



---

## **ESTUDO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NA APA DE GUARATUBA / PARANÁ, COM UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SIG**

Claudinei Taborda da Silveira, Mestrando DGEO, UFPR, [claudineits@ig.com.br](mailto:claudineits@ig.com.br)  
Alberto Pio Fiori, DEGEO, UFPR, [fiori@ufpr.br](mailto:fiori@ufpr.br)  
Chisato Oka-Fiori, DEGEOG, UFPR, [chisato@ufpr.br](mailto:chisato@ufpr.br)

Eixo temático: Gestão de Bacia Hidrográfica

### **RESUMO:**

O presente trabalho constituiu no Estudo de Fragilidade Ambiental na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaratuba, que se estende pelos municípios de Guaratuba, em aproximadamente 90% de seu território; Matinhos, Paranaguá; Tijucas do Sul e São José dos Pinhais, no Estado do Paraná. Abrange quase a totalidade a bacia hidrográfica da baía de Guaratuba, englobando importantes sub-bacias: rio São João (1), rio São João (2) – estas últimas duas são distintas, apesar de idêntica denominação, rio Cubatãozinho, rio Cubatão, rio Boguaçu, sendo estas as principais sub-bacias que drenam da Serra do Mar e Litoral, da porção sul paranaense, para o Oceano Atlântico. O método adotado segue os fundamentos propostos por Tricart (1977) e Ross (1990 e 1994). A delimitação e mapeamento para o estudo da Fragilidade Potencial se deu a partir do cruzamento das informações de declividade, de erosividade e da pedologia; representando as características físico-naturais na área em estudo. Para o estudo da Fragilidade Emergente foram correlacionados os resultados da Fragilidade Potencial com as informações da cobertura do solo. Assim, o primeiro passo para execução do trabalho foi a confecção das cartas Clinográfica, Erosividade, Pedológica e de Cobertura do Solo. Para processamento, armazenamento, apresentação e análise das informações espaciais utilizou-se das técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que representam uma ferramenta de grande valor e potencialidade. Os resultados alcançados buscaram contribuir para estudos de planejamento, gestão e ordenamento territorial de bacias hidrográficas, bem como, servir de base e suporte para demais estudos na extensão na área.

Palavras Chaves: Estudo de Fragilidade Potencial; Estudo de Fragilidade Emergente; ferramentas de SIG.

### **1. INTRODUÇÃO**

Atualmente, cada vez mais, a sociedade e instituições têm assimilado o real valor e importância de estudos de planejamento territorial, do ordenamento espacial e da gestão de bacias hidrográficas, dentre outros instrumentos de análise ambiental. Essa ascensão de paradigma faz com que sejam revistos alguns posicionamentos adotados quanto ao uso dos recursos naturais.

Desse modo, é crescente o número de trabalhos que buscam oferecer novas soluções e demonstrar aplicações de métodos que apresentam perspectivas diversas para se observar e tratar da paisagem. Hoje, o auxílio de algumas ferramentas tecnológicas oferecem um apoio de grande valia, sendo uma delas as ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), constituindo-se de técnicas computacionais para estudos espaciais, bem como suas aplicações.

Esse trabalho traz o enfoque da análise da paisagem, na tentativa da análise integradas de alguns dos componentes físico-naturais e antrópicos. Assim a Análise de Fragilidade Ambiental, correlaciona, ainda que sob a perspectiva qualitativa, e apresenta resultados para apoio em planejamento e zoneamento territorial. Os resultados são



expressos em cartas temáticas que exprimem as correlações espaciais em classes representativas.

A área de estudo, eleita para aplicação, é a Área de Proteção Ambiental de Guaratuba, uma unidade de conservação de grandes dimensões, que abrange quase totalidade da bacia hidrográfica da baía de Guaratuba, que recebe a drenagem da porção da Serra do Mar e Litoral paranaense.

Preocupado com questões relativas à atuação antrópica na porção oriental paranaense, já na década de 70, Bigarella *et al* (1978), apresenta considerações quanto à fragilidade e problemas encontrados na Serra do Mar, principalmente com os desmatamentos. O autor chama a atenção, apontando como um problema de segurança ambiental, uma vez que um erro nas previsões de uso na região litorânea as conseqüências podem ser desastrosas, com perdas materiais e possivelmente humanas. Também faz considerações sobre algumas das conseqüências que podem ocorrer a partir da transformação desequilibrada da paisagem, pelo homem: a) um aumento no volume e na energia no fluxo das águas na superfície de um terreno; b) inundações mais severas atingindo níveis mais altos; c) erosão acelerada; d) infiltração no subsolo profundo aumentando e propiciando movimentos de massa; entre outros danos.

Assim, reiterando as preocupações que o referido autor já expunha, busca-se aqui, demonstrar os resultados alcançados, que estão expostos no corpo desse trabalho.

### **1.1. Área de Estudo: localização e acessos**

A área do presente estudo corresponde à Área de Proteção Ambiental de Guaratuba, criada em 1992, com 199.586,51 hectares representando, aproximadamente, 1% do território paranaense. Sua extensão abrange os municípios de Guaratuba, ocupando aproximadamente 90% de seu território; Matinhos; Paranaguá; Tijucas do Sul e São José dos Pinhais (figura 1). Espacialmente está locada entre as coordenadas geográficas de -25° 54'S e -49° 14'W; e 26° 01'S e 48° 53'W.

