determinada área. Tal análise, sob a perspectiva qualitativa, visa contribuir com o planejamento ambiental e apoio na gestão territorial, apresentando seus resultados na forma de cartas temáticas que são organizadas e apresentadas por classes de fragilidade.

Recebido em 25/07/2006
Aprovado para publicação em 19/09/2006

A concepção que norteia tais estudos se fundamenta no conceito de ecodinâmica proposto por Tricart (1977), que constitui num modelo de avaliação das unidades da paisagem, com base no balanço pedogênese/morfogênese, propiciando sua classificação quanto aos graus de instabilidade ambiental. Tal pressuposta está referenciado na compreensão de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam em relações de equilíbrio dinâmico.

As Unidades Ecodinâmicas foram classificadas por Tricart (op cit.) em três categorias: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis, propondo também a cartografia destas unidades da paisagem através da Carta Ecodinâmica. Nas áreas que prevalece os processos morfogenéticos são entendidas como instáveis, enquanto que nas que predominam a pedogênese são as estáveis. Quando há um equilíbrio entre ambos é definida com estabilidade intermediária.

Com base no conceito de ecodinâmica, visando aplicações ao Planejamento Ambiental, Ross (1990, 1994) acrescenta novos critérios estabelecendo a Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados, compreendendo a fragilidade potencial, que relaciona os fatores naturais da paisagem; e a fragilidade emergente, relacionando a fragilidade potencial com a cobertura do solo e as intervenções antrópicas. Referenciando-se nesses preceitos, o presente trabalho faz a análise da bacia do Rio Cubatãozinho e o mapeamento da fragilidade potencial e Emergente, apresentando unidades espaciais representadas em classes qualitativas. Segundo a proposta de Ross (1994), tais classes foram organizadas em cinco categorias de fragilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

De acordo com Ross (1990, 1994), a carta de fragilidade potencial indica os graus de fragilidade, sob a ação dos processos morfogenéticos atuantes na paisagem, resultantes da correlação de alguns dos componentes físico-naturais da paisagem: declividade do terreno, erosividade das chuvas e cobertura pedológica; e a carta de fragilidade emergente correlaciona às informações resultantes da fragilidade potencial com as informações de uso do solo, indicando os graus de fragilidade das unidades espaciais conforme a proteção do solo, apresentando as áreas em estado de desequilíbrios pela ação antrópica.

A escolha da área de estudo se justifica pelas características naturais e pelo seu contexto ambiental, uma vez abriga áreas remanescentes da Floresta Atlântica em um ambiente bastante preservado, abrangida pela Serra do Mar e Planície Litorânea. Suas características naturais conferem a essa área um tênue estado de equilíbrio que facilmente pode ser modificado e suas conseqüências podem ser desastrosas.

Tal observação já foi apresentada por Bigarella *et al* (1978), fazendo considerações quanto à fragilidade e problemas encontrados na Serra do Mar Paranaense, principalmente com os desmatamentos, apontando-os como um problema de segurança ambiental. Para este autor, qualquer erro nas previsões de uso do solo nessa região pode ocasionar desastrosas conseqüências, com perdas materiais e possivelmente humanas. Ainda, faz considerações sobre algumas das conseqüências que podem ocorrer a partir da transformação desequilibrada dessa paisagem pelo homem, tais como o aumento no volume e na energia no fluxo das águas na superfície do terreno, inundações mais severas atingindo níveis mais altos, erosão acelerada, infiltração no subsolo profundo aumentando e propiciando movimentos de massa, entre outros danos.

Caracterização da área de estudo

A bacia do rio Cubatãozinho, cuja área é de 430 km², compõe o sistema hidrográfico da bacia Atlântica Paranaense, sendo importante tributário das águas para a baía de Guaratuba. Localiza-se entre as coordenadas geográficas de latitudes 25°35'57" e 25°48'32" sul e longitudes 48°55'00" e 48°37'28" oeste (Figura 1).

Abrange desde porções do relevo íngreme da Serra do Mar, com escarpas marcadas por paredões rochosos de forte declividade e drenagens em vales profundos, encaixados e estreitos, onde está seu médio curso e suas nascentes, até um relevo muito suave, composto por planícies aluviais e fluviais, cujos rios passam a ser meandantes, onde se situa seu baixo curso.

A região da área de estudo constituiu-se de um ambiente natural bastante preservado, composto por

áreas remanescentes da Floresta Atlântica. As regiões fitogeográficas que compõem este cenário, segundo a classificação do IBGE (1992), são as Formações Pioneiras desenvolvendo-se sobre as planícies aluviais, que são áreas aplainadas formadas pela deposição de material carreado principalmente durante as grandes cheias dos rios, e a Floresta Ombrófila Densa, cuja tipologia fitogeográfica ocorre associada ao conjunto da Serra do Mar e paralela à linha de costa atlântica nas planícies arenosas de origem quaternária.

MÉTODO

A carta de fragilidade potencial foi elaborada por meio da superposição das informações de declividade, de erosividade das chuvas e solos. A carta de fragilidade emergente foi elaborada sobrepondo as informações resultantes da fragilidade potencial correlacionadas com as classes de uso do solo na bacia (figura 02). Para que fosse possível realizar o cruzamento entre os diferentes níveis de informações e representá-los, foi feita uma hierarquização de suas classes e atribuídos valores (pesos). Tal hierarquização foi escalonada, segundo a proposta de Ross (1994) em cinco classes de fragilidade: muito baixa - peso 1, baixa - peso 2, intermediária - peso 3, alta - peso 4 e muito alta - peso 5. Portanto a primeira etapa para obter as unidades de fragilidade foi realizar o levantamento dos níveis de informações e organizar as cartas temáticas de solos, declividade, erosividade das chuvas e uso do solo.

