

Cartografia Geomorfológica como subsídio à identificação da Vulnerabilidade Geoambiental do Estado do Paraná

Claudinei Taborda da Silveira¹
Leonardo José Cordeiro Santos²
Chisato Oka-Fiori³
Naldy Emerson Canalli⁴
Alberto Pio Fiori⁵
Julio Manoel França da Silva⁶

¹ Doutorando - Departamento de Geografia, UFPR, e-mail: claudineits@pop.com.br

² Professor Doutor - Departamento de Geografia, UFPR, e-mail: santos@ufpr.br

³ Professora Doutora - Departamento de Geografia, UFPR, e-mail: chisato@ufpr.br

⁴ Professor Doutor - Departamento de Geografia, UFPR, e-mail: naldy@brturbo.com.br

⁵ Professor Doutor - Departamento de Geologia, UFPR, e-mail: fiori@ufpr.br

⁶ Mestrando - Departamento de Geografia, UFPR, e-mail: juliogeog@yahoo.com.br

Resumo: O mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná, elaborado na escala 1:600.000, fundamenta-se no método da Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados apresentado por Ross (1994). Para obtenção das classes de vulnerabilidade foram levadas em conta a geologia, a geomorfologia e a pedologia, considerando-se três classes: baixa, moderada e alta, aplicadas em cinquenta unidades geomorfológicas definidas no Paraná por Oka-Fiori et al. (2006) e Santos et al. (2006). As classes de vulnerabilidade estão condicionadas aos processos geoambientais: erosão, movimentos de massa, queda de blocos, subsidência, recalques e colapsos de solo, inundações periódicas e contaminação de águas subterrâneas. Foram identificados os problemas esperados e a aptidão de uso para cada unidade. A integração entre as informações espaciais foi realizada com o uso de geoprocessamento, aplicando combinações numéricas e operadores de soma ponderada em matrizes, no *software Arcview 3.2*, *Spatial Analyst* e *3D Analyst*. O resultado do trabalho visa atender a demanda por uma base sistemática para o planejamento ambiental do Estado do Paraná.

Palavras Chave: vulnerabilidade geoambiental, processos geoambientais, planejamento

Abstract: The geo-environmental vulnerability mapping of Paraná State, elaborated at the 1:600.000 scale, was based on the “Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados” method presented by Ross (1994). For attainment of the vulnerability classes, geology, geomorphology and pedology were considered in three classes, low, moderate and high, applied on fifty geomorphologic units defined in Paraná state by Oka-Fiori et al. (2007) and Santos et al. (2006). The vulnerability classes are characterized by a variety of geo-environmental processes: erosion, movements of mass, fall of blocks, soil subsidence, ground collapses, periodic flooding and underground water contamination. The expected problems and the aptitude of use for each unit were identified. The integration between the various spatial informations was carried out trough geo-processing techniques, having applied numerical combinations and operators of weighed addition in matrices and using Arcview 3,2, Spatial Analyst and 3D Analyst softwares. The result of the work aims at to take care of the demand for a systematic base to environmental action planning in Paraná state.

Key Words: geo-environmental vulnerability, geo-environmental processes, planning

1. Introdução

A cartografia geomorfológica constitui importante ferramenta utilizada na representação do relevo e de suas características. De acordo com alguns autores (Tricart, 1965; Chorley & Haggett, 1975), se constitui num dos principais métodos empregados no

estudo e pesquisa em geomorfologia. No entanto, devido à diversidade de formas e processos que ocorrem na paisagem, associados principalmente às características geológicas e climáticas predominantes, a representação do relevo torna-se tarefa complexa.

Para Ross (1990), a padronização ou uniformização da representação cartográfica é considerada como a mais difícil tarefa na cartografia geomorfológica, pois ao contrário de outros mapas temáticos, ainda não se conseguiu chegar a um modelo de representação que satisfaça os diferentes interesses dos estudos do relevo. Sobretudo, uma proposta metodológica de trabalho é apresentada em Ross (1992), que utiliza o reconhecimento e o agrupamento de formas de relevo a partir das suas características homogêneas, associado aos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura desenvolvidos pelos geomorfólogos russos Gerasimov (1946), Mescerjakov (1968) e Gerasimov & Mescherikov (1968), e considera seis táxons para representação das unidades de relevo.

Esse método foi aplicado inicialmente no Estado de São Paulo por Ross (1997). Posteriormente foi realizado o mapeamento geomorfológico no Estado do Paraná por Oka-Fiori *et al.* (2007) e Santos *et al.* (2006), que o executaram até o terceiro nível taxonômico.

As unidades mapeadas permitem definir potencialidades e restrições de uso, uma vez que suas zonas homólogas (texturas) expressam características de topos, vertentes, vales, drenagem, declividade e grau de dissecação do relevo. Desse modo, os resultados alcançados no Mapa Geomorfológico do Paraná fornecem informações que servem de instrumentos apropriados para embasar o planejamento da paisagem paranaense no âmbito regional.

