

# ESTUDO DAS UNIDADES ECODINÂMICAS DE INSTABILIDADE POTENCIAL NA APA DE GUARATUBA: SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL

## POTENTIAL INSTABILITY ECODYNAMIC UNITS STUDY AT GUARATUBA'S APA: SUPPORT TO THE ENVIRONMENTAL PLANNING

Claudinei Taborda da Silveira<sup>1</sup>

Alberto Pio Fiori<sup>2</sup>

Chisato Oka-Fiori<sup>3</sup>

### RESUMO

Foram mapeadas as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial por meio da correlação das informações de solos, geologia, declividade, forma de vertentes e erosividade das chuvas, indicando a configuração desses fatores na dinâmica natural da paisagem, bem como suas classes de instabilidade na APA de Guaratuba. O método adotado está fundamentado na abordagem morfodinâmica proposta por Tricart (1977). As correlações das informações espaciais foram realizadas por meio de processamentos computacionais por combinações numéricas, aplicando operadores de soma ponderada em matrizes, com uso de técnicas de Sistemas de Informações Geográficas. Os resultados alcançados visam subsídio para o planejamento ambiental.

*Palavras-chave:* instabilidade; ecodinâmica; planejamento.

### EXTENDED ABSTRACT

This paper is based on mapping Potential Instability Ecodynamic Units, aiming at environmental planning. The study area is located between the geographic coordinates 49°08'22"W and 25°32'41"S – 48°32'18"W and 26°00'29"S, involving the Guaratuba's APA (Área de Proteção Ambiental - Environmental Protection Area),

1 Setor de Ciências da Terra - Programa de Pós-graduação em Geologia - UFPR

2 Departamento de Geologia - UFPR

3 Professora Doutora do Departamento de Geografia - UFPR

located in the towns of Guaratuba, Matinhos, Paranaguá, Tijucas do Sul and São José dos Pinhais (picture 1). The adopted method is based on the morphodynamic approach or Ecodynamics Principle suggested by Tricart (1977). Also, Ross applies (1990 and 1994), that in an integrated way analyzes the landscape factories, and some works done by INPE (1999) and CPRM (2003) have been taken into account. The Potential Instability Ecodynamic Units concept indicates a territorial unit integrated valuation model, based on pedogenesis and morphogenesis balance, propitiating its classifications about the instability degree. The results of the potential instability ecodynamic map indicates the measure of instability in relation to natural and physic information. The integrated analysis is conducted by using matrixes ponder sum operations, which receive a numeric value, using computer programs with GIS (Geographic Information System) – (table 1). The related themes were: geology, considering the rocks resistance about intemperism (table 2) and giving a value to each litologic kind (table 3); slopes and forms (concave, convex and rectinear ) – (table 4); declivity, by giving value to the intervals of <5%, 5-12%, 12-30%, 30-47% >47% (table 5); rain erosion, showing climatic valuation, giving values to the identified classes, in Mj.mm/ha.h.year\_(table 6); soil kinds, considering the horizon diagnostic, horizon A and textures to give the values (table 7), calculating the weighted average to all pedologyc units, composed by associations and soil kinds sub-groups (table 8). The results are presented in the Potential Instability Ecodynamic map (picture 2), which established four categories: very high, high, intermediate and low. The predominant physical characteristics of each category are shown in the table 9.

*Key-words:* instability; ecodynamic; planning.

## INTRODUÇÃO

As tentativas de racionalização no uso dos recursos naturais e otimização do espaço ocupado, decorrentes do presente estágio de alteração causado pelo homem ao ambiente natural, faz com que seja necessária a aplicação de instrumentos auxiliares na gestão e no planejamento ambiental. Assim, cada vez mais a sociedade e instituições têm assimilado o real valor e importância desses estudos. Essa ascensão de paradigma faz com que sejam revistos alguns posicionamentos adotados quanto ao uso dos recursos naturais e manejo da apropriação do espaço. É visto hoje um crescente número de trabalhos que buscam oferecer novas soluções e demonstrar aplicações de métodos com vista ao planejamento, com a expectativa de compreender e mitigar alterações nos processos naturais.

Atualmente, o auxílio de ferramentas computacionais, tal como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), são de valiosa ajuda para estudos do espaço físico. Sua aplicação no planejamento ambiental é um valioso recurso de apoio, possibilitando correlacionar os aspectos físicos, bióticos e antrópicos da paisagem, propiciando análise integrada de seus componentes, gestão com a espacialização dos fenômenos, simulações futuras por meio da combinação de eventos de ocorrência provável, dentre inúmeras outras aplicabilidades.

O presente trabalho tem como foco a análise da paisagem na tentativa do estudo integrado de alguns dos componentes físico-naturais. Assim, a análise ecodinâmica correlaciona esses componentes, ainda que sob a perspectiva qualitativa, apresentando resultados para apoio no planejamento. Os resultados

são apresentados em forma de mapas por classes de instabilidade.

## Localização e acessos da área de estudo

A área de estudo corresponde à Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaratuba, com 199.586,51 hectares, representando aproximadamente 1% do território paranaense. Sua extensão abrange os municípios de Guaratuba, Matinhos, Paranaguá, Tijucas do Sul e São José dos Pinhais (figura 1), situada nas unidades fisiográficas: Planície Litorânea, Serra do Mar e Primeiro Planalto. Localiza-se geograficamente entre as coordenadas de latitudes 25°32'41"S e 26°00'29"S e longitudes 49°08'22"W e 48°32'18"W.

As principais vias de acesso são: BR 277, importante rodovia e principal via de acesso de Curitiba à cidade portuária de Paranaguá; BR 376, importante rodovia que liga Curitiba a Joinville e Florianópolis; 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. Essa última não tem pavimentação e é a principal via de tráfego e acesso das comunidades que residem na APA.

## MÉTODO

O método adotado para a elaboração do trabalho baseia-se nos fundamentos propostos por Tricart (1977) e por Ross (1990 e 1994). Para Tricart, o conceito de ecodinâmica indica um modelo de avaliação integrado das unidades territoriais, com base no balanço pedogênese/morfogênese, propiciando sua classificação