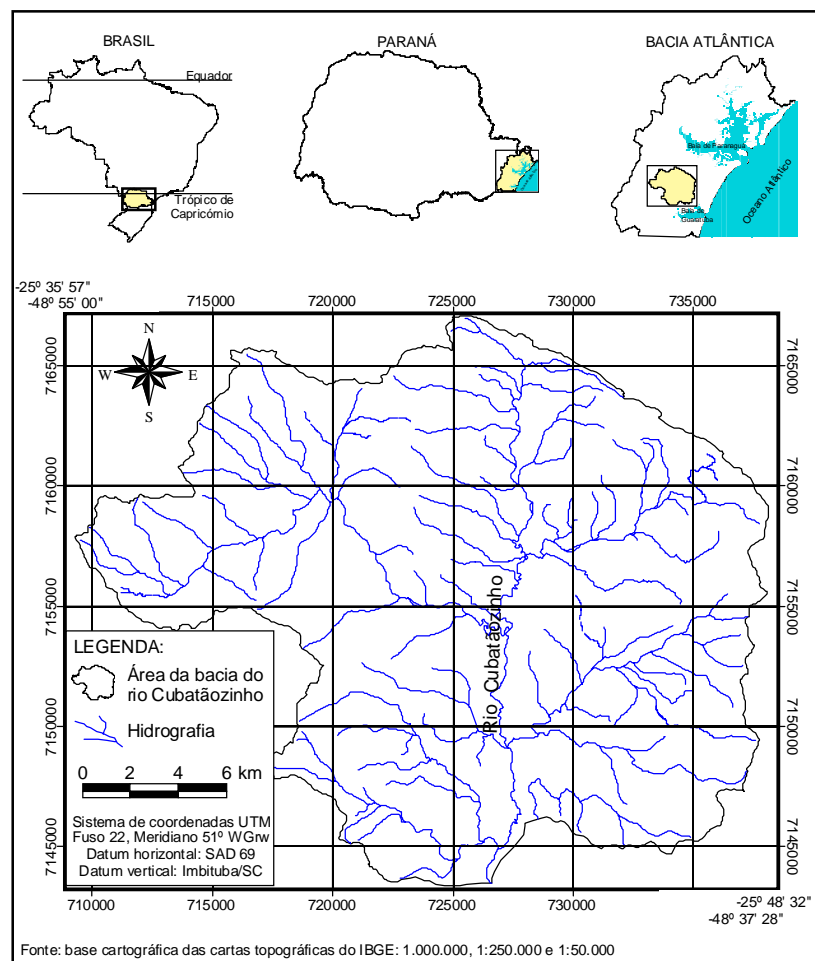
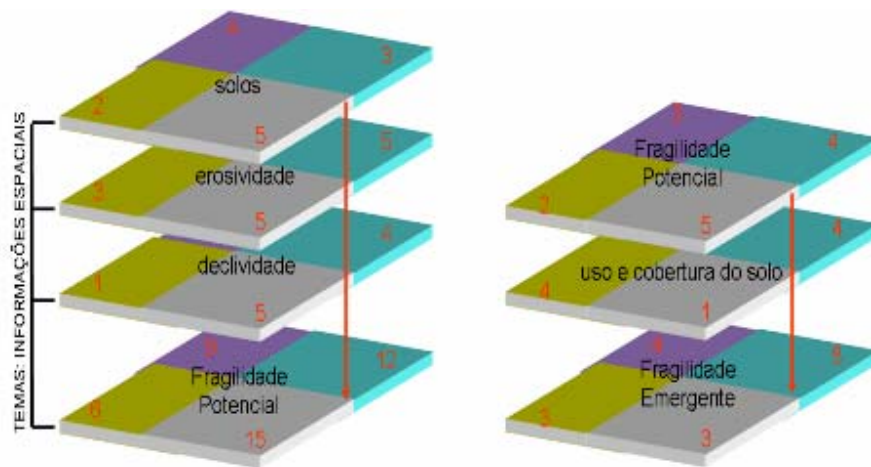


Figura 1 - Mapa ilustrativo de localização da área de estudo



Fonte: Silveira (2005)

Figura 2 - Modelo esquemático representativo de superposição das informações para o mapeamento da fragilidade ambiental

A integração dos parâmetros analisados foi realizada com o uso de geoprocessamento, no *software Arcview 3.2*, pela soma dos GRID's criados. Os GRID's são resultantes da conversão das informações espaciais, em formato vetorial, para um modelo regular do terreno. O formato GRID é uma grade regular, representada por uma malha quadriculada de dimensão espacial definida, assemelhando ao formato matricial, composto por *clusters*. O tamanho do GRID adotado no presente estudo foi com as dimensões de 15 metros de resolução, estando adequado à escala do trabalho.

As etapas que constituem o trabalho podem ser evidenciadas na implementação esquemática do fluxograma da pesquisa (Figura 3), sendo feita primeiramente a organização e processamento de dados e análise dos temas, através do levantamento de dados primários, organização dos dados secundários e modelagem de ambos para integração no SIG, após isso, elaborou-se as cartas de solo, declividade, erosividade e uso e ocupação do solo, tendo sido feita a superposição entre esses níveis de informações que resultaram nas cartas de fragilidade potencial e emergente.

DESENVOLVIMENTO

No desenvolvimento do presente trabalho, elaboraram-se cartas temáticas da declividade, solos, erosividade e uso do solo. Buscou-se em referências teóricas a melhor interpretação das informações, a fim de realizar a hierarquização de cada tema em classes que representam distintos graus de fragilidade.

Declividade das Vertentes

Conforme é discutido por Silveira, Oka-Fiori e Zai (2006a), a análise da declividade das vertentes possibilita evidenciar a distribuição das inclinações de uma superfície do terreno na paisagem, sendo esta uma característica importante na análise do balanço morfogênese/pedogênese, uma vez que a inclinação das vertentes representa um dos fatores importantes que contribuí na instabilidade das encostas, ocasionada pelo fluxo torrencial do escoamento que se dá na superfície, acarretando conseqüentes processos erosivos e movimentos coletivos de materiais.

A representação cartográfica da declividade adotada segue a proposta de Biasi (1992) que estabelece uma chave com cinco classes, apoiando-se no sentido técnico e no aspecto normativo

de seu uso, define os intervalos sendo: inferior a 5%, limite utilizado internacionalmente para uso urbano-industrial e em trabalhos de planejamento urbano; 5 a 12%, essa classe define o limite máximo do emprego da mecanização na agricultura; 12 a 30%, essa classe tem o limite máximo de acordo com a legislação – Lei 6766/79 – que o define como o limite máximo para urbanização sem restrições; 30 a 47%, baseando-se no código florestal, que estabelece como limite máximo de corte raso 25° (47%); e superior a 47%, conforme o artigo 10 do código florestal que não permite o corte raso da vegetação em áreas com inclinação entre 25° a 45° (100%) e as áreas com mais de 45° são definidas como Áreas de Preservação Permanente.