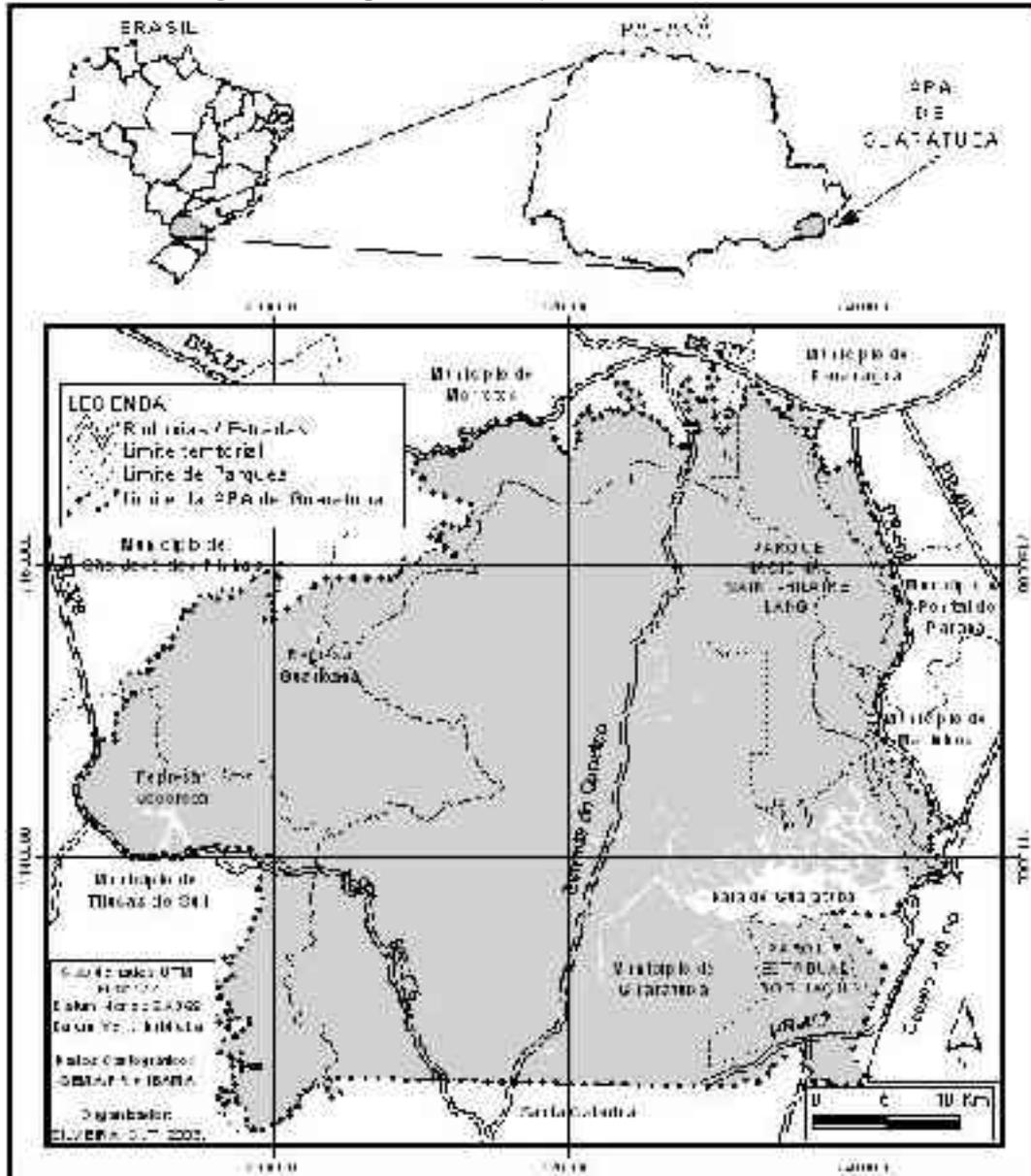
No corpo da APA de Guaratuba estão locadas duas unidades de conservação de categoria parque, sendo um na porção norte, o Parque Nacional Saint-Hilaire / Lang e o outro na porção sul, o Parque Estadual do Boguaçu, ambos criados com o objetivo de conter o avanço urbano para dentro da APA.

A área correspondente à APA estende-se pelas unidades fisiográficas, propostas por Maack (1981), compreendidas como planície litorânea, passando pela Serra do Mar e se estendendo até o Primeiro Planalto. Está situada também em sua área a Baía de Guaratuba, que compõe um complexo sistema estuarino. A grande importância ecológica da APA se deve por conter grande parte dos remanescentes da Mata Atlântica do Estado do Paraná, também pela diversidade da fauna e flora, associada à beleza cênica das elevadas encostas que compõe a Serra do Mar.

As principais vias de acesso viário são a BR277, importante rodovia, que representa a principal via de acesso de Curitiba à cidade portuária de Paranaguá; a BR376, importante rodovia que liga Curitiba a Joinville e Florianópolis; a PR508 e PR512, rodovias estaduais que ligam os municípios da porção sul do litoral do Paraná e a Estrada do Cubatãozinho, que atravessa no sentido norte-sul a APA de Guaratuba, não é asfaltada e se constitui como via de tráfego e acesso das comunidades que residem nessa UC.



Figura 1 – Mapa de localização da APA de Guaratuba



## 1.2. Conceituação legal de APA e UC's

No Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, Lei Federal nº 9985, de 18 de julho de 2000, as Unidades de Conservação são entendidas como sendo “o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

Conforme o SNUC as Unidades de Conservação dividem-se em dois grupos:

a) Unidades de Proteção Integral, que tem como objetivo básico preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Esta constitui-se de cinco categorias de Unidades de Conservação: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural e Refúgio da Vida silvestre.

b) Unidades de Uso Sustentável, que tem como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Constitui-se em sete categorias de Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental;



Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva da Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Área de Proteção Ambiental, conforme consta no Artigo 15 da Lei 9985, é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem estar das populações humanas e tem como objetivo básico proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Complementam, ainda, o Artigo 15 os seguintes parágrafos:

- 1º A Área de Proteção Ambiental é constituída por terras públicas ou privadas.
- 2º Respeitados os limites constitucionais, podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada localizada em uma Área de Proteção Ambiental.
- 3º As condições para a realização de pesquisa científica e visitação pública nas áreas sob domínio público serão estabelecidas pelo órgão gestor da unidade.
- 4º Nas áreas sob propriedade privada, cabe ao proprietário estabelecer as condições para pesquisa e visitação pelo poder público, observadas as exigências e restrições legais.
- 5º A Área de Proteção Ambiental disporá de um Conselho presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes dos órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e da população residente.

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

O método adotado para a elaboração das Cartas de Fragilidade Ambiental baseia-se nos fundamentos propostos por Tricart (1977) e por Ross (1990 e 1994). Tricart compreende que, na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações de equilíbrio dinâmico, geralmente entrando em desequilíbrio pela ação do homem. Buscando analisar de maneira integrada o ambiente, esse autor propõe o conceito de Unidades Ecodinâmicas, que estuda a dinâmica dos ecossistemas, relacionando a morfodinâmica para o entendimento dos processos, considerando o clima, relevo, material rochoso, solos, cobertura vegetal, entre outros fatores. As Unidades Ecodinâmicas foram classificadas em três categorias: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis. Com base nesse conceito, visando aplicações ao Planejamento Ambiental, Ross acrescenta novos critérios estabelecendo a Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais, relacionando fatores da paisagem como topografia, solos, pluviosidade, com o uso e ocupação do solo por meio antrópico.

### 2.1. Materiais utilizados

Os materiais utilizados na elaboração das Cartas de Fragilidade Ambiental foram: folhas Topográficas digitais, escala 1:25000, ano de 1998 - 2001: MI 2857-2 SE, MI 2858-1 NO, MI 2858-1 NE, MI 2858-1 SO, MI 2858-1 SE, MI 2858-2, NO, MI 2858-2 NE, MI 2858-2 SO, MI 2858-2 SE, MI 2857-4 NO, MI 2857-4 NE, MI 2857-4 SE, MI 2858-3 NO, MI 2858-3 NE, MI 2858-3 SO, MI 2858-3 SE, MI 2858-4 NO, MI 2858-4 NE, MI 2858-4 SO e MI 2858-4 SE; cartas de Vegetação digitais, escala 1:50000, ano de 2002: MI 2857-2, MI 2858-1, MI 2858-2, MI 2857-4, MI 2858-3 e MI 2858-4; mapa Compilado de Solos da APA de Guaratuba, escala 1:50000, ano de 1998, (SCHMIDLIN, 1998), base de dados concedidos pela SEMA; informações pluviométricas e de erosividade, fonte dos dados: Banco de Dados Hidrometeorológico, CHPAR/LACTEC/COPEL, período de 1975 a 2000; e *software*: Arcview 3.2 e módulos *Spatial Analyst* e *3D Analyst*.