Assim, visando aplicar os resultados obtidos por Oka-Fiori *et al.* (2007) e Santos *et al.* (2006), o presente trabalho tem como objetivo identificar a vulnerabilidade geoambiental do Paraná, escala 1:600.000, fornecendo informações sobre as potencialidades, vulnerabilidades, restrições e riscos de ocupação e intervenções possíveis na paisagem.

O mapa obtido apresenta a vulnerabilidade geoambiental das Unidades Morfoestruturais representadas pelo Cinturão Orogênico do Atlântico, pela Bacia Sedimentar do Paraná e pelas Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas, das Unidades Morfoesculturais, representadas pela Serra do Mar e Morros Isolados, os três Planaltos Paranaenses e Planícies contidas em cada uma das unidades morfoestruturais e, finalmente, das 50 Sub-Unidades Morfoesculturais contidas em cada uma das unidades anteriores. Para cada unidade morfoescultural é apresentada suas características, os problemas esperados e sua aptidão de uso, baseando-se nas três classes de vulnerabilidade do meio físico obtidas do

mapeamento: baixa, intermediária e alta. Esses resultados oferecem subsídios para o planejamento e gestão ambiental do estado do Paraná.

2. Método

Os procedimentos metodológicos utilizados no mapeamento geomorfológico do Paraná fundamentaram-se no conceito de morfoestrutura e morfoescultura definidos nos trabalhos de Ross (1992) sobre classificação e taxonomia do relevo, enquanto que a metodologia de interpretação das imagens baseou-se em Soares e Fiori (1976). A concepção metodológica considera seis táxons distintos. Entretanto, foi aplicada de forma parcial, visto que não é possível representar individualmente os táxons 4º, 5º e 6º na escala adotada. Os táxons utilizados foram:

1º Táxon: Unidades Morfoestruturais – representadas pelo Cinturão Orogênico do Atlântico, pela Bacia Sedimentar do Paraná e pelas Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas.

2º Táxon: Unidades Morfoesculturais – representadas pela Serra do Mar e Morros Isolados, os três Planaltos Paranaenses e Planícies contidas em cada uma das unidades morfoestruturais.

3º Taxon: Sub-unidades Morfoesculturais – representadas por formas do relevo contidas em cada uma das unidades anteriores. Embora seja este o último nível categórico abordado no trabalho, procurou-se fornecer informações do modelado dominante como dissecação, topos, tipos de vertentes, vales, gradiente altimétrico e declividade.

O método adotado na definição da vulnerabilidade geoambiental baseia-se no estudo da Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados propostos por Ross (1994), baseado em Tricart (1977), que sistematiza uma hierarquia nominal de fragilidade representada por valores ou pesos: muito fraca (peso: 1), fraca (peso: 2), média (peso: 3), forte (peso: 4) e muito forte (peso: 5).

As seqüências dos procedimentos operacionais executados foram:

- 1) Organização das informações geomorfológicas, utilizando como unidade de análise as sub-unidades morfoesculturais definidas por Oka-Fiori *et al.* (2006) e Santos *et al.* (2006);
- 2) Adaptação do mapa de solos, escala 1:600.000, EMBRAPA (1981) para a nova classificação proposta pela EMBRAPA (2006), considerando o primeiro nível categórico (ordem). Para a hierarquização das unidades de solos foram adaptadas as propostas de Ross (1994), Crepani *et al.* (2001) e Silveira *et al.* (2005), que consideram os horizontes

diagnósticos de subsuperfície (Tabela 1) e a textura dos solos (Tabela 2). Nessa avaliação de atribuição dos pesos foram consideradas as vulnerabilidades aos processos de erosão, movimentos de massa, colapsos e contaminação dos solos.

TABELA 1: Hierarquização da vulnerabilidade por unidade de solo

Unidades de solo	Hierarquia de vulnerabilidade	Peso
Neossolo (litólico e quartzarênico)	Muito Alta	5
Argissolo	Intermediária	3
Cambissolos	Intermediária	3
Espodossolo	Muito Alta	5
Gleissolo	Muito Alta	5
Latossolo	Muito Baixa	1
Nitossolo	Baixa	2
Organossolo	Muito Alta	5

TABELA 2: Hierarquização da vulnerabilidade por classe textural

Textura dos solos	Hierarquia de vulnerabilidade	Peso
Argilosa	Muito Baixa	1
Argilosa / Média	Baixa	2
Média e/ou Siltosa	Intermediária	3
Arenosa / Média	Muito Alta	5
Arenosa	Muito Alta	5

3) Mapeamento da declividade obtido a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE), dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Os intervalos de declividades adotados seguem a chave de classificação proposta por De Biasi (1977): <5%, 5-12%, 12-30%, 30-47% e >47% (Tabela 3), utilizados nos trabalhos de Oka-Fiori e Canali (2002);

TABELA 3: Hierarquização da vulnerabilidade por classe de declividade

Classe de declividade	Hierarquia de vulnerabilidade	Peso
Inferior a 5%	Muito Baixa	1
5 a 12%	Baixa	2
12 a 30%	Intermediária	3
30 a 47%	Alta	4
Superior a 47%	Muito Alta	5

4) O mapa de vulnerabilidade foi definido seguindo as matrizes abaixo apresentadas.