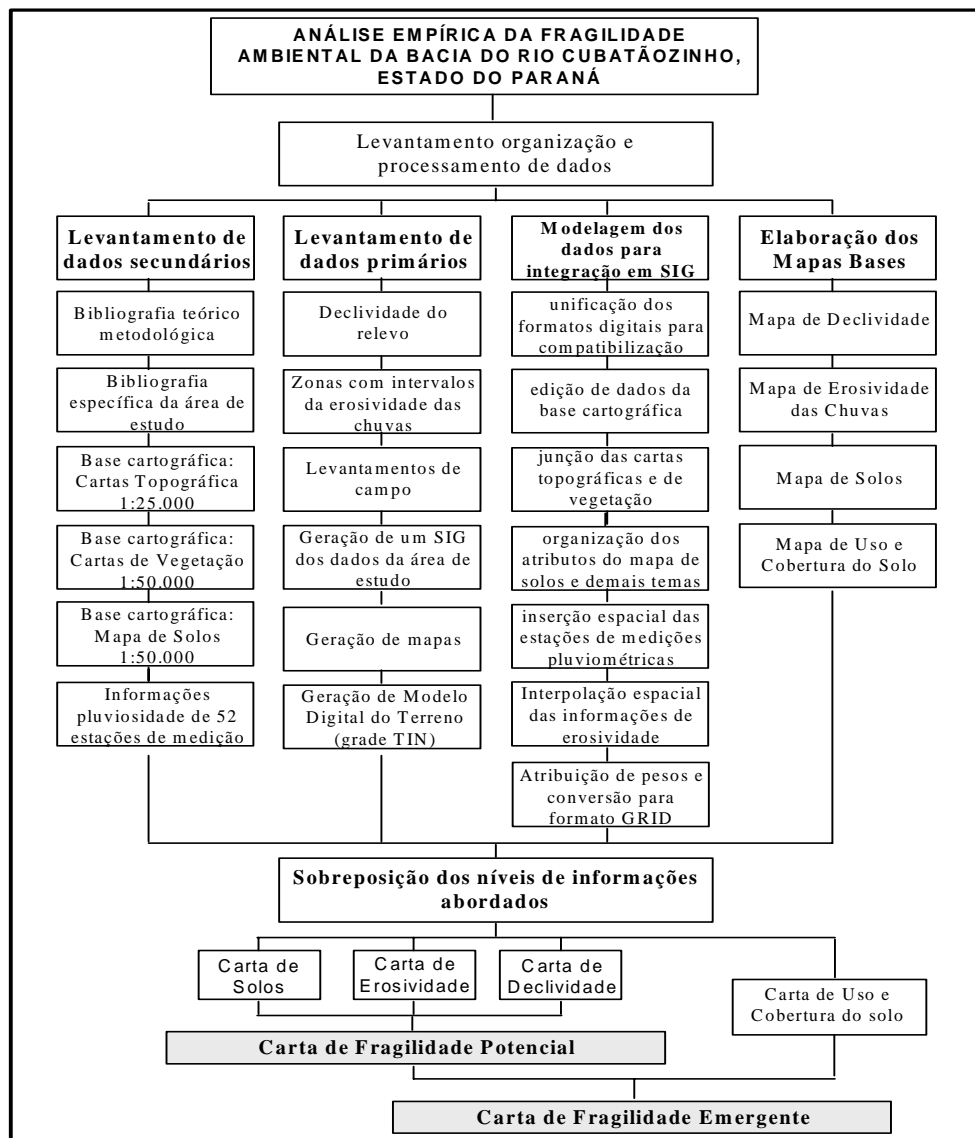


Figura 3 - Implementação esquemática do fluxograma da pesquisa

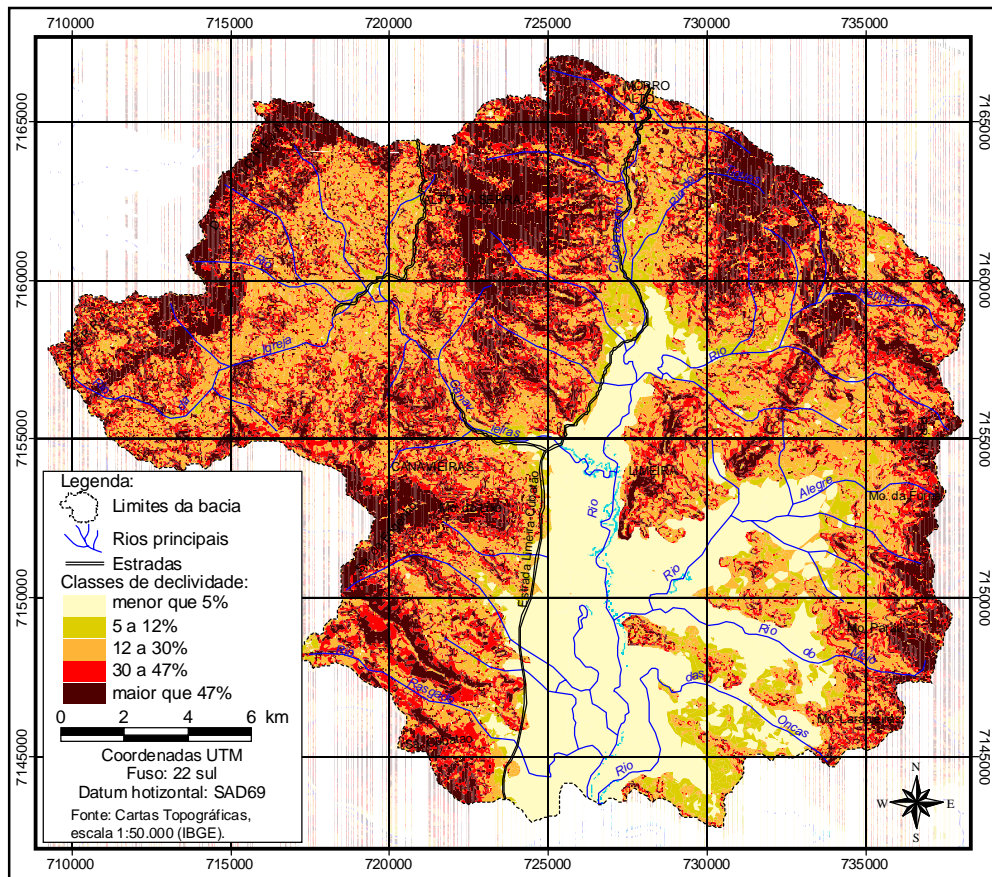


Figura 4 - carta de declividade da bacia do rio cubatãozinho

A carta de declividade da bacia do rio Cubatãozinho (Figura 4), foi gerada em SIG, através de Modelagem Digital do Terreno (MDT), no software 3D Analyst – módulo complementar do Arcview, utilizando-se da base cartográfica digital 1:25000, com curvas de nível com equidistância altimétrica de 10 metros. No programa computacional, as entidades linhas, que representam as curvas de nível, receberam atributos numéricos dos valores de cota e após isso foram convertidas em entidades tridimensionais, bem como os pontos de cotas de topos de morros e os canais de drenagem. Depois foi processado um sistema de triangulação irregular sobre a base de dados, que se constituiu no modelo tridimensional do terreno. Sobre esse modelo foram organizadas as classes de declividade, hierarquizando e atribuindo-se pesos a cada uma delas (tabela 01), sendo que para os terrenos com menores inclinações foram atribuídos pesos menores e os com declividades maiores pesos mais elevados.

Erosividade das Chuvas

O clima é um fator bastante influente na paisagem, seu fator de maior influência nas regiões tropicais é a pluviosidade. Assim, o potencial erosivo das chuvas foi considerado na definição da fragilidade potencial, baseando-se em dados das estações pluviométricas da porção oriental paranaense, relativos a 52 postos de medição irregularmente distribuídos, do período de 1975 - 2000, obtidos junto a CEHPAR (2002).

O fator erosividade das chuvas é expresso pelo valor R na Equação Universal de Perda de Solos, que segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), representa a média dos valores anuais da média mensal do índice de erosão (EI) em um período longo de tempo, sendo esse período de 20 anos ou mais.

Dessa maneira, os índices de erosividade das chuvas foram calculados através do coeficiente de correlação para a regressão linear entre índice médio mensal de erosão e o coeficiente de chuva, proposto por Lombardi Neto & Moldenhauer (1980) citado por Bertoni e Lombardi Neto (1985), que modificaram o coeficiente original obtido a partir de registros de precipitação da cidade de Campinas/SP em 22 anos.