## 2.2. Procedimentos metodológicos

Na execução do trabalho, formulação das cartas, armazenamentos de informações, cruzamentos dos dados e outros procedimentos associados, utilizou-se de apoio com Sistema de Informações Geográficas – SIG, que representa uma poderosa ferramenta de análises espaciais.

Para Silva (1998), as ferramentas de SIG são apontadas na utilização como alternativas para o entendimento do meio físico, compondo o universo da geotecnologia. Conceitua-o como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais. Para Silveira (2000), um SIG pode ser definido como um banco de dados associado a informações que estão representadas graficamente, com referenciamento espacial através de um sistema de coordenadas, com vistas à formação de um conjunto de dados que facilite a gestão e o zoneamento espacial.

Desse modo, conforme a figura 2, a Carta de Fragilidade Potencial foi elaborada a partir do cruzamento das informações de declividade, de erosividade e da pedologia, e representa a fragilidade dos recursos físico-naturais na área de estudo. A Carta de Fragilidade Emergente foi elaborada através do cruzamento dos resultados da Fragilidade Potencial com a cobertura do solo (vegetação e usos antrópicos). Para que fosse possível realizar a correlação entre os diferentes níveis de informações e representá-los, foram adotadas classes de fragilidade para cada tema, que variam do nível muito baixo até muito alto, atribuindo-se cada um valores numéricos, aqui denominados de pesos, (tabela 1), que variam em uma ordem de grandeza. Assim, o primeiro passo para execução do trabalho foi a confecção das cartas bases, que são as cartas: Clinográfica, de Erosividade, de Solos e de Cobertura do Solo, nas quais foram definidas classes e atribuídos os pesos.

Após isso foram realizados os cruzamentos de informações em ambiente computacional, utilizando-se de recursos de SIG, no qual cada porção espacial foi representada por um peso, de acordo com a ordem de grandeza atribuída às classes (figura 2). Depois foram convertidas as entidades espaciais representadas por polígonos para o formato digital *grid* – no software *Spatial Analyst*, módulo que compõe o *ArcView*. No processamento dos dados a resolução espacial do *pixel* adotada foi de 30 metros.

Figura 2 – cruzamento de informações para elaboração das Cartas de Fragilidade

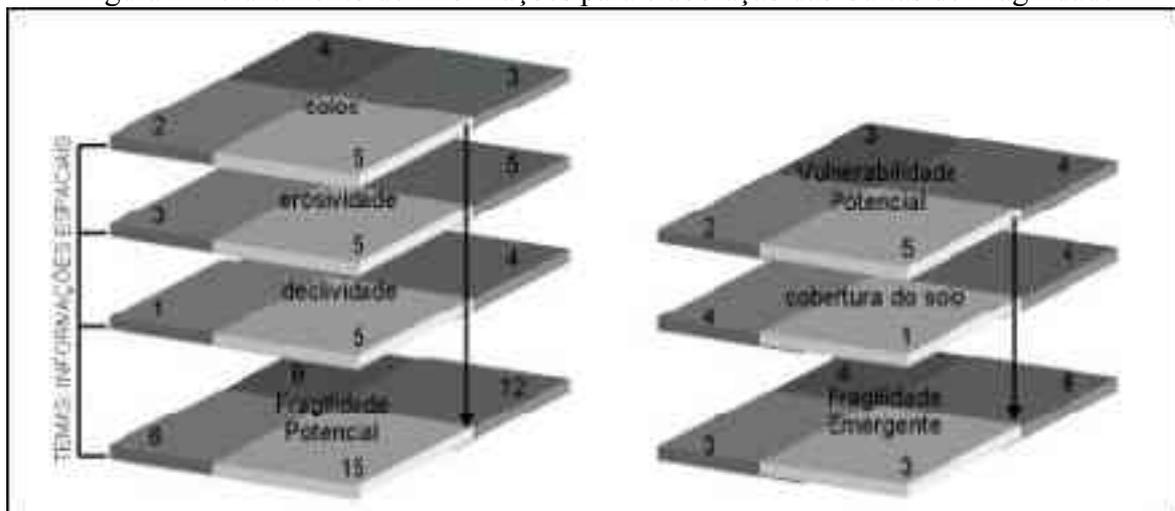


Tabela 1 – atribuição de pesos por classes

Classes	Pesos
Muito baixa	1



Baixa	2
Média	3
Alta	4
Muito alta	5

### 3. AS CARTAS BASES: TEMAS QUE COMPÕE À PAISAGEM

As cartas bases constituem no suporte deste trabalho, uma vez que, a partir do cruzamento de seus resultados foram definidas as unidades espaciais para as cartas de Fragilidades. As cartas são: Clinográfica, de Erosividade, de Solos e de Cobertura do Solo.

#### 3.1. Carta Clinográfica

A Carta Clinográfica demonstra as inclinações no terreno, identificadas por classes. Essas informações são de grande importância na análise física da paisagem, uma vez que a inclinação das encostas está diretamente ligada aos processos erosivos e sua intensidade e aos movimentos de massa, sendo estes, importantes processos na morfogênese do relevo.

Para a presente pesquisa, adotou-se a proposta de De Biasi (1977), que estabelece cinco classes de declividade: <5%, limite utilizado internacionalmente para uso urbano-industrial; 5-12%, essa classe define o limite máximo do emprego da mecanização na agricultura; 12-30%, 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; 30-47%, baseado no código florestal, que estabelece como limite máximo de corte raso 25° (47%); e >47%, conforme o artigo 10 do código florestal, que não permite o corte florestal em áreas com inclinação entre 25° a 45° (100%).

Seguindo essa proposta, foram mantidos os mesmo intervalos de declive, uma vez que outros estudos que tratam do Litoral Paranaense seguem estas mesmas classes, como é o caso de Canali & Oka-Fiori (1998 & 2002).