Na Tabela 4 foram tabuladas as unidades de solos com a textura, resultando em cinco agrupamentos (I, II, III, IV e V), que representam uma hierarquização crescente da vulnerabilidade.

TABELA 4: Matriz de tabulação entre as unidades de solo e textura

Unidades de solo	Latossolo	Nitossolo	Argissolo e Cambissolo	Gleissolo e Alissolo	Neossolo (litólico e quartzarênico), Espodossolo, Organossolo, Solos de Mangue indiscriminados e Afloramentos de rocha
Textura					
Argilosa	11	12	13	14	15
Argilosa / Média	21	22	23	24	25
Média e/ou Siltosa	31	32	33	34	35
Arenosa / Média	41	42	43	44	45
Arenosa	51	52	53	54	55

Na Tabela 5 foram tabulados os agrupamentos anteriores (I, II, III, IV e V) com a declividade, originando três classes de vulnerabilidade geoambiental: baixa, que engloba as classes de muito fraca e fraca fragilidade; moderada, que corresponde a classe de média fragilidade e alta, que engloba forte e muito forte fragilidade, baseando-se em Ross (1992). A definição de três das classes de vulnerabilidade no presente estudo, visou diminuir a subjetividade na decisão de escolha das classes de muito baixa e baixa, muito alta e alta, além de melhor compatibilidade com a escala adotada.

TABELA 5: Matriz de tabulação entre solo e declividade

Agrupamentos	I	II	III	IV	V
Declividade					
Inferior a 6%	11	12	13	14	15
6 a 12%	21	22	23	24	25
12 a 30%	31	32	33	34	35
30 a 47%	41	42	43	44	45
Superior a 47%	51	52	53	54	55

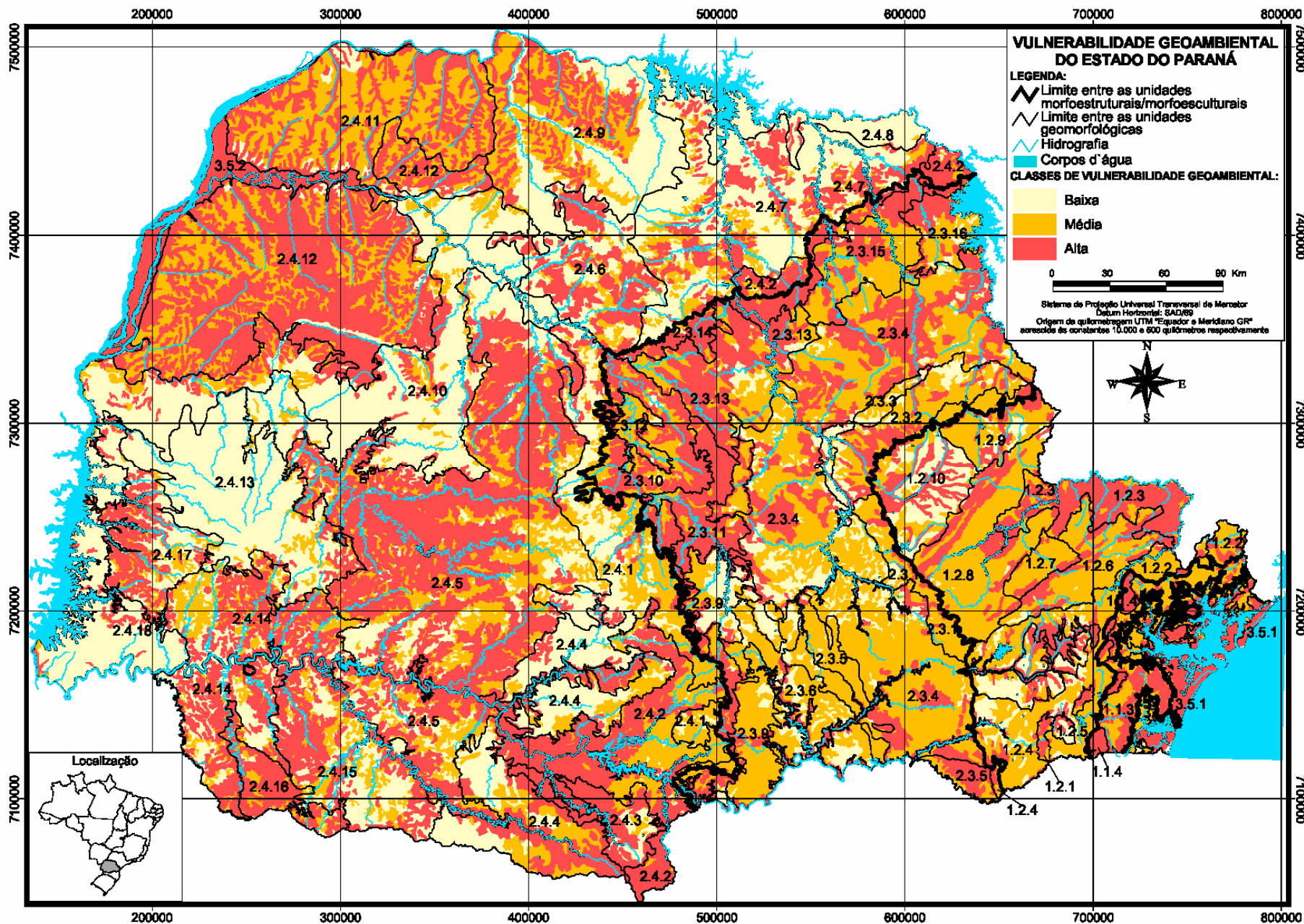
5) Foram identificadas, no mapa geológico escala 1:600.000, MINEROPAR (2006), todas as unidades geológicas do estado do Paraná. Em especial, os corpos de metacalcários presentes no Primeiro Planalto Paranaense, incluídos no Grupo Açungui e na Formação Itaiacoca, classificados como de alta vulnerabilidade, em virtude de suas características específicas face aos processos esperados, como por exemplo, poluição das águas subterrâneas e facilidade de dissolução e conseqüentes processos de subsidência e recalques;