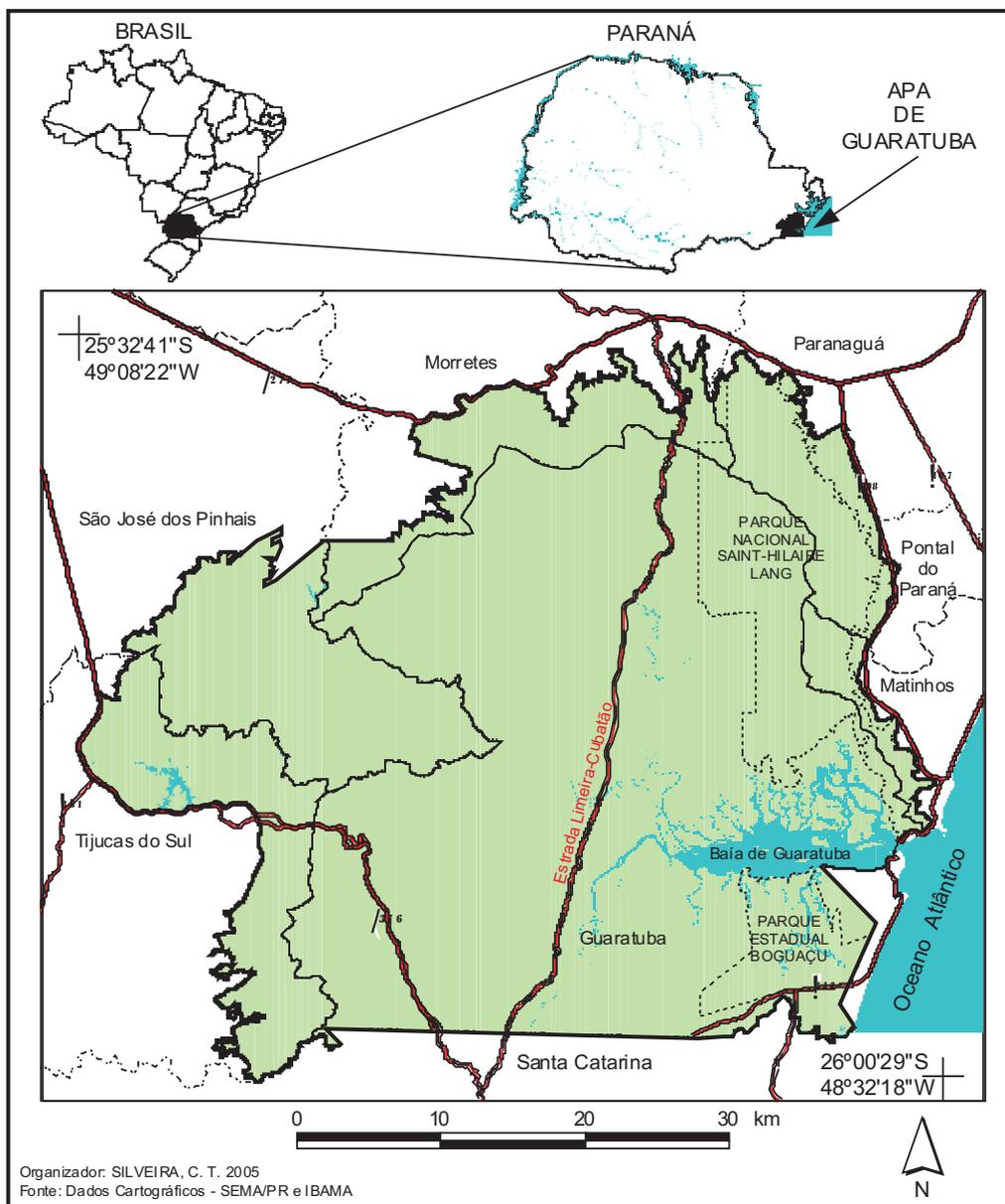


Figura 1 - Mapa ilustrativo da localização da APA de Guaratuba. *Guaratuba's APA localization map*

quanto aos graus de instabilidade. O conceito assume que as trocas de energia e matéria na natureza se processam em relações de equilíbrio dinâmico. Assim, as áreas em que prevalecem os processos morfogênicos são entendidas como instáveis, enquanto que aquelas nas quais predomina a pedogênese são consideradas estáveis, sob a perspectiva da ecodinâmica; já quando há equilíbrio entre os dois processos, a área é considerada de estabilidade intermediária. As Unidades Ecodinâmicas foram classificadas por Tricart (1977) em três categorias: meios estáveis, meios *intergrades* e meios

fortemente instáveis, propondo a representação dessas unidades da paisagem com a Carta Ecodinâmica.

O mapeamento das unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial foi elaborado a partir da superposição das informações de declividade do terreno, erosividade das chuvas, tipos de solos, forma de vertentes e tipos litológicos, o que permitiu a definição de áreas de instabilidade na APA de Guaratuba.

Para que fosse possível realizar a correlação entre os diferentes temas e representá-los adotou-se um escalonamento numérico, com valores de pesos atribuídos

aos temas, que variam do grau de muito baixo até muito alto, ordenados em grandeza crescente, conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1 - Escala de pesos atribuídos por classes de Instabilidade Ecodinâmica. *Ecodynamic Instability values scale*

Grau de Instabilidade	Intervalo de Pesos
Muito baixa	1,0 – 1,9
Baixa	2,0 – 2,9
Intermediária	3,0 – 3,9
Alta	4,0 – 4,9
Muito alta	5,0 – 5,9

### Correlação dos dados

As correlações espaciais das informações foram realizadas com uso de recursos de SIG para superposição entre os temas estudados. A integração dos parâmetros analisados foi feita por meio de soma ponderada dos GRID's. Os GRID's são resultantes da conversão das informações espaciais em formato vetorial, para um modelo regular do terreno, representado por uma malha quadriculada com 30 metros de resolução. Os GRID's criados para elaboração do mapa de Instabilidade Ecodinâmica Potencial (figura 2), foram os tipos de solo, tipos litológicos, compartimentos geomorfológicos por predomínio das formas de vertentes, declividade e erosividade das chuvas. Para cada um deles foi aplicado um valor ponderado para a determinação das classes de instabilidade, procurando-se retratar o nível de influência de cada um deles na dinâmica da paisagem, seguindo os mesmos preceitos aplicados no estudo desenvolvido pela CPRM (2003).

A expressão utilizada para o cálculo final que resulta nas classes de Instabilidade Unidades Potencial (I.E.P.) é:

$$I.E.P. = (solos \times Psolo) + (decl \times Pdecl) + (eros \times Peros) + (geom \times Pgeom) + (lito \times Pgeol)$$

Atribuindo-se a seguinte ponderação para os temas:

- Psolo (tipos de solos) = 30%;
- Pdecl (declividade do relevo) = 35%;
- Peros (erosividade das chuvas) = 15%;
- Pgeom (compartimentos geomorfológicos) = 10%;
- Pgeol (tipos litológicos) = 10%.

Os valores superiores de ponderação atribuídos aos solos e à declividade, respectivamente de 35% e

30%, devem-se à constatação de que na área de estudo esses dois temas influem mais no balanço da morfogênese, uma vez que a inclinação das encostas é de suma importância na ação erosiva e nos movimentos de massa. Como se sabe, a energia cinética, resultante da energia potencial das águas pluviais, é diretamente proporcional à declividade e atua na esculturação da paisagem. Os solos assumem também importante papel, pois além de constituírem a camada de suporte da vegetação e vida, estão diretamente relacionados aos processos erosivos e deslizamentos, de acordo com as suas características.

O tema erosividade das chuvas, que representa a atuação climática, recebeu o valor de ponderação igual a 15%, pois, na escala de abordagem do trabalho, toda a área de estudo está situada em uma mesma zona climática. Diferenciações de microclima e mesoclima não puderam ser definidas aqui porque as estações pluviométricas não formam uma rede de pontos de medição em maior quantidade e detalhamento.