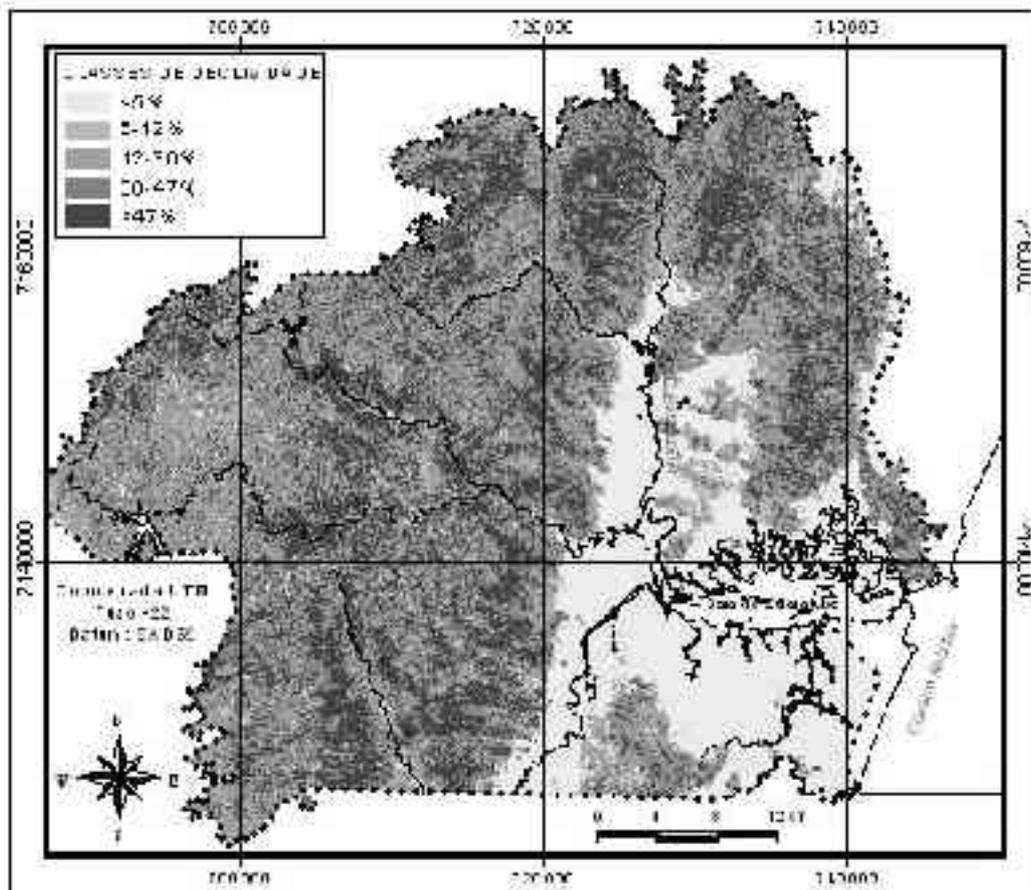
A Carta Clinográfica da APA de Guaratuba (figura 3) foi gerada sobre uma plataforma de SIG, através de Modelagem Digital do Terreno (MDT), no *software 3D Analyst* – módulo complementar do *Arcview*, utilizando-se da base cartográfica digital 1:25000, com curvas de nível com equidistância altimétrica 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 constitui no modelo 3D do terreno. Sobre esse modelo 3D foram organizadas as classes de declividade, atribuindo-se pesos, conforme tabela 2, sendo que para as áreas com pequenas inclinações, entendidas como de menor grau de fragilidade, foram atribuídos pesos menores, e os com declividades maiores, pesos mais elevados.

**Tabela 2 – Grau de Instabilidade por classe de declividade**

Classe de Declividade	Grau de Instabilidade	Peso
< 5%	Muito baixo	1
5 – 12%	Baixo	2
12 – 30%	Médio	3
30 – 47%	Alto	4
> 47%	Muito Alto	5



Figura 3 – Carta Clinográfica



### 3.2. Carta de Erosividade

O clima é um fator bastante influente no ambiente natural, e seu fator de maior influência nas regiões tropicais é a pluviosidade. Em função da localização geográfica, a APA de Guaratuba recebe grande influência pluviométrica devido à sua proximidade com o oceano. As elevadas serras bloqueiam as entradas das massas de ar atlânticas, promovendo as chuvas orográficas. Assim sendo, o potencial erosivo das chuvas foi levado em consideração para a elaboração das Cartas de 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 a 2000, obtidos junto ao CHPAR.

A partir destes postos realizou-se o processamento de dados em SIG, no *software Spatial Analyst*, com o comando de criação de contornos baseando-se nos atribuídos com as informações de erosividade, associadas às entidades pontos, que representam as estações de medição pluviométrica. Utilizou-se para a criação dos contornos do interpolador *SPLINE – REGULAR*, sob a perspectiva linear do terreno. Assim, foram criadas áreas de influência por índice de erosividade.

Os índices de erosividade das chuvas podem ser calculados através do coeficiente expresso pela fórmula:  $Elm = p^2 / P$

sendo: Elm – índice de erosividade média mensal (mm);  
p – precipitação média mensal (mm), e  
P – precipitação média anual.

A partir do resultado do Elm (índice de erosividade médio mensal), aplica-se a fórmula:  $R = 6,886 (Elm)^{0,85}$ , segundo Bertoni & Lombardi Neto (1985). Obtêm-se assim os valores de erosividade, representados pela letra (R).



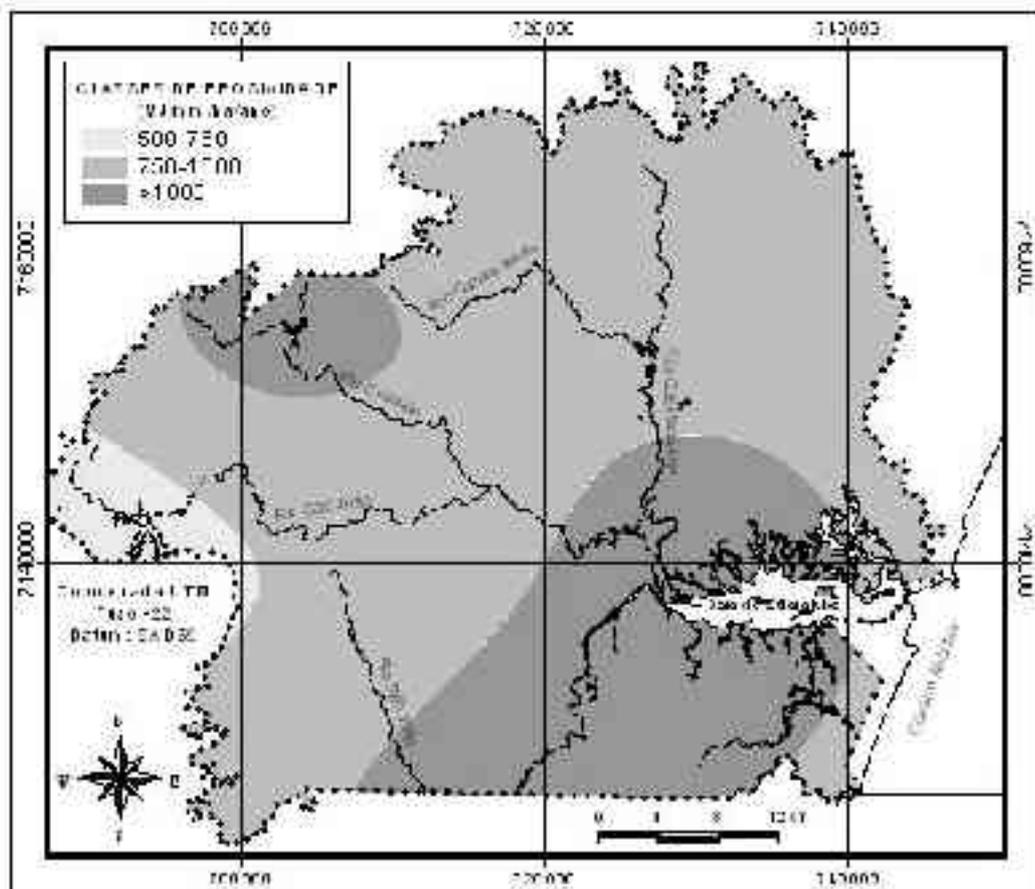
Após a interpolação dos pontos, contendo informações de erosividade (expresso em MJ/mm/ha/ano), as zonas, ou áreas de influência foram agrupadas em categorias, conforme proposto por Ross (1994), sendo: <250, de 250 a 500, de 500 a 750, 750 a 1000 e >1000.