A relação obtida foi: $EI = 6,886 (p^2 / P)^{0,85}$

Sendo: EI: média mensal do índice de erosão;

p: precipitação média mensal em milímetros

P: precipitação média anual em milímetros

Após a interpolação dos pontos, contendo informações de erosividade, as zonas, ou áreas de influência foram agrupadas em categorias, conforme proposto por Ross (1994), sendo: <250, de 250 a 500, de 500 a 750, 750 a 1000 e >1000 (Mj/mm/ha/ano).

Devido ao elevado índice pluviométrico na área de estudo, obteve-se a ocorrência na bacia das duas classes com os índices de erosividade mais elevados. A classe 750-1000 Mj/mm/ha/ano, foi considerada como de alta potencialidade erosiva da chuva, recebendo o peso 4,0 e a classe com índices de erosividade superior a 1000 Mj/mm/ha/ano, considerada como de muito alta potencialidade, atribui-se o peso "5,0" (tabela 02). As classes de intermediária, baixa e muito baixa erosividade não foram constatadas na área de estudo.

Tabela 2

Potencial de erosividade das chuvas

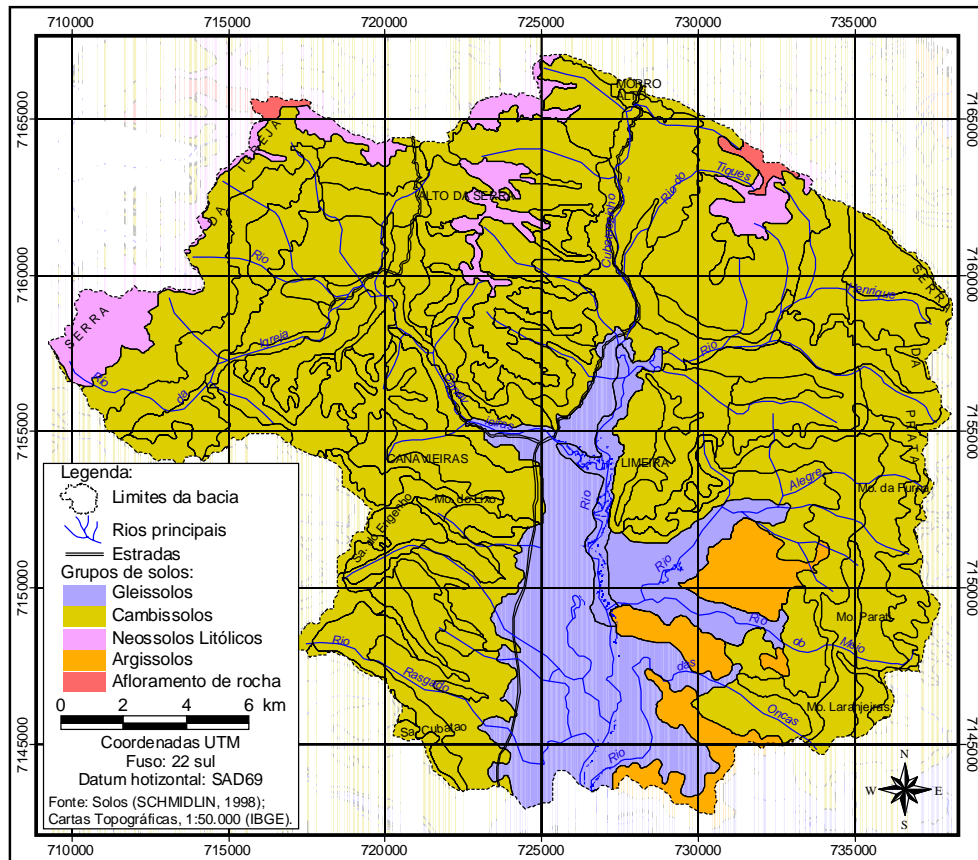
Classes de Erosividade Mj/mm/ha/ano	Graus de Potencialidade	Peso
750 – 1000	Alto	4,0
>1000	Muito alto	5,0

Solos

A carta de Solos (figura 06) apresenta os diferentes tipos de solos que recobrem a área de estudo e a partir dele foram extraídas as informações utilizadas no estudo da fragilidade potencial. As classes de solos obtidas e apresentadas nesse trabalho foram mapeadas por Schmidlin (1998), que utilizou o antigo sistema de classificação de solos da Embrapa, anterior ao de 1999. A escala das informações de solos é 1:50.000, apresentando unidades organizadas por grupo, com as descrições do horizonte A e a característica textural.

De acordo com o sistema de classificação proposto pela Embrapa (1999), os solos que ocorrem na bacia são: Cambissolos, Gleissolos, Argissolos e Neossolos Litólicos (Figura 6).

A hierarquização dos solos foi organizada nesse trabalho segundo seu grau de fragilidade, aqui entendida como sua susceptibilidade a erosão, deslizamento e colapso, baseando-se nas aplicações de Silveira, Oka-Fiori e Zai (2006b), que considerada no estudo de fragilidade dos solos as características físicas de cada unidade de solo: maturidade do horizonte B e descontinuidade vertical, espessura do horizonte superficial associado à quantia de matéria orgânica e a característica textural. Também em casos onde as unidades de solos são compostas por associações de mais de um grupo é aplicada uma média ponderada.



Fonte: Schmidlin (1998)

Figura 06 - Carta de solos da bacia do rio cubatãozinho

A análise da maturidade do horizonte B e descontinuidade vertical foi realizada por grupo de solos, considerando que cada um está inserido em uma classe de fragilidade. Sendo assim, os solos encontrados na área de estudo foram hierarquizados como: muito alta fragilidade com atribuição de peso “5,0” para os Neossolos Litólicos, Argissolos, e Gleissolos em ambientes de mangues; alta fragilidade com peso “4,0” para os Gleissolos em ambientes de planície aluvial e fragilidade intermediária com peso “3,0” para os Cambissolos e Argissolos (Tabela 3, coluna Peso1).

Os grupos de solos que foram hierarquizados com muito alta fragilidade são os Neossolos litólicos e Gleissolos Pouco Húmicos (HGP1), que são solos de mangue, situados em ambientes encharcados, próximo a baixa de Guaratuba; com alta fragilidade foi o Gleissolos Pouco Húmico (HGP2), solos encharcados, cujo lençol freático está próximo à superfície, colapsíveis, com espessura em torno de um a dois metros de profundidade, estando presente em grande parte nas porções de baixa elevação das planícies aluviais dos principais rios; com fragilidade intermediária foram classificados os cambissolos, que se distribuem em toda a extensão das encostas com declividade superior a 12%, e os Argissolos, que por apresentar horizonte de eluviação possui descontinuidade vertical que incita o fluxo horizontal da água em subsuperfície, propiciando a ocorrência de erosão em sub-superfície e/ou deslizamentos nas encostas.