Os temas referentes à geologia e compartimentos geomorfológicos por predomínio das formas de vertentes receberam a ponderação igual a 10%. Esta ponderação para a geologia explica-se pelo tempo de atuação da morfogênese sobre a rocha, que é diferenciada dos demais temas. A escala temporal na geologia assume intervalos de tempo muito maiores que nos demais, e por isso atribuiu-se um valor ponderado menor em relação à declividade, solos e erosividade. A geomorfologia, representada pela delimitação de compartimentos com zonas de predomínio das formas de vertentes, recebeu igualmente valor ponderado de 10%.

## ESTUDO DA ECODINÂMICA

### Geologia

O tema geologia é pouco abordado nos estudos da ecodinâmica da paisagem, ou em estudos de fragilidade e vulnerabilidade ambiental. Raras vezes a litologia entra na matriz de correlação dos componentes físico-naturais. Portanto, nesse trabalho, procurou-se considerar a geologia, não só enquanto substrato de suporte da paisagem, mas também como um dos componentes que interage com os demais temas.

A importante contribuição da geologia no desenvolvimento do presente trabalho, para análise, definição e caracterização da Instabilidade Ecodinâmica está galgada na compreensão das informações relativas à história da evolução geológica do ambiente, bem como em relação à litologia, cujo grau de resistência ao intemperismo influencia na dinâmica e evolução do relevo.

Tabela 2 - Escala decrescente de resistência ao intemperismo dos três grupos de rochas. *Rocks resistance about intemperism decreasing scale*

<b>Rochas ígneas</b>	<b>Rochas metamórficas</b>	<b>Rochas sedimentares</b>
Riolito	Quartzito	Arenito quartzoso
Granito	Granulito	Conglomerados
Dacito	Migmatito	Subgrauvaca
Granodiorito	Gnaisses	Siltitos
Quartzo diorito	Milonitos	Argilito
Fonólito	Xistos	Folhelho
Nefelina sienito	Anfibolitos	Margas
Traquito	Filitos	Dolosito
Sienito	Ardósias	Calcário
Andesito	Mármore	Evaporitos
Diorito		Sedimentos inconsolidados
Basalto		
Anortosito		
Gabro		
Peridotito		
Piroxenito		
Kimberlito		
Dunito		

Fonte: INPE (1999)

Na atribuição dos pesos às classes litológicas foi utilizado como referencial o trabalho realizado pelo INPE (1999). No referido trabalho, após vasta revisão sobre a resistência das rochas ao intemperismo, é ordenada uma seqüência decrescente de resistência para os três grupos de rochas, bem como avaliação de seus componentes minerais e químicos. A escala de resistência das rochas, mostrada na tabela 2, leva em consideração a composição química para o grupo das rochas ígneas; a composição química e o grau de metamorfismo para o grupo das metamórficas; e a constituição química dos minerais que compõem os fragmentos detríticos e os precipitados químicos para as rochas sedimentares.

Partindo dessas premissas, para definição do grau de resistência das rochas à morfogênese, bem como atribuição da escala de valores, foram reajustados os intervalos para definições dos pesos, atribuindo valores numéricos na escala de vulnerabilidade à denudação (intemperismo + erosão), sob a ordenação relativa da litologia, seguindo intervalos de 1,0 a 5,0 (tabela 3), entendendo-se que o peso 1,0 é de muito baixa instabilidade ecodinâmica, representando as rochas menos vulneráveis à denudação, e o peso 5,0 é de muito alta instabilidade, representando as mais vulneráveis, estando as demais classes intermediárias a essas duas: peso 2,0 instabilidade baixa; 3,0 instabilidade intermediária e 4,0 instabilidade alta.

### Formas de vertentes

A forma das vertentes foi outro parâmetro utilizado na avaliação da instabilidade ecodinâmica potencial. Pela análise das formas podem ser indicados os locais onde os processos de deposição e de erosão são mais atuantes. Nesse sentido foram mapeados compartimentos com três tipos de vertentes:

–Vertente côncava: elemento de curvatura negativa, quando seu ângulo de inclinação decresce da parte mais alta para a parte mais baixa da vertente;

–Vertente convexa: elemento de curvatura positiva, quando seu ângulo de inclinação aumenta da parte mais alta para a parte mais baixa da vertente;

–Vertente retilínea: quando a vertente adquire a forma de um segmento sem curvatura.

Os compartimentos com predomínio de vertentes côncavas estão localizados nas Serras Canavieiras, do Engenho, Cubatão, Guaraparim, Embira, da Prata, como também na face oriental Serra da Igreja. As vertentes côncavas foram aqui compreendidas como as de maior instabilidade ecodinâmica, por serem segmentos preferenciais na paisagem para a ocorrência de deslizamentos (Dietrich & Dunne 1978, Tsukamoto *et al.*, 1982, Reneau *et al.* 1984, Lacerda & Sandroni 1985, Dietrich *et al.* 1986, Crozier *et al.* 1990, Montgomery *et al.* Montgomery & Dietrich 1995 *apud* Fernandes & Amaral 1996). É explicado também por Silva, Schulz e

Tabela 3 - Instabilidade Ecodinâmica por classe litológica com atributo de pesos. *Litologic classes and values of Ecodynamic Instability*