Devido ao elevado índice pluviométrico na área de estudo, obteve-se a ocorrência de três categorias, conforme está representado na Carta de Erosividade (figura 4), sendo estas classes as de maior índice de erosividade, que receberam pesos de acordo com o grau de instabilidade natural que propiciam (tabela 3), variando da média instabilidade à muito alta instabilidade.

Tabela 3 – Grau de instabilidade por classe de erosividade

Classe de Erosividade	Grau de Instabilidade	Peso
500 – 750	Médio	3
750 – 1000	Alto	4
>1000	Muito alto	5

Figura 4 – Carta de Erosividade



### 3.3. Carta de Solos

Os solos constituem-se em um elemento de grande importância para avaliar a fragilidade do ambiente, uma vez que influenciam enormemente a configuração da paisagem, enquanto suporte da cobertura vegetal e interface para ação do homem, morfogênese do relevo, ligação intrínseca aos movimentos de massa e erosão, entre outras atuações.

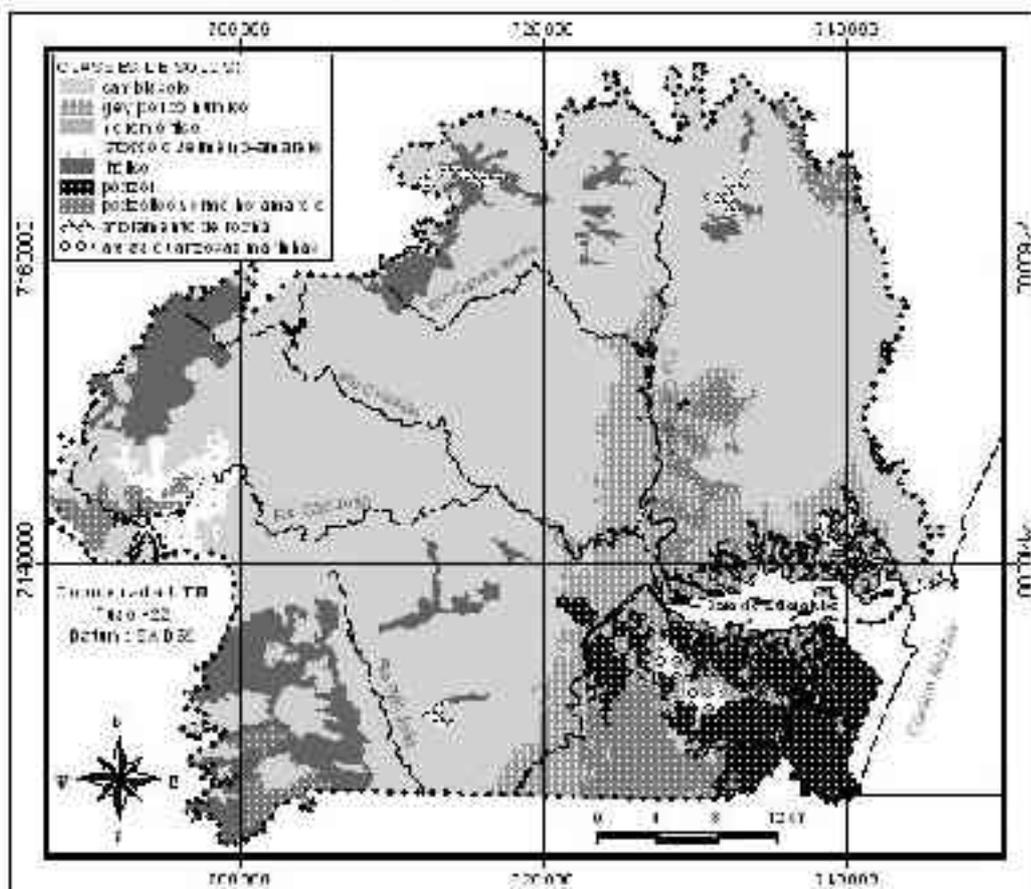


Para a definição dos diferentes graus de fragilidade para as classes de solos, foi levada em consideração sua susceptibilidade à erosão, uma vez que os mais susceptíveis receberam peso maior, sendo os mais instáveis. As classes variaram de baixo grau de fragilidade a muito alto, não aparecendo na área de estudo solos de muito baixa fragilidade. Os agrupamentos dos tipos pedológicos, bem como sua susceptibilidade à erosão são apresentados na tabela 4. A base dos dados utilizada para o agrupamento das classes foi o Mapa Compilado de Solos da APA de Guaratuba (figura 5).

**Tabela 4 – Grau de instabilidade por classe de solos**

<b>Classes de Solos (agrupamento por grau de susceptibilidade)</b>	<b>Grau de Instabilidade</b>	<b>Peso</b>
latossolos (LV)	Baixo	2
cambissolos (Ca e Cd); solos hidromórficos (HGP2) podzólicos (PV); Cambissolos rasos, turfosos, húmicos (Ca e Cd); solos hidromórficos (HG1)	Médio	3
podzol (P); solos hidromórficos (HGP1); solos orgânicos (HO1); solos aluviais (A); solos litólicos (R); afloramento de rochas (AR); areias quartzozas (AQ)	Muito Alto	5

Figura 5 - Carta de Solos



Muitas das classes de solos incidentes na APA aparecem associadas a outras classes. Assim, ocorreu, em alguns casos, polígonos com associações (por exemplo) de cambissolos (peso 3) com solos litólicos (peso 5); nesses casos, estas áreas com influência das duas associações receberam o peso 4, ou seja, a média entre as duas classes. Em casos



em que havia associações de solos de peso 4 e peso 5, prevaleceu o de maior peso para a área.

### 3.4. Carta de Cobertura do Solo

As informações relativas à cobertura vegetal e aos usos antrópicos, representadas pela Carta de Cobertura do Solo (figura 6), constitui-se de elevada importância para a análise e elaboração da Carta de Fragilidade Emergente.

A cobertura vegetal representa um agente de equilíbrio da paisagem, uma vez que evita o impacto direto das gotas de chuva contra o terreno, fato que ocasiona a desagregação das partículas; impede a compactação do solo, aumentando a capacidade de infiltração do solo, reduzindo assim o escoamento superficial; mantém a sobrevivência de organismos biológicos, e suas relações, que influem também na permeabilidade e porosidade do solo. Assim, a atuação da cobertura do solo no processo morfodinâmico da paisagem está diretamente ligada à sua capacidade de proteção.

Para que fosse possível realizar o cruzamento, foram agrupadas as informações por grau de fragilidade, sob o ponto de vista de proteção do solo, podendo ser observadas na tabela 5.