6) Identificação dos processos geoambientais predominantes em cada uma das cinquenta unidades geomorfológicas que abrangem o estado do Paraná, a partir das relações pedológicas, geomorfológicas e geologia.

3. Resultados

A vulnerabilidade nas unidades geomorfológicas (Figura 1) está condicionada aos seguintes processos: erosão, movimentos de massa, queda de blocos, subsidência, recalques, colapsos de solo, inundações periódicas e contaminação de águas subterrâneas. O predomínio destes processos identificados em cada unidade mapeada fornece subsídios importantes para o planejamento regional, no entanto, não substituem estudos de maior detalhe que visem a utilização do solo para fins urbanos e rurais, tendo em vista a escala de menor detalhe adotada no trabalho. As características predominantes de cada unidade geomorfológicas são apresentadas no Quadro 1.

FIGURA 1 – Mapa da Vulnerabilidade Geoambiental do Estado do Paraná



QUADRO 1 – Síntese dos resultados da Vulnerabilidade Geoambiental do Estado do Paraná

UNIDADE MORFOESTRUTURAL	UNIDADE MORFOESCULTURAL	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	GEOLOGIA	SOLOS	DISSECAÇÃO PREDOMINANTE	VULNERABILIDADE E PRINCIPAIS PROCESSOS GEOAMBIENTAIS	
Cinturão Orogênico do Atlântico (1)	Serra do Mar (1)	1.1.1	Morros Isolados Costeiros	Complexo Gnáissico- Migmatítico	Cambissolos	Muito Alta	Alta vulnerabilidade a movimentos de massa e queda de blocos; possibilidade de movimentos de massa.
		1.1.2	Rampas de Pré-Serra e Serras Isoladas	Complexo Gnáissico- Migmatítico	Argissolos	Alta	Moderada vulnerabilidade a erosão laminar e linear; possibilidade de movimentos de massa.
		1.1.3	Serra do Mar Paranaense	Suíte Álcali-granitos	Cambissolos	Alta	Alta vulnerabilidade a movimentos de massa e queda de blocos.
		1.1.4	Blocos Soerguidos da Serra do Mar	Suíte Álcali-granitos	Neossolos	Muito Alta	Alta vulnerabilidade a movimentos de massa e queda de blocos.
	Primeiro Planalto Paranaense (2)	1.2.1	Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto Paranaense	Suíte Álcali-granitos	Neossolos	Muito Alta	Alta vulnerabilidade a movimentos de massa e queda de blocos; e moderada vulnerabilidade a processos erosivos.
		1.2.2	Planalto do Complexo Gnáissico-Migmatítico	Complexo Gnáissico Migmatítico	Cambissolos	Alta	Moderada vulnerabilidade a processos erosivos; possibilidade de movimentos de massa.
		1.2.3	Planalto Dissecado de Adrianópolis	Formação Votuverava	Neossolos	Alta	Alta vulnerabilidade a movimentos de massa e queda de blocos. Secundariamente alta vulnerabilidade a subsidências, colapsos do solo e contaminação de água subterrânea.
		1.2.4	Planalto de Curitiba	Complexo Gnáissico Migmatítico	Argissolos	Média	Moderada vulnerabilidade a erosão laminar e linear; possibilidade de colapsos e instabilização de taludes.
		1.2.5	Planalto do Alto Iguauçu	Complexo Gnáissico Migmatítico	Latossolos	Baixa	Baixa vulnerabilidade a erosão laminar e linear; possibilidade de colapsos e instabilização de taludes.
		1.2.6	Planalto Dissecado de Tunas do Paraná	Formação Capiru	Cambissolos	Alta	Alta vulnerabilidade a erosão e movimentos de massa; possibilidade de subsidências, colapsos do solo e contaminação de água subterrânea.
	1.2.7	Planalto Dissecado de Rio Branco do Sul	Formação Votuverava	Cambissolos	Alta	Moderada/alta vulnerabilidade erosão, movimentos de massa e queda de blocos; possibilidade a subsidências, colapsos do solo e contaminação de água subterrânea.	
	1.2.8	Planalto Dissecado do Alto Ribeira	Suíte Monzo granito	Cambissolos	Alta	Moderada vulnerabilidade a erosão, movimentos de massa e queda de blocos; possibilidade a subsidências, colapsos do solo e contaminação de água subterrânea.	
	1.2.9	Planalto do Alto Jaguariáiva	Complexo Granítico Cunhaporanga	Argissolos	Alta	Moderada vulnerabilidade a erosão.	
	1.2.10	Planalto de Castro	Complexo Granítico Cunhaporanga	Latossolos	Média	Baixa vulnerabilidade a processos erosivos; possibilidade de inundações e recalques em fundações e edificações.	
Bacia Sedimentar do Paraná (2)	Segundo Planalto Paranaense (3)	2.3.1	Planalto de São Luiz do Purunã	Formação Furnas	Cambissolos	Baixa	Moderada vulnerabilidade a erosão.