Também foram analisadas as características do horizonte superficial dos grupos de solos, considerando sua espessura e quantidade de matéria orgânica. Nessa avaliação distinguiram-se quatro tipos de horizonte A: moderado, proeminente, turfoso e húmico. Os mais espessos e

com maior concentração de matéria orgânica são os turfosos e húmicos, avaliados como de menor fragilidade em relação aos proeminentes e moderados que possuem espessura mais delgada. Essa interpretação é galgada na conclusão de que a matéria orgânica representa grande importância no controle da erosão. Partindo da idéia de que, segundo Silva, Schulz e Camargo (2003), a matéria orgânica retém duas vezes seu peso em água, aumentando assim, a infiltração e retenção de água. Desta forma, os grupos de solos cujo horizonte A são húmico ou turfoso não receberam acréscimo de valor decimal em seu peso, pois o valor somado é "0,0", enquanto que nos grupos com horizontes A moderado ou proeminente receberam acréscimo por meio de soma ao valor do seu peso de "0,5" (apresentado na tabela 03, coluna Peso2).

Tabela 3
Fragilidade por grupo de solos

Classe	Peso 1	Horizonte A	Peso 2	Textura	Peso 3	Soma dos Pesos
Cambissolos	3,0	Moderado	0,5	Argilosa	0,2	3,7
Cambissolos	3,0	Moderado	0,5	Média / argilosa	0,3	3,8
Cambissolos	3,0	Moderado	0,5	Média	0,4	3,9
Cambissolos	3,0	Proeminente	0,5	Argilosa	0,2	3,7
Cambissolos	3,0	Proeminente	0,5	Média	0,4	3,9
Gleissolos HGP1	4,0	Moderado	0,5	Argilosa	0,2	4,7
Gleissolos HGP2	5,0	Moderado	0,5	Argilosa / Média	0,3	5,8
Argissolos	3,0	Moderado	0,5	Muito argilosa/argilosa	0,1	3,6
Neossolos litólico	5,0	Turfoso	0,0	Argilosa	0,2	5,2
Neossolos litólico	5,0	Húmico	0,0	Argilosa	0,2	5,2

Fonte: adaptado de Silveira, Oka-Fiori e Zai (2006b)

Outra característica analisada foi a textura de cada grupo de solo, entendendo que texturas mais arenosas propiciam maior erosão do que as mais argilosas. Assim, segundo a característica da textura foi acrescida a soma de valores decimais ao peso hierarquizado de cada grupo, sendo: valor de "0,5" para textura arenosa, "0,4" para média, "0,3" para média/argilosa, "0,2" para argilosa, "0,1" para argilosa/muito argilosa e "0,0" para muito argilosa (apresentado na tabela 03, coluna Peso3).

Para as unidades de solos compostas pela associação de mais de um grupo de solo foi aplicada uma média ponderada. Na carta temática utilizada essas associações são compostas por dois ou três diferentes grupos de solos. A nomenclatura dessas associações é formada pelas siglas dos grupos que a compõe, por exemplo: Pva3+Ca1 (Argissolo + Cambissolo), o grupo que está em primeiro corresponde a 70%, e ao segundo grupo 30%, segundo o Manual para Classificação de Solos, elaborado pela EMBRAPA (1999). Se a unidade for composta por três diferentes grupos, por exemplo: Ca22+Ra8+AR1 (Cambissolo + Neossolo Litólico + afloramentos rochosos), o grupo que aparece em primeiro tem representatividade de 60%, o segundo de 30% e o terceiro de 10% na unidade de solo.

Portanto, na hierarquização dos solos, além de considerar os fatores já mencionados, relativos às características dos grupos de solos, foi calculada uma média ponderada para as unidades de solos com associações de mais de um grupo (tabela 04), considerando as proporções de representatividade, sendo aplicadas às operações:

- Para associação de dois grupos de solos = grupo1.(0,7)+grupo2.(0,3)
- Para associação de três grupos de solos = grupo1.(0,6)+grupo2.(0,3)+grupo3.(0,1)

Tabela 4

Hierarquização das unidades de solos segundo cálculo ponderado dos pesos

Sigla das Associações de classes de Solos	Peso Classe 1	Peso classe 2	Peso classe 3	<i>Média ponderada para cálculo das associações de solos</i>	Peso (resultado ponderado)	Grau de Fragilidade
Ca16	3,6	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,60	
PVa1	3,6	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,60	
Ca11	3,7	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,70	
Ca12	3,7	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,70	
Ca14+Ca9	3,7	3,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,70	
Ca17	3,7	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,70	
Ca18	3,7	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,70	
Ca19	3,7	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,70	
Ca20	3,7	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,70	Intermediária
Ca9	3,7	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,70	
Cd6	3,7	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,70	
Ca11+PVa3	3,7	3,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,80	
Ca12+Ca22	3,7	3,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,80	
Ca20+PVa4	3,7	3,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,80	
Cd8+PVa4	3,7	3,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,80	
Ca12+PVa3+AR1	3,7	3,9	5,0	Classe1.(0,6)+classe2.(0,3)+classe3.(0,1)	3,90	
Ca21	3,9	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,90	
Ca24+PVa3	3,9	3,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,90	
Ca26+PVa3	3,9	3,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,90	
Ca28	3,9	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,90	
Ca31	3,9	0,0	0,0	Classe1.(1)	3,90	
Ca12+Ca28+Ra8	3,7	3,9	5,7	Classe1.(0,6)+classe2.(0,3)+classe3.(0,1)	4,00	
Ca12+Ra8	3,7	5,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,30	
Ca17+Ra8	3,7	5,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,30	
Cd10+Rd5	3,7	5,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,30	
Cd11+Rd4	3,7	5,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,30	
Cd12+Rd5	3,7	5,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,30	
Cd4+Rd1	3,7	5,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,30	
Ca22+Rd1	3,9	5,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,40	
Ca24+Ra10	3,9	5,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,40	
Ca29+Ra8	3,9	5,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,40	
Ca4+Ra9+AR2	3,7	5,7	5,0	Classe1.(0,6)+classe2.(0,3)+classe3.(0,1)	4,40	Alta
Ca6+Ra8+AR1	3,7	5,7	5,0	Classe1.(0,6)+classe2.(0,3)+classe3.(0,1)	4,40	
Ca22+Ra11	3,9	5,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,50	
Ca22+Ra8+AR1	3,9	5,7	5,0	Classe1.(0,6)+classe2.(0,3)+classe3.(0,1)	4,50	
Ca30+Re1	3,9	5,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,50	
HGP2+Ca14	4,8	3,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,50	
Ca8+Ra11+AR1	3,9	5,9	5,0	Classe1.(0,6)+classe2.(0,3)+classe3.(0,1)	4,60	
AR1+Ra1	5,0	5,2	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,10	
Ra1+AR1	5,2	5,0	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,10	
Ra4+AR1	5,2	5,0	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,10	Muito Alta
Ra1	5,2	0,0	0,0	Classe1.(1)	5,20	
HGP1+Ad1	5,7	5,5	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,60	

Fonte: adaptado de Silveira, Oka-Fiori e Zai (2006b)

Uso do Solo

As informações relativas ao uso do solo são representadas nesse trabalho pelas atividades antrópicas e pela cobertura vegetal. Esse tema é de elevada importância para avaliação e mapeamento da fragilidade emergente, uma vez que a ação do homem altera os processos naturais de uma paisagem, influenciando na atuação dos processos. É difícil avaliar todas as possíveis formas de influência da cobertura vegetal natural na estabilidade das vertentes, mas alguns aspectos importantes podem ser investigados e integrados na análise clássica da estabilidade de vertentes, quais sejam: resistência do sistema solo-raiz, peso da cobertura vegetal, efeito de "atirantamento" das raízes e força de arrasto do vento atuando nas copas das árvores.