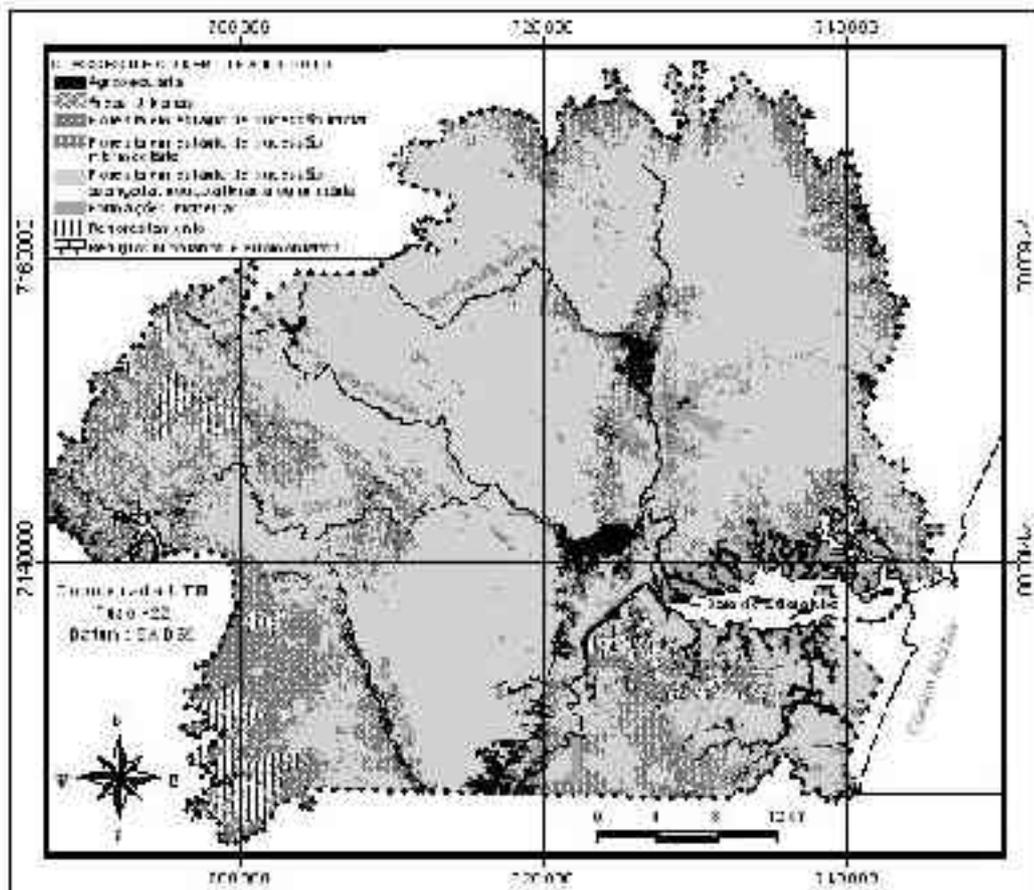
Levando em consideração que as regiões com vegetação em estágio sucessional avançado ou pouco alterado apresentam maior estabilidade quanto a proteção dos solos, esta foi incluída na classe de muito baixa instabilidade emergente; seguindo-se das áreas de formações pioneiras e refúgios montanos e altomontanos, com baixa instabilidade; os estágios de sucessão inicial e médio, sendo incluídos na classe de média instabilidade, pois apesar das influências sofridas ambas encontram-se em estágio de regeneração; quanto aos usos antrópicos de agropecuária e silvicultura, foram agrupados na classe de alta instabilidade emergente, uma vez que proporcionam a homogeneização da cobertura dos solos, alterando a impermeabilização e o escoamento superficial das águas pluviais; e a classe de muito alta instabilidade foi designada às áreas urbanizadas, uma vez que apresenta uso intensivo, envolvendo as maiores alterações na cobertura do solo.

**Tabela 5 – Grau de instabilidade por classe de cobertura do solo**

<b>Classes de Cobertura do Solo</b>	<b>Grau de Fragilidade (Emergente)</b>	<b>Peso</b>
Floresta em estágio de sucessão avançada, pouco alterada ou primária	Muito baixo	1
Áreas de formações pioneira e as áreas de refúgios vegetacionais (montanos e altomontanos)	Baixo	2
Floresta em estágio de sucessão inicial e intermediário	Médio	3
Agricultura, pecuária e reflorestamentos	Alto	4
Áreas urbanizadas	Muito alto	5



Figura 6 – Carta de Cobertura do Solo



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos, através da correlação das informações espaciais do ambiente físico e da cobertura do solo da superfície da APA de Guaratuba, excetuando os grandes corpos d'água (baía e represas), originaram a delimitação das unidades espaciais representando cartograficamente a Carta de Fragilidade Potencial (figura 7) e Carta de Fragilidade Emergente (figura 8).

##### 4.1. Fragilidade Potencial - FP

As delimitações destas unidades, representadas na figura 7, expressam o equilíbrio dinâmico natural na APA de Guaratuba, preservados das atividades antrópicas. O grau de fragilidade potencial predominante na área foi de alta fragilidade potencial, fato esse devido aos altos índices pluviométricos, às elevadas inclinações topográficas do terreno e por apresentar solos pouco desenvolvidos e bastante susceptíveis a erosão.

A classe de muito alta FP aparece principalmente nas porções mais elevadas das serras e divisores d'água, uma vez que nesses locais os solos são rasos, predominância de vertentes com declividades fortemente inclinadas, que dificultam a infiltração da água e pela resistência do substrato geológico que compõe essas serras, constituído principalmente por granitos, migmatitos e gnaisses. O alto índice pluviométrico, do qual deriva o fator erosividade, também é de grande influência para a alta FP dessas unidades, pois essas serras exercem o papel de barreiras para as Massas de Ar Atlântica, que, ao virem do oceano, deparam-se com as serras e se precipitam. Nessas unidades de muito alta FP, podem ser notadas cicatrizes naturais de escorregamentos nas encostas, demonstrando a instabilidade das vertentes.