Unidade geológica	Sigla	Litologia	Peso
Suíte Álcali-Granitos	PEg5	Granito Morro Redondo	1,0
	PEg7	Granito Serra da Igreja	1,0
Complexo Granítico-Gnáissico	APlg1	Pedra Branca de Araraquara (Monzogranito e granodiorito gnáissico)	1,5
	APlg8	Serra Canaveira (Monzogranito e granodiorito gnáissico)	1,5
Complexo Gnáissico-Migmatítico	APlgr	Noritos, enderbitos, charno-enderbitos gnaisses, meta-quartzodioritos, meta-dioritos, metagabros subordinadamente serpentinitos e esteatitos.	2,0
	APImga	Gnaisses ocelares interdigitados com migmatitos estromáticos, ocorrência de gnaisses fitados leucocráticos e xistos feldspáticos.	2,0
	APImge	Migmatitos estromáticos com paleossoma de biotita-hornblenda-gnaiss, mica-quartzo-xisto ultrabásito metabásito e anfíbolito.	2,0
	APlsgf	Suíte granítica foliada, granitos metassomáticos ou de anatexia indiferenciados.	2,0
	APImgi	Migmatitos indiferenciados com anfíbolitos e veios quartzofeldspáticos associados a migmatitos dent de cheval pegmatitos e aplo-granitos.	2,0
	APImgm	Migmatitos oftálmicos com paleossoma de biotita-gnaiss, biotita-hornblenda-gnaiss e hornblenda-gnaiss com quartzitos.	2,0
	APImgn	Biotita gnaisses	2,0
Complexo Cachoeira	APlcq	Moscovita-biotita-quartzitos, fuchsitita-quartzitos, quartzo-xistos, metarenitos e metarcósios com intercalações de magnetita-mica-quartzo-xisto, micas-quartzo-xistos e metacherts.	2,0
Formação Guaratubinha	Ega	Seqüência vulcânica ácida, riolitos tufos e brechas	2,0
	Egg	Diques de riolito pórfiro felsito e microgranito	2,0
	Egi	Seqüência vulcânica intermediária: andesitos e dacitos	2,5
	Egs	Seqüência sedimentar, arcósios siltitos argilitos e conglomerados	2,5
Intrusivas básicas	Jkdb	Diques básicos incluindo basaltos diabásios gabros e dioritos pórfiros.	2,0
Complexo Metamórfico Indiferenciado	APlrmx	Micaxistos indiferenciados, biotita-muscovita, xistos incluindo quartzo-micaxistos e quartzitos. Clorita-biotita-muscovita, xistos. Tremolita-actinolita xistos	2,5
Formação Alexandra	Ta	Conglomerados arcósios, areias e argilitos	4,0
Formação Guabirota	QPg	Argilas, arcósios areias e cascalhos	4,0
Sedimentos Recentes	Qar	Areias marinhas (fundos rasos) atuais	5,0
	Qha	Aluviões indiferenciados (areias argilas e cascalhos)	5,0
	Qha2	Aluviões recentes (areias argilas e cascalhos)	5,0
	QHc	Depósitos de colúvios - areias seixos silte argilas	5,0
	QHmg	Sedimentos flúvio-marinhos associados a manguezais	5,0
	QHmo	Sedimentos argilo-siltico-arenosos paleoestuarinos	5,0
	Qm	Sedimentos marinhos da planície costeira - indiferenciados	5,0
	Qm1	Sedimentos marinhos da planície costeira - fase antiga	5,0
	Qm2	Sedimentos marinhos da planície costeira - fase intermediária	5,0
Qt	Depósitos de tálus - blocos em matriz siltico-argilosa	5,0	

Camargo (2003), que vertentes côncavas são zonas preferenciais para atuação de processos erosivos, em razão da convergência do fluxo de água subsuperficial, levando à aceleração de rupturas, produzindo áreas mais susceptíveis à erosão. Assim sendo, atribui-se para esses compartimentos o peso "4,0" que expressa alta instabilidade (tabela 4).

Os compartimentos com predomínio de vertentes retilíneas estão associados às fortes declividades da área de estudo, localizando-se nas encostas da porção superior e média da bacia do rio São João; vale principal do rio Cubatão e no terço médio dessa bacia; nas vertentes do

lado direito do vale do terço superior da sub-bacia do rio Cubatãozinho; nas encostas das porções superiores das sub-bacias dos rios Sambaqui, das Pombas, do Salto, Indaial, Henrique, do meio e das cinzas; e nas vertentes do Morro Grande. Para esses compartimentos delimitados foi atribuído o peso "3,0", compreendidos como de instabilidade intermediária (tabela 4).

Os agrupamentos com predominância de vertentes convexas distendem-se por toda a região de planaltos; englobando as encostas dos morros e colinas, dispersos dentre a planície litorânea; nas vertentes da face oeste da Serra da Igreja; e as vertentes dos vales

Tabela 4 - Instabilidade Ecodinâmica por compartimentação das formas de vertentes. *Slope forms and compartments of Ecodynamic Instability.*

Compartimentos por predomínio de formas de vertentes	Instabilidade Ecodinâmica	Peso
Planície	Muito baixa	1,0
Convexa	Baixa	2,0
Retilínea	Intermediária	3,0
Côncava	Alta	4,0

Tabela 5 – Grau de Instabilidade por classe de declividade. *Instability degree by declivity class.*

Classes de Declividade	Instabilidade Ecodinâmica	Peso
< 5%	Muito baixa	1,0
5 – 12%	Baixa	2,0
12 – 30%	Intermediária	3,0
30 – 47%	Alta	4,0
> 47%	Muito alta	5,0

das sub-bacias do rio São João (Voçoroca) e do rio Caçada. Dentre os agrupamentos das formas de vertentes identificadas, as convexas são as que expressam menor instabilidade. Na APA esses compartimentos possuem as declividades menos acentuadas, estando representados em grande parte na região de planaltos. Desse modo, foi atribuído para os compartimentos de vertentes convexas o peso “2,0” (tabela 4).

A unidade fisiográfica que constitui a planície litorânea foi classificada como de instabilidade muito baixa, tendo-se atribuído à mesma o peso “1,0”.

## Declividade

A análise da declividade das vertentes possibilita evidenciar a distribuição das inclinações da superfície do terreno, sendo uma importante característica na análise do balanço de deposição e retirada de material. Quanto maior a declividade, mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais se transforma em energia cinética, aumentando a velocidade da água e sua capacidade de transporte, responsável pelos processos erosivos que modelam as formas do relevo.

Para a presente pesquisa, adotou-se a proposta 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%).

O mapa de declividade foi gerado sobre uma plataforma de SIG, por meio de Modelagem Digital do Terreno (MDT), no *software 3D Analyst* – módulo complementar do *Arcview*, utilizando-se da base cartográfica digital 1:25.000, 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. Nesse processo foram convertidos também os pontos de cotas de topos dos morros e os canais de drenagem. Depois foi processado um sistema de triangulação irregular sobre a base de dados, que se constituiu no modelo 3D do terreno. Sobre esse modelo 3D foram organizadas as classes de declividade, atribuindo-se pesos, conforme mostra a tabela 5.

## Erosividade das chuvas

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 Atlântico. As elevadas serras, que configuram a fisiografia da Serra do Mar Paranaense, bloqueiam as entradas das massas de ar atlânticas, promovendo as chuvas do tipo orográficas. Assim, o potencial erosivo das chuvas foi levado em consideração para a definição das Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade 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*, baseando-se nos atribuídos com as informações de erosividade, associadas às entidades pontos, que representam as estações de medição pluviométrica. Utilizou-se do interpolador *SPLINE – REGULAR*, sob a perspectiva linear do terreno. Assim, foram criadas áreas de influência por índice de erosividade.

O fator erosividade das chuvas é expresso pelo valor R na Equação Universal de Perda de Solos - EUPS, que segundo Bertoni & 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 pelo coeficiente de correlação para a regressão linear entre índice médio mensal de erosão e o coeficiente de chuva, proposto por Lombardi Neto & Moldenhauer (1980 *apud* Bertoni & 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 da erosividade das chuvas, as zonas, ou áreas de influência, foram agrupadas em categorias, conforme proposto por Ross (1994), sendo: <250, de 250-500, de 500-750, 750-1000 e >1000 (em Mj.mm/ha.h.ano).

Devido ao elevado índice pluviométrico na área de estudo, obteve-se a ocorrência de três classes com os índices de erosividade mais elevados. A classe 500-750 foi considerada como de médio grau de instabilidade ecodinâmica, recebendo o peso 3,0; a categoria de 750-

1000 foi considerada como de alto grau de instabilidade à qual foi atribuído o peso "4,0" e à classe com índices de erosividade superior a 1000 Mj.mm/ha.h.ano, considerada como de muito alta instabilidade ecodinâmica, atribui-se o peso "5,0" (tabela 6). As classes de baixa e muito baixa instabilidade não foram constatadas na área de estudo.