		2.3.2	Planalto de Jaguariáiva	Formação Furnas	Latossolos	Alta	Moderada vulnerabilidade a erosão; possibilidade de queda de blocos.
		2.3.3	Planalto de Tibagi	Formação Ponta Grossa	Latossolos	Média	Baixa vulnerabilidade a erosão.
		2.3.4	Planalto de Ponta Grossa	Grupo Itararé Indiviso	Cambissolos	Média	Moderada vulnerabilidade a erosão.
		2.3.5	Planalto de Guatá	Grupo Itararé Indiviso	Cambissolos	Alta	Moderada vulnerabilidade a erosão.
		2.3.6	Planalto de São Mateus do Sul	Formação Serra Alta	Cambissolos	Baixa	Moderada vulnerabilidade a erosão.
		2.3.7	Planalto de Iratí	Formação Teresina	Argissolos	Média	Moderada vulnerabilidade a erosão.
		2.3.8	Planaltos Residuais da Formação Teresina	Formação Teresina	Argissolos	Baixa	Moderada vulnerabilidade a erosão.
		2.3.9	Planalto de Prudentópolis	Formação Rio do Rasto	Cambissolos	Baixa	Moderada vulnerabilidade a erosão.
		2.3.10	Planaltos Residuais da Formação Serra Geral	Formação Rio do Rasto	Neossolos	Alta	Alta vulnerabilidade a movimentos de massa, queda de blocos e erosão.
		2.3.11	Planalto do Alto Ivaí	Formação Teresina	Neossolos	Média	Alta vulnerabilidade a erosão.
		2.3.12	Planalto de Cândido de Abreu	Formação Rio do Rasto	Argissolos	Baixa	Moderada vulnerabilidade a erosão.
	2.3.13	Planalto de Ortigueira	Formação Teresina	Neossolos	Alta	Alta vulnerabilidade a erosão, movimentos de massa e queda de blocos.	
	2.3.14	Planalto de Santo Antônio da Platina	Formação Rio do Rasto	Neossolos	Alta	Alta vulnerabilidade a erosão, movimentos de massa e queda de blocos.	
	2.3.15	Planalto do Médio Cinzas	Formação Teresina	Argissolos	Baixa	Moderada vulnerabilidade a erosão.	
	2.3.16	Planalto de Carlópolis	Formação Rio do Rasto	Argissolos	Média	Moderada vulnerabilidade a erosão, movimentos de massa e queda de blocos.	
	Terceiro Planalto Paranaense (4)	2.4.1	Planalto Pitanga/Ivaiporã	Formação Serra Geral	Latossolos	Média	Baixa/Moderada vulnerabilidade a erosão.
		2.4.2	Planalto do Foz do Areia	Formação Serra Geral	Neossolos	Alta	Alta vulnerabilidade a erosão movimentos de massa e queda de blocos.
2.4.3		Planalto de Clevelândia	Formação Serra Geral	Neossolos	Média	Alta vulnerabilidade erosão, movimentos de massa e queda de blocos.	
2.4.4		Planalto de Palmas/Guarapuava	Formação Serra Geral	Latossolos	Baixa	Baixa vulnerabilidade a erosão.	
2.4.5		Planalto do Alto/Médio Piquiri	Formação Serra Geral	Neossolos	Média	Moderada/Alta vulnerabilidade erosão.	
2.4.6		Planalto de Apucarana	Formação Serra Geral	Nitossolos	Alta	Baixa vulnerabilidade erosão.	
2.4.7		Planalto de Londrina	Formação Serra Geral	Nitossolos	Média	Baixa vulnerabilidade a erosão.	
2.4.8		Planalto do Médio Parapanema	Formação Serra Geral	Latossolos	Baixa	Baixa vulnerabilidade erosão.	
2.4.9		Planalto de Maringá	Formação Serra Geral	Latossolos	Baixa	Baixa/Moderada vulnerabilidade a erosão.	
2.4.10		Planalto de Campo Mourão	Formação Serra Geral	Latossolos	Baixa	Baixa/Moderada vulnerabilidade a erosão.	
2.4.11		Planalto de Paranavá	Formação Caiuá	Latossolos	Baixa	Média vulnerabilidade a processos erosivos laminares e lineares.	
2.4.12		Planalto de Umuarama	Formação Caiuá	Argissolos	Média	Alta vulnerabilidade a processos erosivos laminares e lineares.	
2.4.13	Planalto de Cascavel	Formação Serra Geral	Latossolos	Média	Baixa vulnerabilidade erosão.		
2.4.14	Planalto do Baixo Iguauçu	Formação Serra Geral	Nitossolos	Alta	Baixa vulnerabilidade erosão.		
2.4.15	Planalto de Francisco Beltrão	Formação Serra Geral	Latossolos	Média	Alta vulnerabilidade erosão.		
2.4.16	Planalto do Alto Capanema	Formação Serra Geral	Neossolos	Alta	Moderada/Alta vulnerabilidade erosão.		
2.4.17	Planalto do São Francisco	Formação Serra Geral	Nitossolos	Média	Moderada/Alta vulnerabilidade erosão.		
2.4.18	Planalto de Foz do Iguauçu	Formação Serra Geral	Latossolos	Baixa	Baixa vulnerabilidade erosão.		
Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas (3)	Planícies	3.5.1	Planícies (Litorânea e Flúvio-Marinhas)	Sedimentos Recentes	Espodossolos	-	Alta vulnerabilidade a erosão marinho-fluvial e a poluição do lençol freático.
		3.5.2	Planícies Fluviais	Sedimentos Recentes	Organossolos	-	Alta vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas.