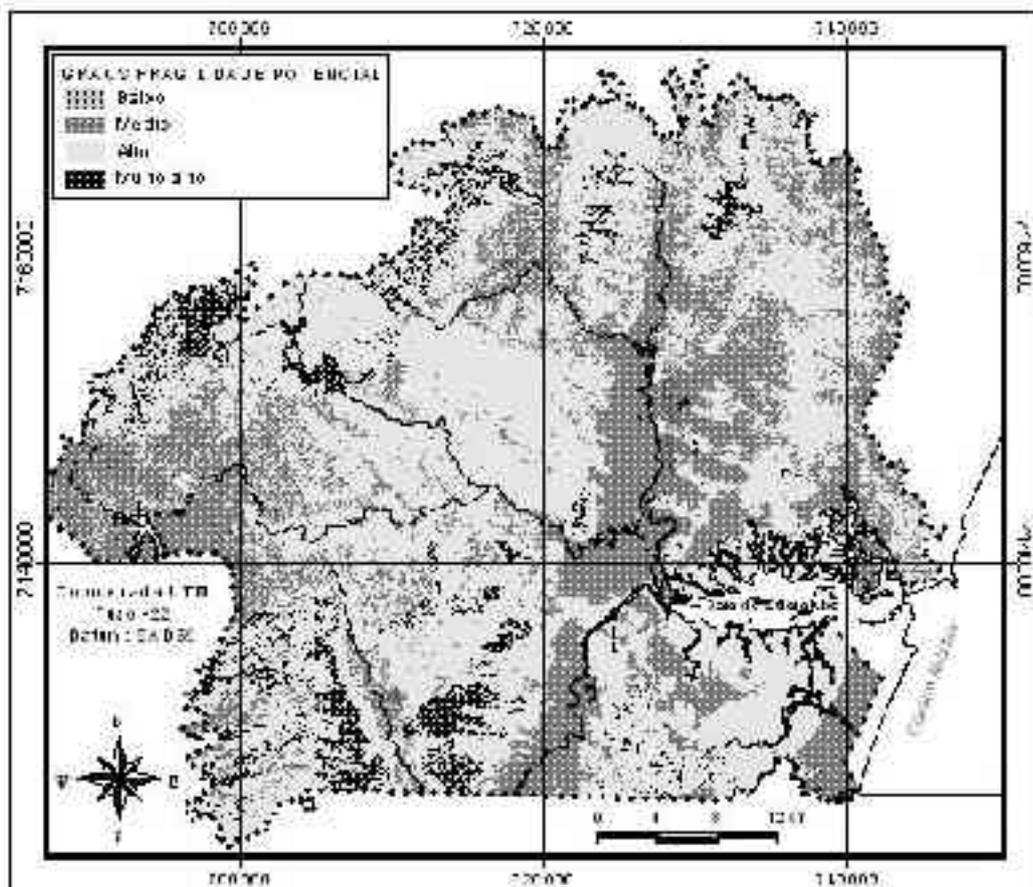


A classe de alta FP é a que se apresenta na maior porção da área da APA, estando distribuída nas serras, morros e na maior parte da planície de restinga. Está associada às características físicas que se assemelham à classe de muito alta FP, porém o que separa estas duas classes são sutis diferenças quanto à inclinação das encostas, sendo mais íngremes na classe de muito alta FP e a cobertura pedológica, uma vez que a classe de alta FP apresenta o predomínio de Cambissolos em sua maior porção.

Com predomínio na extensão das planícies aluviais e nos planaltos (no entorno da Represa do Voçoroca) a classe de média FP representa a combinação de elementos de menor ação na morfodinâmica na paisagem, com estabilidade morfológica intermediária, porém, ainda não isentos da ação da pluviosidade associada aos solos e a declividade. Nessa classe a erosividade apresenta-se em grau médio na região de domínio de planaltos, e alta erosividade na extensão da planície; o relevo é ondulado e suave ondulado no planalto e suavemente ondulado e plano na planície. Quanto aos solos aparecem latossolos, cambissolos e podzólicos no planalto e solos hidromórficos e podzóis na planície.

A classe de menor extensão na unidade de conservação foi a de baixa FP, estando na porção extremo oriental da APA, nas proximidades da rodovia BR 376 à oeste da represa do Capivari. Esse resultado se deve pelo predomínio de solos do tipo latossolo, em relevo ondulado associado a erosividade de classe média. A classe de muito baixa FP não foi constatada na área de estudo.

Figura 7 – Carta de Fragilidade Potencial



#### 4.2. Fragilidade Emergente - FE

Estas unidades espaciais estão representadas na figura 8 e indicam as alterações antrópicas do ambiente natural e seu estado de equilíbrio em relação à cobertura do solo.



Seus resultados se dão através da relação dos resultados da FP com as informações da cobertura do solo.

A classe predominante na Fragilidade Emergente é a de médio grau, uma vez que ocupa, predominantemente, as áreas com alta FP com uma cobertura florestal bastante preservada. Sendo assim, estas áreas demonstram um grau intermediário de equilíbrio, pois a vegetação existente atenua a ação morfodinâmica (erosão e movimentos de massa). Cabe a ressalva que se houver a atividade extrativa da floresta, estas áreas terão aumentado o seu grau FE. Assim, o predomínio dessa classe se deve ao estado atual de preservação em que se encontra a vegetação na APA de Guaratuba. A alteração desse cenário atual irá alterar o estado de equilíbrio, desencadeando aceleração nos processos erosivos e instabilidade das encostas.

A classe de baixa FE aparece de maneira mais significativa, comparando aos resultados da FP, ocupando geralmente as áreas com média FP e que se encontram com florestas preservadas. Nesses locais, a vegetação age como agente redutor dos processos, resultando em sua desaceleração. Esse resultado se deu pelo fato da vegetação estar preservada em grande parte no interior dessa Unidade de Conservação.

A classe de muito baixa FE não foi constatada na área de estudo. Isso se deve pelas condições naturais encontradas na APA de Guaratuba, já mencionadas, que configuram as unidades espaciais de Fragilidade Ambiental.

As classes de alta e muito alta FE representam os pontos de maior pressão antrópica atuante na APA e, portanto, de maior foco, uma vez estão em condições de desequilíbrio ecodinâmico. Com maior intensidade de antropização, a classe de muito alta FE representa uma porção pouco significativa dentro da área de estudo, aparecendo na extensão da área urbanizada, próxima ao sul da baía de Guaratuba. Aparece também em pontos esparsos à oeste e à sudoeste da APA, em áreas mais onduladas do relevo, ocupadas por reflorestamentos de Pinus. Os avanços dos núcleos urbanos, decorrentes da especulação imobiliária, pela sua localização geográfica próximo à orla marítima, são as áreas de maior preocupação, sendo os dois principais focos as praias de Guaratuba, Matinhos e Caiobá, uma vez que a intensificação do turismo resulta no aumento de casas de veranistas e na necessidade de novos loteamentos.

A alta FE aparece em maior parte nas margens dos eixos viários de acesso, tais como a rodovia BR 376, que corta a APA de Guaratuba no sentido oeste-sul, a rodovia BR 277 localizada na porção norte e a rodovia PR 508 na porção leste, ambas muito próximas da APA e em certos pontos, sendo o limite desta UC, a PR 412, ao sul e a Estrada do Cubatão que atravessa a APA no sentido norte-sul.