## Solos

Na atuação da dinâmica da paisagem, os solos participam como produto do balanço morfogênese e pedogênese, apontando se estão prevalecendo os processos pedogenéticos, de acordo com seu grau de maturidade.

As unidades de paisagem natural que favorecem a pedogênese são consideradas estáveis, enquanto que aquelas nas quais prevalecem os processos morfogenéticos são consideradas instáveis, predominando o transporte de material. Desse modo, uma das principais características considerada para estabelecer classes de instabilidade ecodinâmica para os solos foi sua maturidade, atribuindo-se assim uma escala de pesos para cada classe.

Na escala atribuída por instabilidade ecodinâmica às classes de solos há variação desde muito alta instabilidade, com atribuição de peso "5,0", quando os solos estão em condições de pouco desenvolvimento, até de muito baixa instabilidade ecodinâmica, com atribuição de peso "1,0" para solos que estão em condições de equilíbrio, estando as taxas médias de erosão e de formação dos solos aproximadamente equivalentes. As demais classes são intermediárias a essas, sendo: baixa instabilidade, com peso "2,0", intermediária, com peso "3,0" e alta, com peso "4,0" (tabela 7).

As classes de solos consideradas como de muito alta instabilidade ecodinâmica, incidentes na área de estudo, conforme apresenta a tabela 7, são: os Litólicos (Ra e Rd), que apresentam um estágio de desenvolvimento muito prematuro, recebendo maior atuação dos processos morfogenéticos, e estão localizados nas porções de maior elevação e declividade do terreno; a classe Areias Quartzosas (AQ), por se constituir de material deposicional inconsolidado e sem desenvolvimento de horizontes, é considerada como de alta

Tabela 6 – Instabilidade Ecodinâmica por classe de erosividade das chuvas. *Ecodynamic Instability by rain erosion classes.*

Classes de Erosividade (Mj.mm/ha.h.ano)	Instabilidade Ecodinâmica	Peso
500 – 750	Intermediária	3,0
750 – 1000	Alta	4,0
>1000	Muito alta	5,0

instabilidade ecodinâmica por sua friabilidade; os solos Podzóis (P) por constituírem-se de material muito friável, com horizontes rasos, profundidade média de um metro e, como características, apresentam, abaixo desses horizontes, a ocorrência de carapaças ferruginosas; e os Gley Húmicos (HGP1), que são os solos de mangues, situados em ambientes encharcados com tiomorfização, situando-se em maior parte nas margens da baía de Guaratuba.

Quanto às classes de solos classificadas como de alta instabilidade e de peso "4" (tabela 7), foram considerados os solos Gley Pouco Húmicos (HGP2), que são solos encharcados e cujo lençol freático está próximo à superfície. São solos rasos de um a dois metros de profundidade, estando presente em grande parte nas porções de baixa elevação das planícies aluviais dos principais rios.

As classes de solos consideradas com intermediário grau de instabilidade ecodinâmica são: os Cambissolos (Ca e Cd), que é a classe de solos predominantes na área de estudo, distribuídos em toda a extensão das vertentes com declividade >12%; os Podzólicos Vermelho-amarelo (Pva), que embora sejam bem desenvolvidos, apresentam horizonte de eluviação, sendo uma descontinuidade vertical que incita o fluxo horizontal em subsuperfície da água, conferindo a um certo grau de instabilidade e ocorrência de erosão em piping ou movimentos de massa.

Os solos considerados com baixa instabilidade são representados pela classe dos Latossolos Vermelho-amarelos (LVa e LVd), que estão em um grau de relativa maturidade, cujo horizonte B é desenvolvido. Aparecem na porção oeste da área, sobre relevo ondulado e suavemente ondulado, na unidade fisiográfica do Primeiro Planalto Paranaense.

Nenhuma das classes de solos identificada na APA de Guaratuba foi considerada de muito baixa instabilidade ecodinâmica.

Para as atribuições dos pesos aos solos buscou-se embasamento na literatura consultada, estando semelhante à interpretação de outros autores que desenvolveram trabalhos aplicados com o foco da instabilidade ecodinâmica. Dentre eles podem ser citados INPE (1999), CPRM (2003), Ross (1990 e 1996), também em trabalhos que avaliam a perda de solos, com a aplicação da Equação Universal de Perda de Solos - EUPS, tal como o de Oka-Fiori (2002).

No entanto, além da atribuição de pesos segundo as classes de solos, avaliou-se aqui também o horizonte A e a textura. Na avaliação do horizonte A foram distinguidos: moderado, proeminente, turfoso e húmico. A ocorrência dos horizontes mais espessos, com grande concentração de matéria orgânica, "A" turfoso e húmico,

foram entendidos como menos instáveis do que os de espessura mais delgada, "A" moderado e proeminente. Essa interpretação é baseada na idéia de que a matéria orgânica representa grande importância no controle da erosão. Segundo Silva, Schulz e Camargo (2003), a matéria orgânica retém duas vezes seu peso em água, aumentando assim a infiltração, com diminuição das perdas por erosão. Nos solos argilosos modifica-lhes a estrutura, melhorando as condições de arejamento e de retenção de água, fato explicado pelas expansões e contrações alternadas que são resultados de seu umedecimento e secamento sucessivos. Nos solos arenosos, a aglutinação de partículas, firmando a estrutura e diminuindo os poros, aumenta a capacidade de retenção de água. Desse modo, as classes de solos cujo horizonte A é húmico ou turfoso contribuem com a estabilidade, por isso não receberam acréscimo de valor decimal em seu peso (0,0), enquanto que a ocorrência de solos de horizonte A moderado ou proeminente receberam acréscimo decimal no valor do peso igual a "0,5" (coluna Peso 2 da tabela 7).

Outra característica analisada e somada ao peso foi a textura do solo, pela sua importância na avaliação da atuação dos processos erosivos. A textura dos solos e seus respectivos valores decimais de adição ao peso de cada classe são: muito argilosa (0,0), muito argilosa/argilosa (0,1), argilosa (0,2), argilosa/média (0,3), média (0,4) e arenosa (0,5), (coluna Peso 3 da tabela 7).