No Paraná o Cinturão Orogênico do Atlântico é constituído por duas unidades morfoesculturais: Serra do Mar e Primeiro Planalto Paranaense.

Na unidade morfoescultural **Serra do Mar** predominam vulnerabilidades geoambientais associadas aos seguintes processos de evolução das paisagens:

- Alta vulnerabilidade a movimentos de massa e queda de blocos nas unidades geomorfológicas Morros Isolados Costeiros, Serra do Mar Paranaense e Blocos Soerguidos da Serra do Mar. Predominam Cambissolos e Neossolos Litólicos com textura argilosa, associados a relevo com alta declividade. Não são aptas a implantação de infra-estrutura enterrada, vias de circulação e uso urbano. Devem ser verificadas as condições de declividade e de remoção dos solos, além de áreas com matacões aflorantes ou enterrados.
- Moderada vulnerabilidade a erosão laminar e linear na unidade geomorfológica Rampas de Pré-Serra e Serras isoladas, com predomínio de Argissolos textura argilosa, associados a relevo com baixa declividade. Há possibilidade de movimentos de massa localizados em áreas com altas declividades, onde predominam Cambissolos com textura argilosa. Sua ocupação deve estar sujeita a cuidados específicos.

Na unidade morfoescultural **Primeiro Planalto Paranaense** predominam vulnerabilidades geoambientais associadas aos seguintes processos:

- Alta vulnerabilidade a movimentos de massa e queda de blocos nas unidades geomorfológicas Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto Paranaense, Planaltos Dissecados de Adrianópolis, Tunas do Paraná, Rio Branco do Sul e Alto Ribeira, com predomínio de Neossolos Litólicos associados a relevo com alta declividade. Secundariamente em Cambissolos textura argilosa associados a relevo com moderada declividade, ocorre moderada vulnerabilidade a processos erosivos. Tais áreas não são aptas a implantação de infra-estrutura enterrada, vias de circulação e uso urbano e rural. Apresenta potencial para desenvolvimento de atividades turísticas de baixo impacto. Secundariamente, exceto na primeira unidade, ocorre, associados às rochas carbonáticas, alta vulnerabilidade a subsidências, colapsos do solo e contaminação imediata do lençol freático e do aquífero carste. As áreas com rochas carbonáticas são inadequadas para implantação de loteamentos residenciais, comerciais e industriais, disposição de resíduos de qualquer natureza e de lavouras que façam uso de agrotóxicos. Nas demais áreas a ocupação deve estar sujeita a cuidados específicos.
- Moderada vulnerabilidade a erosão laminar e linear nas unidades geomorfológicas Planalto do Complexo Gnáissico Migmatítico, Planalto do Alto Jaguariaíva e Planalto de Curitiba,

predomínam Cambissolos, Argissolos e Latossolos textura argilosa, associados a relevo com baixa declividade. Secundariamente apresenta possibilidade de movimentos de massa nas áreas com alta declividade, onde a ocupação deve estar sujeita a cuidados específicos, principalmente nos cortes e aterros, que deve ser feita proteção vegetal. No Planalto de Curitiba as áreas com ocorrência da Formação Guabirota apresentam solos expansíveis suscetíveis a erosão, colapsos por compactação e instabilização em taludes. A ocupação deve estar sujeita a cuidados específicos.