A cobertura vegetal representa também um agente de equilíbrio da paisagem: evitando o impacto direto das gotas de chuva contra o terreno, fato que ocasiona a desagregação das partículas e reduzindo a porosidade do solo; impedindo a compactação do solo, aumentando a capacidade de infiltração do solo, reduzindo assim o escoamento superficial; por manter a sobrevivência de organismos biológicos, e suas relações, que influem também na permeabilidade e porosidade do solo. Portanto, a atuação da cobertura do solo na dinâmica da paisagem está diretamente ligada a sua capacidade de proteção.

A base das informações utilizadas para o uso do solo foram as cartas de vegetação que recobrem a área da bacia, na escala 1:50.000. Com estas, foi possível um detalhamento melhor quanto à cobertura vegetal e também a identificação das classes de uso, apoiando-se em levantamento de campo no qual foram percorridas todas as estradas trafegáveis, fazendo-se a anotação das coordenadas com uso de aparelho GPS.

As classes definidas na carta de uso do solo (figura 7) são: a) áreas com cobertura florestal em estágio sucessional avançado e intermediário, que apresentam muito alta proteção do solo, hierarquizada como muito baixa fragilidade, cujo peso atribuído foi "1,0" (Tabela 5); b) áreas compostas por formações pioneiras e refúgios montanos e altomontanos, categorizadas com baixa fragilidade, peso "2,0"; c) área com cobertura florestal em estágio de sucessão inicial, hierarquizada com intermediário grau de fragilidade, peso "3,0"; d) usos antrópicos de agricultura e pecuária, agrupados na classe de baixa proteção do solo ou alta fragilidade, peso "4,0", uma vez proporcionam a homogeneização na cobertura dos solos, alterando a impermeabilização, o escoamento superficial das águas pluviais e demais características na dinâmica das vertentes.

RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio da superposição entre os temas, anteriormente apresentados e discutidos, resultaram na delimitação das unidades espaciais que representam classes de fragilidade potencial e emergente na bacia.

Fragilidade Potencial

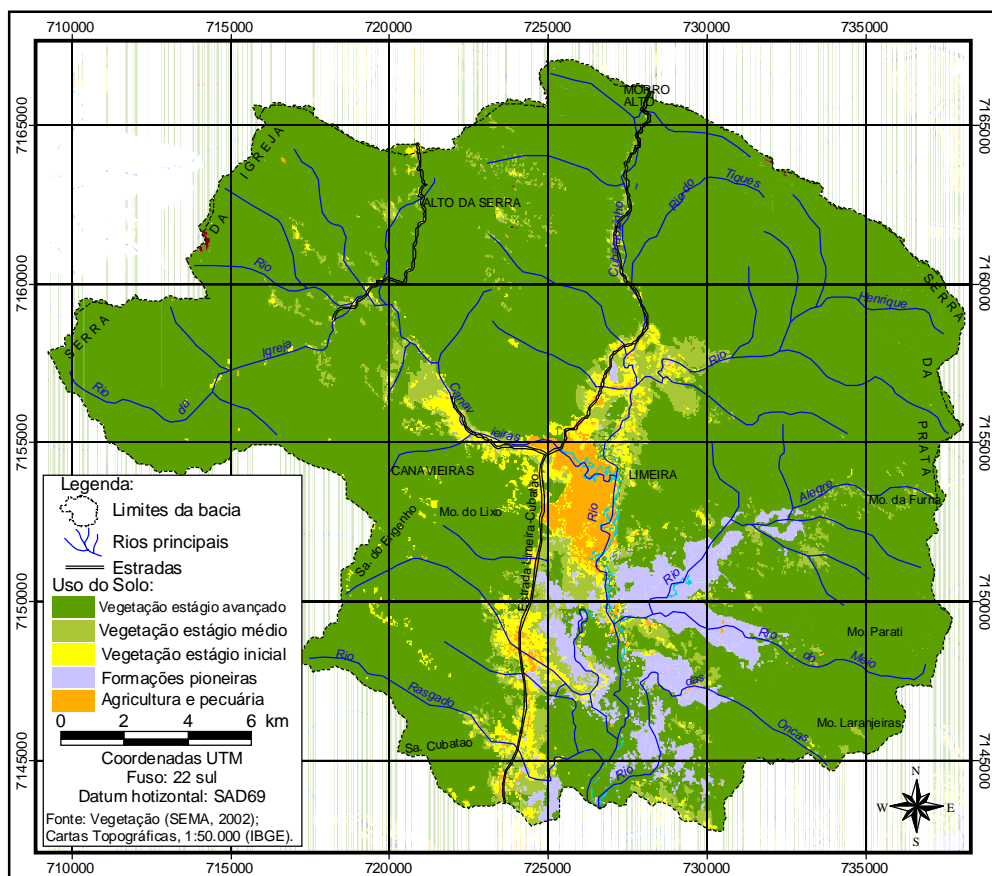
As delimitações das unidades espaciais que compõem a carta de fragilidade potencial (figura 08) expressam o equilíbrio dinâmico natural na bacia do rio Cubatãozinho, sem a influência das atividades antrópicas. As classes de fragilidade potencial obtidas foram: baixa fragilidade quando prevalecem os processos pedogenéticos, alta e muito alta quando prevalecem os processos morfofogenéticos e intermediária.

As áreas onde ocorrem as classes de muito alta fragilidade potencial estão nas porções mais elevadas da bacia onde o relevo tem maior declividade, geralmente com inclinações superiores a 30%. Localizam-se na Serra da Prata, na porção leste da bacia, abrangendo seu terço superior, estendendo-se sobre o Morro Inglês, da Furna, Parati indo até o Morro Laranjeiras; na Serra das Canaveiras, ao norte, estende-se pelos cumes e terço superior das vertentes; na Serra da Igreja, à noroeste, nas porções mais elevadas das encostas da face oeste e na porção central da bacia, nas áreas mais elevadas e declivosas das serras do Engenho e Cubatão, abrangendo os espigões, cumes e terço superior das vertentes (Figura 8).

Nessa unidade as formas predominantes das vertentes que foram identificação são retilíneas e/ou côncavas. Essas características morfológicas do relevo associadas ao substrato litológico, que é de elevada resistência, resulta em solos pouco desenvolvidos, Neossolos Litólicos e secundariamente afloramentos rochosos e Cambissolos. Os valores pluviométricos são elevados, resultando em valores altos para o fator de erosividade das chuvas. Isso se explica principalmente pela entrada de massas de ar atlântica tropical, que causam as chuvas orográficas, muito comuns na região. Assim nas áreas com fragilidade potencial muito alta podem ser notadas cicatrizes naturais de deslizamentos nas encostas demonstrando a pouca estabilidade das vertentes.