Ainda referente às informações de solos utilizadas, as unidades pedológicas mapeadas são constituídas, muitas vezes, por agrupamentos com associações de mais de uma subclasse. Segundo o Manual para Classificação de Solos, elaborado pela Embrapa (1999), em casos de associações com duas subclasses de solos, a primeira que aparece tem representatividade de 70% na unidade mapeada e a segunda de 30%; nos casos de três associações de subclasses de solos a primeira tem representatividade de 60%, a segunda de 30% e a terceira de 10%. Assim, para atribuição final dos pesos, além de considerar os fatores já mencionados, relativos às características pedológicas, foi calculada a média ponderada para as unidades de solos compostas por mais de uma associação, considerando os percentuais de representatividade propostos pela Embrapa (1999), segundo os cálculos efetuados mostrados na tabela 8, utilizando as seguintes operações:

Para duas associações de solos = subclasse 1.(0,7)+sub-classe2.(0,3)

Para três associações de solos = subclasse1.(0,6)+sub-classe2.(0,3)+sub-classe.(0,1)

Tabela 7 - Instabilidade Ecodinâmica por classes de solos. *Ecodynamic Instability by soil classes.*

Classe	Peso1	Horizonte A	Peso2	Textura	Peso3	Soma dos Pesos
Cambissolo	3	Moderado	0,5	Muito argilosa	0,0	3,5
Cambissolo	3	Moderado	0,5	Argilosa	0,2	3,7
Cambissolo	3	Moderado	0,5	Média / argilosa	0,3	3,8
Cambissolo	3	Moderado	0,5	Média	0,4	3,9
Cambissolo	3	Húmico	0,0	Média	0,4	3,4
Cambissolo	3	Proeminente	0,5	Argilosa	0,2	3,7
Cambissolo	3	Proeminente	0,5	Média	0,4	3,9
Gley Pouco Húmico (HGP2)	4	Moderado	0,5	Argilosa	0,2	4,7
Gley Pouco Húmico (HGP1)	5	Moderado	0,5	Argilosa / Média	0,3	5,8
Latossolo Vermelho-amarelo	2	Moderado	0,5	Muito argilosa / argilosa	0,1	2,6
Latossolo Vermelho-amarelo	2	Moderado	0,5	Argilosa	0,2	2,7
Latossolo Vermelho-amarelo	2	Moderado	0,5	Média / argilosa	0,3	2,8
Podzol	5	Moderado	0,5	Média / argilosa	0,3	5,8
Podzol Hidromórfico	5	Turfoso	0,0	Argilosa	0,2	5,2
Podzólico Vermelho-amarelo	3	Moderado	0,5	Muito argilosa / argilosa	0,1	3,6
Podzólico Vermelho-amarelo	3	Húmico	0,0	Média	0,4	3,4
Litólico	5	Moderado	0,5	Argilosa	0,2	5,7
Litólico	5	Moderado	0,5	Média	0,4	5,9
Litólico	5	Turfoso	0,0	Argilosa	0,2	5,2
Litólico	5	Turfoso	0,0	Média	0,4	5,4
Litólico	5	Húmico	0,0	Argilosa	0,2	5,2
Litólico	5	Húmico	0,0	Média	0,4	5,4
Areias Quartzosas Marinhas	5	Moderado	0,5	Arenosa	0,5	6,0
Afloramento Rochoso	5	-	0,0	-	0,0	5,0

Tabela 8 - Cálculo ponderado para as unidades da cobertura pedológica constituídas por associações de subclasses de solos. *Pondered calculus to pedologic unities cover, consisted on associations among soil sub-groups.*

Unids. de solos com associação de subclasses	Peso sub-classe 1	Peso sub-classe 2	Peso sub-classe 3	Cálculo da média ponderada das associações de solos	Peso final	Instabilidade Ecodinâmica
LVa1+Ca16	2,6	3,6	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	2,90	Baixa
LVa3+Ca10	2,7	3,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,00	
LVd1+Ca16	2,7	3,6	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,00	
LVa2+Ca10	2,8	3,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,10	
LVa2+Ca21	2,8	3,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,20	
PVa2+Ca2	3,4	3,4	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,40	
Cd9+LVa3	3,9	2,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,50	
PVa1+Ca9	3,6	3,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,60	
Ca10+PVa5	3,7	3,8	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,70	
Ca14+Ca9	3,7	3,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,70	Intermediária
Cd13+HG1	3,7	3,5	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	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	
Ca12+PVa3	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	
Cd11+PVa3	3,7	3,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	3,80	
Cd12+PVa3	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	
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	

Ca12+Ca28+Ra8	3,7	3,9	5,7	Classe1.(0,6)+classe2.(0,3)+classe3.(0,1)	4,00	
Ca9+HGP2	3,7	4,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,00	
Ca13+Ra6	3,6	5,4	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,10	
Ca12+Ra8	3,7	5,7	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,30	
Ca13+Ra14	3,6	5,9	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	
Ca23+Aa1	3,9	5,4	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,30	
Ca6+Ra8	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	
Ca10+Ra12	3,7	5,9	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	Alta
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	
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	
Ca27+Ra12	3,9	5,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,50	
Ca28+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	
Cd2+Rd2	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	
Ca25+Ra13+AR4	3,9	5,9	5,0	Classe1.(0,6)+classe2.(0,3)+classe3.(0,1)	4,60	
Ca8+Ra11+AR1	3,9	5,9	5,0	Classe1.(0,6)+classe2.(0,3)+classe3.(0,1)	4,60	
Ra2+Ca1	5,2	3,2	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,60	
Ra3+Ca13	5,4	3,6	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	4,90	
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	
PH1+HO1	5,2	5,5	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,20	
Ra14+Ca13	5,9	3,6	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,20	
Ra11+Ca28	5,9	3,9	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,30	Muito Alta
Ra3+AR1	5,4	5,0	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,30	
Ra3+AR3	5,4	5,0	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,30	
Ra5+AR3	5,4	5,0	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,30	
P+HGP2	5,8	4,8	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,50	
HGP1+Ad1	5,7	5,5	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,60	
P+PH1	5,8	5,2	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,70	
AQ1+P	5,9	5,8	0,0	Classe1.(0,7)+classe2.(0,3)	5,80	

## RESULTADOS: MAPEAMENTO DAS UNIDADES ECODINÂMICAS DE INSTABILIDADE POTENCIAL

As delimitações destas unidades, representadas no mapa de Instabilidade Ecodinâmica Potencial (figura 2), expressam o equilíbrio dinâmico natural na APA de Guaratuba, sem levar em conta a influência das atividades antrópicas. As classes obtidas foram: instabilidade baixa, quando prevalecem os processos pedogenéticos; intermediária; alta e muito alta quando prevalecem os

processos morfogenéticos. As características físico-naturais da paisagem que predominaram para cada uma das classes ecodinâmicas potencial estão sintetizadas na tabela 9.

As áreas com a ocorrência da classe de grau de instabilidade potencial muito alto estão localizadas, principalmente, nas porções altimétricas mais elevadas da APA, onde o relevo é enérgico com declividade mais acentuada, geralmente com inclinações superiores a 47% (ou 25 graus). As formas predominantes das vertentes

são retilíneas e/ou convexas. Essas características morfológicas do relevo associadas ao substrato litológico, que é de elevada resistência, resulta em solos imaturos. Desse modo, as classes de solos encontradas nessas áreas são os Litólicos, alguns Afloramentos rochosos e Cambissolos rasos. Os índices pluviométricos são elevados, resultando em valores altos para o fator erosividade das chuvas. Nas áreas com instabilidade ecodinâmica potencial muito alta podem ser notadas cicatrizes naturais de escorregamentos nas encostas, demonstrando a pouca estabilidade das vertentes.