- Baixa vulnerabilidade a erosão laminar e linear nas unidades geomorfológicas Planalto do Alto Iguaçu e Planalto de Castro, com predomínio de Latossolos textura argilosa, associados a relevo com baixa declividade. Secundariamente associados aos Gleissolos e Organossolos apresenta áreas sujeitas a inundações periódicas, material de baixa capacidade de suporte com possibilidades de recalques em fundações e edificações e contaminação do lençol freático. Nas áreas sobre a Formação Guabirota, Planalto do Alto Iguaçu, apresenta argilas expansíveis suscetíveis a erosão e colapsos por compactação. É recomendável para ocupação mediante práticas específicas.

No Paraná, a Bacia Sedimentar do Paraná é constituída por duas unidades morfoesculturais: Segundo e Terceiro Planalto Paranaense.

Na unidade morfoescultural **Segundo Planalto Paranaense** predominam vulnerabilidades ambientais associadas aos seguintes processos de evolução das paisagens:

- Alta vulnerabilidade a movimentos de massa, queda de blocos e erosão nas unidades geomorfológicas Planaltos Residuais da Formação Serra Geral, Planalto do Alto Ivaí, Planalto de Santo Antônio da Platina e Planalto de Ortigueira, com predomínio de Neossolos Litólicos textura argilosa, associados a relevo com moderada/alta declividade. Não são aptas as implantações de infra-estrutura enterradas, vias de circulação, uso urbano e rural. Devem ser verificadas as condições de declividade e de remoção dos solos, além de áreas com matações aflorantes ou enterrados.

- Moderada vulnerabilidade a erosão nas unidades geomorfológicas Planalto de São Luiz do Purunã, Planalto de Jaguariaíva e Planalto de São Mateus do Sul, com predomínio de Cambissolos e Latossolos de textura média/argilosa associados a relevos de baixa declividade. Os vales do Planalto de Jaguariaíva apresentam elevada dissecação vertical, aonde ocorrem Neossolos Litólicos associados a afloramentos rochosos com alta vulnerabilidade a queda de

blocos, nessas áreas a ocupação deve estar sujeita a cuidados específicos. Apresenta potencial para desenvolvimento de atividades de turismo rural.

Esta classe de vulnerabilidade predomina, também, nas unidades Planalto de Ponta Grossa, Planalto de Guatá e Planalto de Prudentópolis, aonde ocorrem Cambissolos e Argissolos com textura argilosa, associados a relevo com baixa/moderada declividade. Apresenta secundariamente Neossolos e Argissolos textura média, associados a relevo com moderada declividade, com alta vulnerabilidade a erosão. Recomendável para ocupação com práticas específicas nas áreas com moderada vulnerabilidade. As demais áreas são indicadas para preservação e atividades de baixo impacto.

No Planalto de Irati, Planaltos Residuais da Formação Teresina, Planalto Cândido de Abreu, Planalto do Médio Cinzas e Planalto de Carlópolis, também com predomínio de moderada vulnerabilidade à erosão, ocorrem Argissolos textura argilosa e média/argilosa, associados a relevo com baixa declividade. Nos Planaltos Médio Cinzas e de Carlópolis encontra-se secundariamente Neossolos Litólicos textura média, associados a relevo com moderada declividade, alta vulnerabilidade a movimentos de massa e queda de blocos. Recomendável para ocupação com práticas específicas.

- Baixa vulnerabilidade a erosão na unidade geomorfológica Planalto de Tibagi, com predomínio de Latossolos textura argilosa, associados a relevo com baixa declividade. Recomendável para ocupação com práticas específicas.

Na unidade morfoescultural **Terceiro Planalto Paranaense** predominam vulnerabilidades ambientais associadas aos seguintes processos:

- alta vulnerabilidade a erosão, movimentos de massa e queda de blocos nas unidades geomorfológicas Planalto do Foz do Areia/Ribeirão Claro e Planalto de Clevelândia, com predomínio de Neossolos Litólicos textura argilosa, associados a relevo com moderada/alta declividade. Não apto para implantação de infra-estrutura enterrada, vias de circulação, uso urbano e rural. No Planalto de Clevelândia encontram-se, secundariamente, Nitossolos com textura argilosa, associados a relevo com baixa declividade, baixa vulnerabilidade a erosão. Nas áreas de alta vulnerabilidade não são aptos para implantação de infra-estrutura enterrada, vias de circulação, uso urbano e rural. Devem ser verificadas as condições de declividade e de remoção dos solos, além de áreas com matações aflorantes ou enterrados. Nas áreas de baixa vulnerabilidade recomendável para ocupação com práticas específicas.