Tabela 5
 Grau de fragilidade por classe de uso do solo

Classes de uso do solo	Fragilidade de proteção do solo	PESO
Floresta primária ou secundária nos estágios sucessionais avançados e/ou médios	Muito baixo	1,0
Áreas de formações pioneiras e refúgios vegetacionais (montanos e altomontanos)	Baixo	2,0
Floresta secundária em estágio de sucessão inicial	Médio	3,0
Agricultura e pecuária	Alto	4,0



Fonte: Cartas de Vegetação, escala 1:50.000, ano de 2002, SEMA (2001)

Figura 7 - Carta de uso do solo da bacia do rio Cubatãozinho

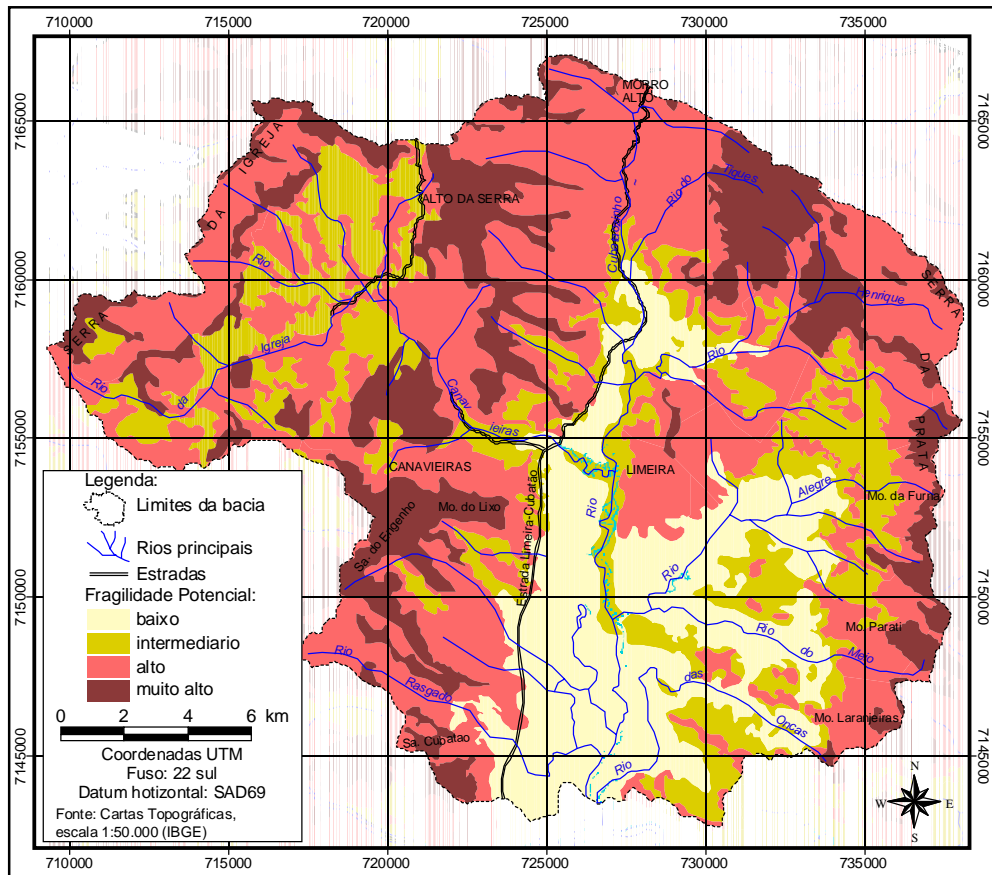


Figura 8 - Carta de fragilidade potencial da bacia do rio Cubatãozinho

A classe de alta fragilidade potencial é a que aparece em maior extensão na bacia. Estão associadas a relevo declivoso, vertentes predominantemente retilíneas e côncavas. O substrato geológico é composto de rochas metamórficas e ígneas, do tipo migmatitos, gnaisses e granitos com elevado grau de resistência intempérica, com solos do grupo dos Cambissolos.

As áreas de fragilidade potencial intermediária estão localizadas nas vertentes menos declivosas das serras e nos terços inferiores, com substrato litológico composto por rochas metamórficas (гнаisses e migmatitos) e Cambissolos.

As áreas de baixa fragilidade potencial são consideradas sob a perspectiva da ecodinâmica como estáveis e em relativo equilíbrio natural. Na área de estudo estão localizadas na planície, composta por Gleissolos, sobre sedimentos aluvionares quaternários, com relevo plano apresentando declividade inferior à 5%.

Fragilidade Emergente

As unidades mapeadas na carta de fragilidade emergente (figura 09), cujas classes indicam o estado de equilíbrio da paisagem em face à ocupação antrópica, são resultantes da correlação das informações da fragilidade potencial com o uso do solo.

A classe predominante na área de estudo de estudo é a de intermediária fragilidade emergente, ocorrendo geralmente nas áreas onde os resultados da fragilidade potencial apontavam para classes de alta e muito alta instabilidade, mas que possuem a cobertura vegetal bastante preservada, em estágios avançado e intermediário de sucessão ou então muito pouco alteradas

pela ação antrópica.

Estas áreas apresentam um intermediário equilíbrio na relação de cobertura e aspectos físicos, pois a vegetação existente atenua a ação da erosão e de deslizamentos. Portanto, mudança no uso do solo nessas áreas poderá alterar esse estado de equilíbrio, desencadeando a aceleração dos processos, assim a retirada da floresta influenciará numa nova configuração da fragilidade emergente.