A classe de muito alta instabilidade potencial está localizada nas seguintes áreas:

- Serra da Prata, nos sentidos N-NE-E da APA, abrangendo seu terço superior, estendendo-se sobre o espigão central desde o morro Inglês, passando pelo morro Alto, da Furna, Parati, indo até o morro Laranjeiras. Essas áreas estão situadas dentro do perímetro do Parque Nacional Saint-Hilaire / Lang;
- Serra das Canavieiras, ao norte, estendendo-se pelas cumeadas, nos terços superiores das vertentes;
- Serra da Igreja, esta nas porções mais elevadas das encostas da face oeste;
- Porção central da APA, nas partes mais elevadas e declivosas das serras do Engenho, Cubatão e Guaraparim, indo até o sul pelas cristas das serras Grande, do Meio, Ararapira, e pelo morro da Pedra Branca, da Formiga e da Onça, abrangendo os espigões, cumes e terços superiores;
- Porção sudoeste, nas encostas ao lado direito do vale do curso médio e superior do rio São João, também em algumas cristas e vertentes mais íngremes do corpo granítico Morro Redondo;
- Porção oeste, aparece nas maiores elevações e áreas com maior declividade, estando ali o morro do Escutador sobre a Formação Guaratubinha;
- Porção centro-oeste da APA, nas vertentes do vale do rio Arraial, estando no curso superior de seu canal principal e no do arroio Indaial, também no vale do terço médio do rio São João (Voçoroca). Esses vales são bastante encaixados e com fortes declives.

A classe de alta instabilidade potencial é a que aparece em maior extensão na APA, estando sua quase totalidade dentro da unidade fisiográfica da Serra do Mar, excetuando as porções localizadas na parte norte da unidade de planaltos, no entorno da Represa Guaricana,

e nos morros e colinas que ficam na planície (figura 2). Nas áreas com ocorrência de alta instabilidade, o relevo tem grande potencial energético, com encostas de declividade elevada, variando entre os intervalos de 12-30% e/ou 30-47%. As formas de vertentes predominantemente são as retilíneas e côncavas, excetuando nas áreas que estão situadas no planalto e nos morros e colinas, onde a forma predominante é convexa. O substrato geológico é composto de rochas metafórficas e ígneas, do tipo migmatitos, gnaisses e granitos com elevado grau de resistência intempérica e com solos do grupo dos Cambissolos com pouca espessura (tabela 9).

Nos locais de incidência de alta e muito alta instabilidade potencial os processos atuam fortemente no relevo, predominando a morfogênese pela ação da água e da gravidade, por meio da erosão e movimentos coletivos de massa.

A classe com intermediária instabilidade ecodinâmica potencial, ou meios intergrades, conforme denominado por Tricart (1977), representa uma situação intermediária entre as áreas da estabilidade e instabilidade. As porções de ocorrência dessa classe não podem ser consideradas estáveis, pois embora mostrem maior resistência a esses processos, há ainda a influência de altos índices pluviométricos, principalmente nas regiões das serras e da planície, com a ocorrência de solos rasos, sendo os Cambissolos nas regiões de serras e planaltos e Podzóis na planície, esses últimos muito arenosos, de pouca coesão e pouco desenvolvidos, estando posicionados sobre os depósitos sedimentares do quaternário.

A classe de instabilidade potencial intermediária está localizada nas seguintes áreas:

- No entorno da baía de Guaratuba até o limite estadual, ao sul. Onde toda essa área coincide com a localização do compartimento da planície de restinga. Essas áreas são recobertas por solos Podzóis muito arenosos com presença de carapaças ferruginosas;
- Em parte da planície aluvial do rio São João, ao leste, com solos Gley pouco húmicos, com elevados valores de erosividade das chuvas decorrentes pelos altos índices de precipitação;
- No terço inferior dos morros e colinas na parte centro-leste e leste da APA;
- Na porção oeste, nos compartimentos de planaltos, ocupando significativa área com relevo de planaltos ondulados, possuindo formas predominantes de vertentes convexas, com declividades variando no intervalo de 5-

- 12% e solos câmbicos associados;
- Na unidade fisiográfica da Serra do Mar, constituindo-se de pequenas manchas que aparecem entre as classes de alta e muito alta instabilidade, associadas à unidade de solos do grupo dos Cambissolos em porções menos íngremes do relevo, com substrato litológico composto por rochas metamórficas (gnaiesses e migmatitos).

As áreas de baixa instabilidade potencial são as que sofrem atuação dos processos pedogenéticos, consideradas sob a perspectiva da ecodinâmica como zonas estáveis. Na região de estudo sua ocorrência resultou na delimitação de duas porções. Uma delas está situada na porção oeste da APA, na área de entorno da Represa Capivari, localizada na unidade fisiográfica do Primeiro Planalto Paranaense. Nessa, o relevo é de planaltos ondulados, com predomínio de vertentes convexas e declividade de 5-12%, cujos solos são mais desenvolvidos, como são os casos dos Latossolos Vermelho-amarelos e Podzólicos Vermelho-amarelos. Também nessa área encontram-se os mais baixos índices de erosividade na área estudada.

A classe de baixa instabilidade é incidente na porção localizada na unidade fisiográfica da Planície

Litorânea, mais precisamente na planície aluvial dos rios Cubatão, Cubatãozinho, São João e Alegre, com solos Gley Pouco Húmicos, repousando sobre sedimentos aluvionares quaternários, com relevo muito plano e declividades inferiores a 5%.

A classe de muito baixa instabilidade ecodinâmica potencial, que representa a menor atuação da morfogênese e maior estabilidade ecodinâmica não foi constatada na área de estudo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

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

Uma importante contribuição que cabe aqui foi a inclusão do tema geologia na correlação dos dados para delimitação das Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial. Também, outro acréscimo que o trabalho traz é referente ao maior detalhamento na análise do solo, avaliando, além do horizonte diagnóstico, a textura e o horizonte "A", atribuindo pesos com média ponderada

Tabela 9 - Características físicas predominantes por classe de instabilidade potencial. *Physic characteristics predominant per instability potential category.*

Características	Classes de Instabilidade Ecodinâmica Potencial			
	Baixa	Intemediária	Alta	Muito alta
Unidade Fisiográfica	Planalto e Planície litorânea (aluvial)	Planalto e Planície litorânea (restinga)	Serra do Mar, Planalto e Morros e colinas	Serra do Mar (terço superior e cristas)
Solo	Latossolo Vermelho-amarelo, Gley Pouco Húmico e Podzólico Vermelho-amarelo	Podzol, Gley Pouco Húmico, Podzólico Vermelho-amarelo, Cambissolo e Areias Quartzosas	Cambissolo, Litólico e Podzólico Vermelho-amarelo	Cambissolo, Litólicos e Afloramentos Rochosos
Declividade	0 – 5% e 5 – 12%	0 – 5% e 5 – 12%	12 – 30% e 30-47%	>47%
Vertentes	Plano e convexas	Plano e convexas	Retilínea e côncava	Retilínea e côncava
Erosividade	500-750 e >1000	750-1000 e >1000	750-1000 e >1000	750-1000 e >1000
Litologia	Sedimentos recentes e Complexo Granítico-Migmatítico	Complexo Granítico-Migmatítico e Metamórfico Indiferenciado	Complexo Granítico-Migmatítico, Metamórfico Indiferenciado, Suíte Álcali-Granito e Formação Guaratubinha	Complexo Granítico-Migmatítico, Suíte Álcali-Granito, e Formação Guaratubinha