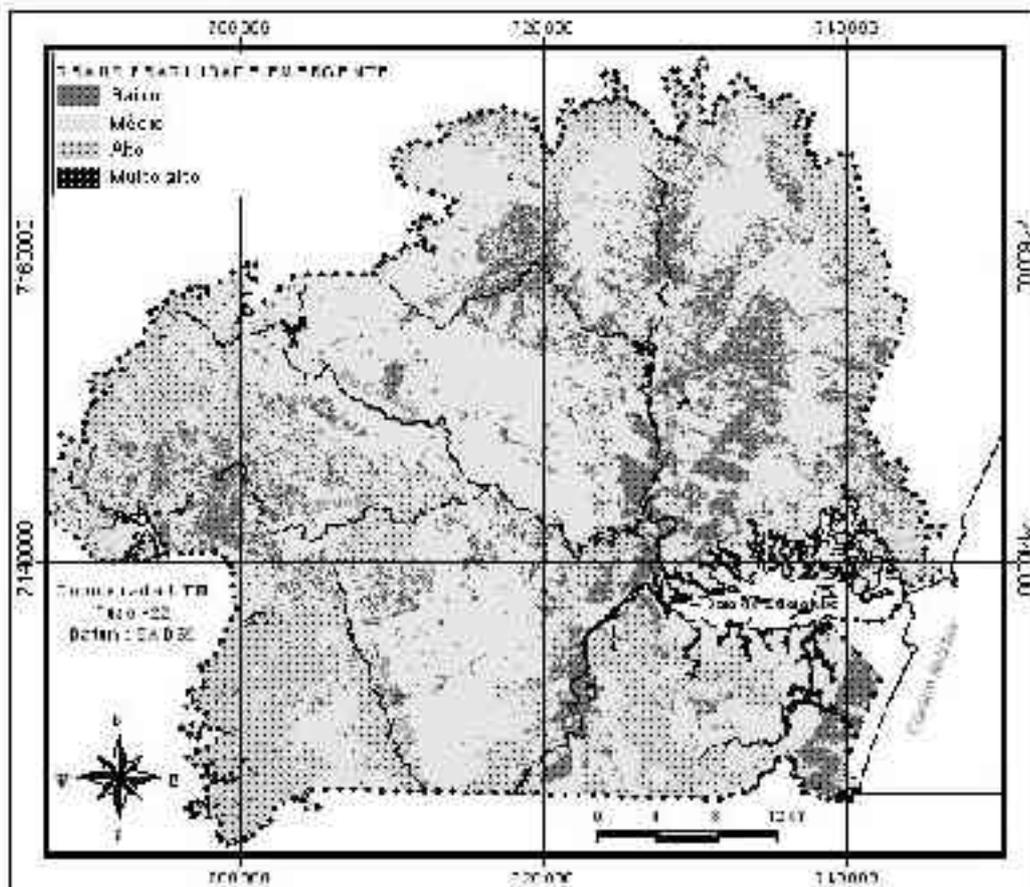
Nas margens desses eixos viários há cultivos agrícolas comerciais e de subsistência, como reflorestamento de pinus, atividades de mineração (extração de areia) e pecuária de pequenos rebanhos. Dessas atividades, a mais representativa é o cultivo de banana, principalmente na Estrada do Cubatão, que se estende na planície da bacia do rio Cubatão ocupando, inclusive, as encostas dos morros e serras. Seus principais impactos estão ligados a utilização de agrotóxicos, que causam a contaminação dos solos, do lençol freático e dos rios, uma vez que não é respeitada a área de preservação permanente (mata ciliar) nos canais, causando também o solapamento das margens. Os cultivadores de bananas dividem-se em pequenos e grandes proprietários. Os primeiros, com áreas mais singelas, praticam a agricultura familiar artesanal, associando outras culturas de subsistência ao cultivo da banana. Nas maiores propriedades são utilizadas máquinas agrícolas (tratores), pequenos aviões - para a aplicação de agrotóxico - e mão de obra assalariada, visando produção comercial.

Pratica-se também o cultivo de arroz, ocupando várzeas, onde é feito o uso de agrotóxicos em contato direto com a água, causando a contaminação dos rios. A criação de gado nos terrenos de planície também se faz presente, com pequenos rebanhos.



Outra atividade que causa impacto dentro da APA são as atividades de extração de areia. A retirada de sedimentos dos canais, por meio de dragas traz, como consequência, à montante, a aceleração na retirada e transporte de sedimentos e à jusante, alteração no balanço de deposição, influenciando também na turbidez da água.

Figura 8 – Carta de Fragilidade Emergente



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de ferramentas de SIG expressa a contribuição e avanço de novas tecnologias, mostrando eficiência e agilidade nas aplicações de metodologias com enfoque espacial.

As considerações finais quanto aos resultados dos trabalhos são de que a Área de Proteção Ambiental de Guaratuba está, em sua maior parte, bastante conservada, apresentando antropizações no seu entorno, ao longo das rodovias BR 277 e PR 508, bem como nas proximidades dos núcleos urbanos de Guaratuba e Matinhos e nos eixos viários que adentram seus limites, sendo a BR 376, a PR 412 e a Estrada do Cubatão. As alterações antrópicas que foram constatadas na APA dizem respeito a reflorestamentos de pinus, agropecuária familiar e artesanal, cultivos de banana e de arroz com fins comerciais e atividade de extração de areia.

O aprimoramento desse trabalho poderá ser feito através da inclusão da geomorfologia e geologia pois, com o acréscimo destes dois fatores, os processos erosivo-depositivos e a instabilidade das vertentes poderão melhor ser qualificados.

A atribuição de pesos para classes dos temas que compõem a paisagem, sem dúvida é um procedimento bastante subjetivo. No entanto, seguindo o método proposto, fez-se necessária consulta a uma ampla bibliografia, bem como discussões com pesquisadores e professores que trabalham nessa linha. Assim, os pesos atribuídos nem sempre são de



consenso sob a perspectiva de todos, estando aberto o desafio para a busca de cada vez mais acuidade e avanço nos procedimentos e sua aplicação.

Por fim, esse trabalho busca contribuir com o subsídio através das cartas resultantes, bem como na aplicação do método proposto, para demais estudos, tanto na APA de Guaratuba, quanto nas demais localizações.

## 6. REFERÊNCIAS

- BIGARELLA, J. J.; *et al.* A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná. Curitiba : Secretaria de Estado e Planejamento, 1978.
- CHPAR. Fator Erosividade - Porção Oriental do Estado do Paraná. Banco de Dados Hidrogeológico da Copel. Curitiba, 2002.
- DE 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, 1977.
- DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO. Cartas Topográficas Digitais. Porto Alegre, 1998 - 2001. 20 cartas : color. Escala: 1:25.000.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. Piracicaba : Livrocetes, 1985.
- MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná. 2 ed. Rio de Janeiro : José Olympio Editora; Curitiba : Secretaria da cultura e do Esporte do Governo do Paraná, 1981.
- OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E. Mapeamento Geomorfológico. In: Renato E. deLima; Raquel E. B. Negrele (org). Meio Ambiente e Desenvolvimento do Litoral do Paraná – Diagnóstico. Curitiba, v. 1, p. 51 – 62, 1998.
- OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E. Mapeamento Geomorfológico e Hidrográfico do Litoral Sul. In: Raquel E. B. Negrele; Renato E. deLima (org). Meio Ambiente e Desenvolvimento do Litoral do Paraná – Subsídio à Ação. Curitiba, v. 1, p. 117 – 134, 2002.
- 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.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMA. Mapa de Solos – Área de Proteção Ambiental de Guaratuba. Curitiba, 2001. 1 mapa : color. Escala 1:100.000.
- SEMA SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS; SENAGRO. Cartas de Vegetação. Curitiba, 2002. 6 cartas : color. Escala 1:50.000.
- SILVA, A. B. Sistemas de informações Geo-referenciadas – conceitos e fundamentos. Campinas : Unicamp, 1998.
- SILVEIRA, C. T. Utilização de Mapas e SIG para Monitoramento e Gestão Territorial. In: Seminário 2000 Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra, 2000, Curitiba. Anais... Curitiba : UFPR, 2000.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia Ambiente e Planejamento. São Paulo : Contexto, 1990.
- \_\_\_\_\_. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia, n. 8, São Paulo : FFLCH/USP, 1994.
- TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.