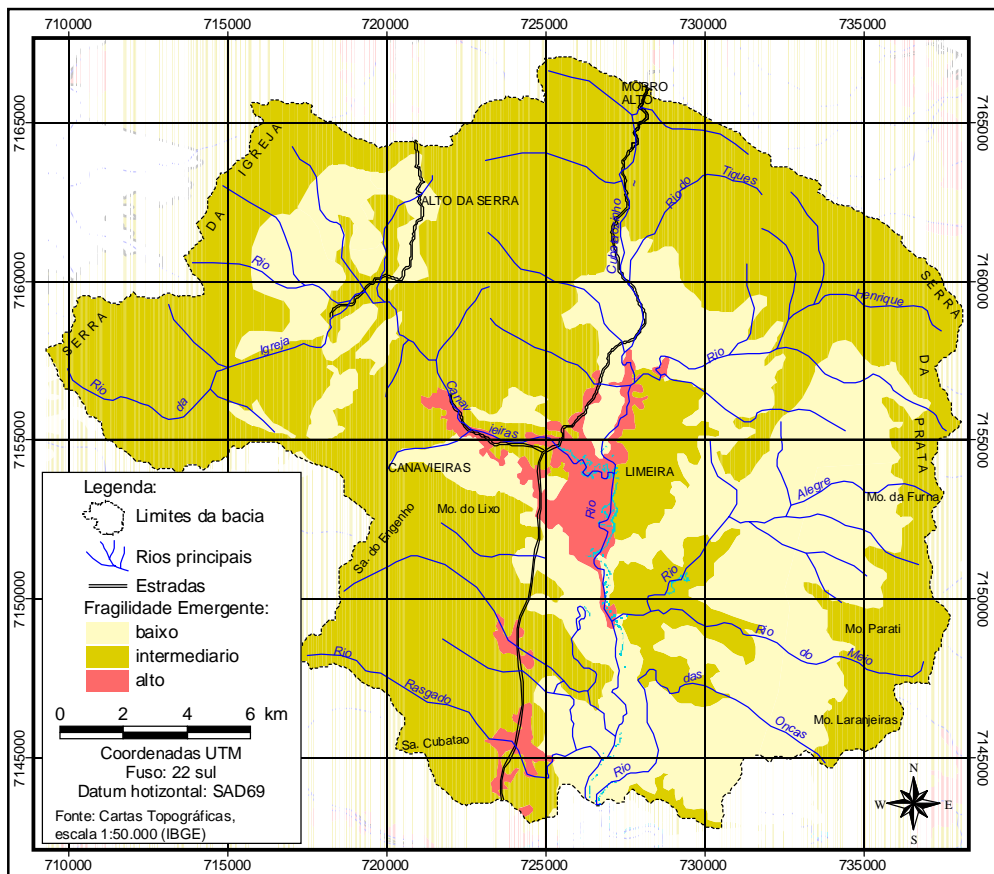


Figura 9 - Carta de fragilidade emergente da bacia do rio Cubatãozinho

A classe predominante na área de estudo de estudo é a de intermediária fragilidade emergente, ocorrendo geralmente nas áreas onde os resultados da fragilidade potencial apontavam para classes de alta e muito alta instabilidade, mas que possuem a cobertura vegetal bastante preservada, em estágios avançado e intermediário de sucessão ou então muito pouco alteradas pela ação antrópica.

Estas áreas apresentam um intermediário equilíbrio na relação de cobertura e aspectos físicos, pois a vegetação existente atenua a ação da erosão e de deslizamentos. Portanto, mudança no uso do solo nessas áreas poderá alterar esse estado de equilíbrio, desencadeando a aceleração dos processos, assim a retirada da floresta influenciará numa nova configuração da fragilidade emergente.

A classe de baixa fragilidade emergente, localizada na planície do rio Cubatãozinho e seus afluentes, rios Alegre, do Meio e das Onças, é resultante pelo atual estado de preservação da cobertura vegetal nessas áreas.

A incidência de baixa fragilidade emergente nas porções de serras, são resultantes da proteção do solo exercida pela vegetação, que atenua a ação dos processos morfogenéticos identificados com alta e muito alta fragilidade potencial. Nessas áreas se houver a retirada da floresta pode provocar mudanças nos resultados aqui apresentados, passando de baixa fragilidade emergente para alta ou muito alta fragilidade emergente.

As áreas com alta fragilidade emergente representam os locais de maior pressão antrópica na bacia, uma vez interferem nos processos naturais, agravando sua ação. Tais áreas são encontradas nas porções da bacia onde há prática de atividades agrícola e pecuária.

Localizam-se nos eixos viários com cultivos agrícolas comerciais e de subsistência e pecuária. Dessas atividades, a mais representativa é o cultivo de banana, principalmente na estrada Limeira-Cubatão, que se estende na planície do rio Cubatãozinho. A degradação ambiental nessas áreas está associada a utilização de agrotóxicos, que causam a contaminação dos solos, do lençol freático e dos rios e a retirada da vegetação de mata ciliar causando o solapamento das margens de rios. Na pecuária a criação de búfalos nos terrenos de planície também se faz presente, atualmente com pequeno rebanho, mas que causam principalmente solapamento nas margens dos canais d'água e a compactação do solo com o pisoteio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados no trabalho satisfizeram as expectativas que se propusera sua aplicação, uma vez que foi obtido o mapeamento da fragilidade potencial e emergente na bacia do rio Cubatãozinho.

O método aplicado mostrou-se eficiente, representando a realidade expressa por meio de um modelo espacial computadorizado, podendo ser adequados para aplicação em outras áreas de estudo. Tal método sofreu adaptações, ajustes e acréscimos no desenvolvimento desse trabalho.

A utilização de ferramentas de geoprocessamento expressa também a contribuição e avanço do uso de novas tecnologias no tratamento de estudos ambientais, mostrando eficiência e agilidade nas aplicações de metodologias com enfoque espacial.

As unidades mapeadas na carta de fragilidade potencial retrataram as potencialidades físico-naturais da paisagem, predominando na bacia a classe de alta fragilidade potencial, uma vez que os fatores naturais da área de estudo apresentaram elevados índices pluviométricos, vertentes declivosas, associados à solos pouco desenvolvidos.

A carta de fragilidade emergente demonstrou os desequilíbrios que se processam na bacia, sendo expressos também por classes qualitativas, predominando a de média fragilidade, o que demonstra que a vegetação, ali existente mantém a paisagem em relativo equilíbrio, atenuando a ação dos processos morfodinâmicos. Assim, pode-se afirmar a importância de uma ocupação ordenada nessas áreas, uma vez que mudanças no cenário atual, tal como a extração da vegetação, acarretaria danos incalculáveis a esse ambiente.

Por fim, esse trabalho busca contribuir como subsídio ao planejamento ambiental através das cartas temáticas apresentadas, bem como no avanço e desenvolvimento do método utilizado.

REFERÊNCIAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985.

BIGARELLA, J. J.; *et al.* **A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria de Estado e Planejamento, 1978.

BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do**

Departamento de Geografia da USP. n. 6, São Paulo, p. 45 - 61, 1992.

CHPAR - Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza. **Fator Erosividade e Pluviosidade - Porção Oriental do Estado do Paraná.** Banco de Dados da Copel. Curitiba, 2002.

DSG - DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Cartas Topográficas Digitais.** Porto Alegre: color. Escala: 1:25.000. Material cartográfico. 1998 - 2001.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Rio de Janeiro : Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – DERNA. Manuais Técnicos de Geociências, n. 1, 1992.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento.** São Paulo: Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, São Paulo: FFLCH/USP, 1994.

SCHMIDLIN, D. Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas para atualização e Geração do Mapa Compilado de Solos da APA de Guaratuba (PR). Curitiba, 1998. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná.

SEMA - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Cartas de Vegetação.** Curitiba: color. Escala 1:50.000. Material Cartográfico. 2001.

SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. de. **Erosão e Hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: RiMa, 2003.

SILVEIRA, C. T. Estudo das Unidades Ecodinâmicas da Paisagem na APA de Guaratuba: subsídios para o planejamento ambiental. Curitiba, 2005. **Dissertação** (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná.

SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C; ZAI, C. Mapeamento de declividade de vertentes: aplicação na APA de Guaratuba / Paraná. *In:* Simpósio Nacional de Geomorfologia, VI; Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. **Anais...**, Goiânia : SINAGEO, 2006a.

SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C; ZAI, C. Análise da Fragilidade dos Solos da APA de Guaratuba (PR). *In:* Simpósio Latino-Americano de Geografia Física, IV, 2006, Maringá. **Anais...**, Maringá : SLAGF, 2006b.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.