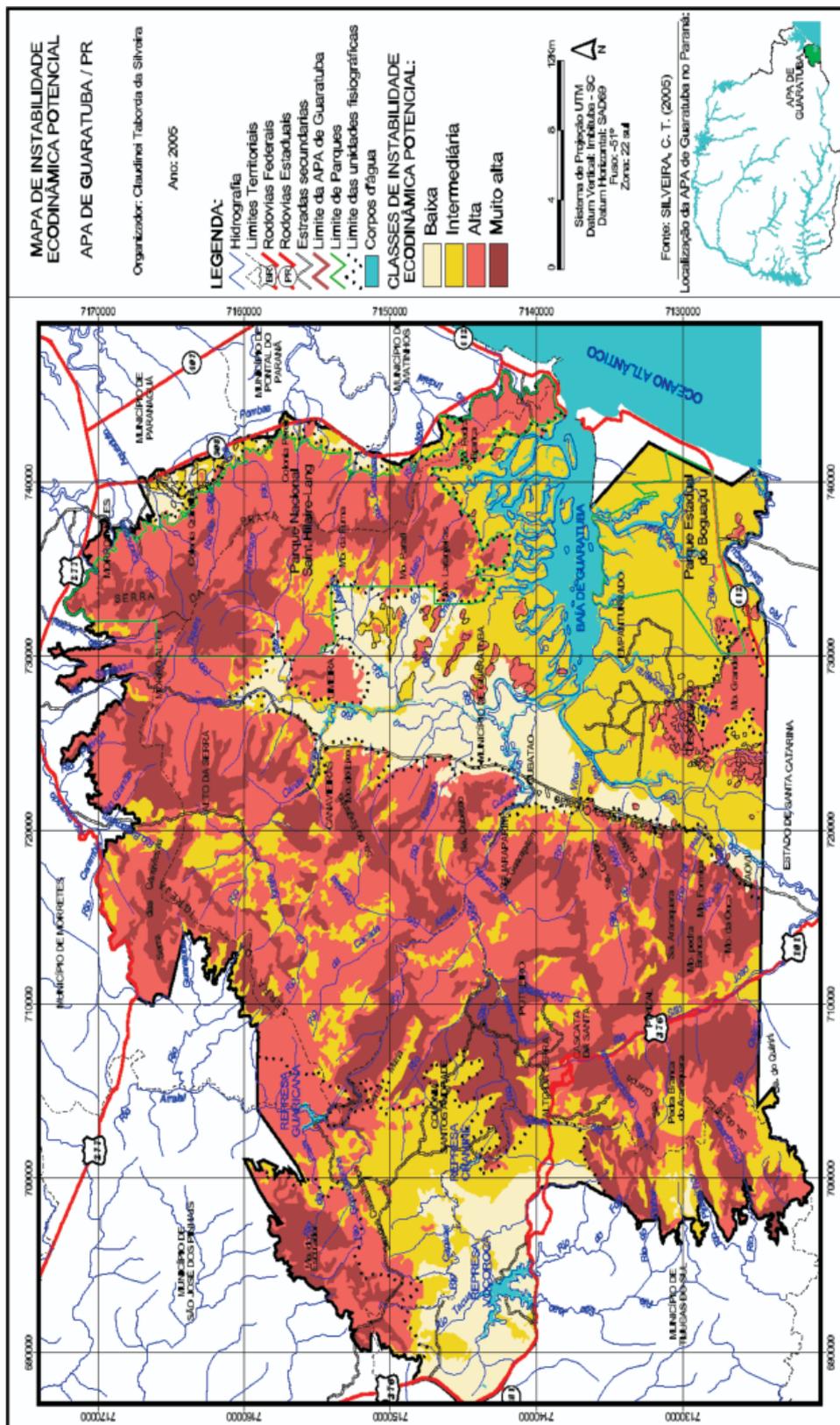


Figura 2 – Mapa de Instabilidade Ecodinâmica Potencial. *Potential Ecodynamic Instability map.*

nas classes compostas por associações de solos.

Na correlação dos dados, esse trabalho acrescenta uma aplicação de média ponderada para o cruzamento dos temas, entendendo que, embora a paisagem seja composta por inúmeros fatores e representada por diversos temas, cada um deles influencia de modo distinto e por isso receberam pesos ponderados na correlação dos dados.

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

As Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial retratam as potencialidades naturais da paisagem, e dentre as classes resultantes a de instabilidade alta é a que tem maior extensão da área na APA, uma vez que os fatores naturais dessa Unidade de Conservação apresentam elevados índices pluviométricos, terrenos de muita declividade e solos pouco desenvolvidos.

Por fim, esse trabalho ainda busca servir de subsídio ao planejamento ambiental na área de estudo por meio do mapa resultante, bem como apresentar a aplicação e validação da metodologia utilizada, podendo ser aplicada com critérios e adaptação em outros ambientes, respeitando-se as características locais e regionais.

## REFERÊNCIAS

- BERTONI J. & LOMBARDI NETO F. 1985. *Conservação do solo*. Piracicaba, Livroceres.
- BIASI M. 1977. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. *Revista do Departamento de Geografia da USP*, São Paulo, **6**:45-61.
- CHPAR. 2002. Fator *Erosividade - porção oriental do estado do Paraná*. Banco de Dados Hidrogeológico da Copel. Curitiba.
- CPRM. 2003. Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba – CE. Texto explicativo. *Carta Geoambiental*. Fortaleza, CPRM.
- EMBRAPA. 1999. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, Embrapa.
- FERNANDES N.F. & AMARAL C.P do. 1996. Movimento de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In A. J. T. Guerra & S. B. da Cunha (orgs.) *Geomorfologia e meio ambiente*. 3 ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 123-194.
- INPE. 1999. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos, INPE.
- OKA-FIORI C. 2002. *Geomorfologia e dinâmica temporoespacial da bacia do rio Itiquira: Pantanal Matogrossense – MT, MS*. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Tese de Doutorado em Geociências – Geologia Regional.
- ROSS J. L.S. 1990. *Geomorfologia ambiente e planejamento*. São Paulo, Contexto.
- \_\_\_\_\_. 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, FFLCH/USP, **8**.
- \_\_\_\_\_. 1996. Geomorfologia aplicada aos Eias-Rimas. In A. J. T. Guerra & S. B. da Cunha (org.) *Geomorfologia e meio ambiente*. 3 ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 291-336.
- SILVA A.M., SCHULZ H.E., CAMARGO P.B. de. 2003. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos, RiMa.
- TRICART J. 1977. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, FIBGE/SUPREN.