Esta classe predomina, também, nas unidades Planalto do Alto/Médio Piquiri, Planalto de Francisco Beltrão, Planalto do São Francisco e Planalto do Alto Capanema, aonde ocorrem Neossolos Litólicos textura argilosa, associados a relevo com moderada/alta declividade. Secundariamente Latossolos e Nitossolos textura argilosa, associados a relevo com baixa/moderada declividade e baixa vulnerabilidade a erosão. Recomendável para ocupação com práticas conservacionistas. Restrição de uso em áreas específicas com ocorrência de Neossolos Litólicos associados às altas declividades. Em áreas pontuais do Planalto do Alto Capanema, ocorrem Nitossolos textura argilosa, associados a relevo com moderada declividade e moderada vulnerabilidade a erosão.

Na unidade Planalto de Umuarama, também com predomínio de alta vulnerabilidade a erosão, ocorrem Argissolos textura arenosa/média, situados no terço médio/inferior das vertentes. Secundariamente Latossolos textura média, situados no terço superior das vertentes, apresentam moderada vulnerabilidade a processos erosivos laminares e lineares (ravinas e voçorocas). Recomendável para ocupação com práticas conservacionistas. Deve-se evitar tipos de uso do solo que ocasionem concentração de água superficial.

- Moderada vulnerabilidade a processos erosivos laminares e lineares (ravinas e voçorocas) na unidade geomorfológica Planalto de Paranavaí, com predomínio de Latossolos textura média, situados no terço superior/médio das vertentes. Secundariamente Argissolos textura arenosa/média, situados no terço inferior das vertentes, apresentam alta vulnerabilidade a processos erosivos laminares e lineares (ravinas e voçorocas). Recomendável para ocupação com práticas conservacionistas. Deve-se evitar tipos de uso do solo que ocasionem concentração de água superficial.

- Baixa vulnerabilidade a erosão laminar e linear nas unidades geomorfológicas Planalto Pitanga/Ivaiporã e Planalto de Palmas/Guarapuava, predominam Latossolos textura argilosa, associados a relevo com baixa/moderada declividade, secundariamente Cambissolos e Neossolos Litólicos textura argilosa, associados a relevo com moderada declividade, apresentam moderada/alta vulnerabilidade a erosão. Recomendável para ocupação com práticas específicas. Adequados para uso rural e urbano em loteamentos residenciais, comerciais e industriais. Em áreas com Cambissolos e Neossolos Litólicos associados a relevo com moderada declividade o uso deve estar sujeito a práticas específicas.

Esta classe de vulnerabilidade predomina, também, nas unidades Planalto de Apucarana e Planalto de Londrina, aonde ocorrem Nitossolos textura argilosa, associados a

relevo com baixa declividade. Secundariamente Neossolos Litólicos textura argilosa, associados a relevo com moderada/alta declividade, apresentam alta vulnerabilidade a erosão. Recomendável para ocupação com práticas conservacionistas. Restrição de uso em áreas específicas com ocorrência de Neossolos Litólicos associados a alta declividade.

Nas unidades Planalto do Médio Paranapanema, Planalto de Cascavel, Planalto do Baixo Iguaçu, Planalto de Foz do Iguaçu, Planalto de Maringá e Planalto de Campo Mourão, também com predomínio de baixa vulnerabilidade a erosão laminar e linear, predominam Latossolos no terço superior das vertentes e Nitossolos no terço médio/inferior, com textura argilosa, associados a relevo com baixa declividade. Recomendável para ocupação com práticas conservacionistas. No Planalto de Maringá e Planalto de Campo Mourão, encontram-se secundariamente, nas rochas do Grupo Bauru, Argissolos textura arenosa/média, no terço médio/inferior das vertentes, alta vulnerabilidade a processos erosivos lineares e Latossolos textura média, no terço superior, moderada vulnerabilidade a erosão. Recomendável para ocupação com práticas conservacionistas. As áreas com baixa vulnerabilidade são adequadas para uso rural e urbano em loteamentos residenciais, comerciais e industriais. Nas áreas com média/alta vulnerabilidade, situadas nas rochas do Grupo Bauru, deve-se evitar tipos de uso do solo que ocasionem concentração de água superficial.

Na unidade morfoescultural **Planícies** predominam vulnerabilidades ambientais associadas aos seguintes processos de evolução da paisagem:

- alta vulnerabilidade a erosão marinha/fluviial e a poluição do lençol freático na unidade geomorfológica Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas, com predomínio de Espodossolos textura arenosa e Gleissolos textura argilosa, associados a relevo com baixa declividade. São áreas suscetíveis a inundações periódicas, constituídas de material inconsolidado, de baixa capacidade de carga, com possibilidades de recalques/colapsos em fundações e edificações. A pouca profundidade do lençol freático coloca-as também como alta vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas. São inadequadas para implantação de loteamentos residenciais, comerciais e industriais, disposição de resíduos de qualquer natureza e de lavouras que façam uso de agrotóxicos.

- alta vulnerabilidade a inundações e a recalques/colapsos - na unidade geomorfológica de Planícies Fluviais, com predomínio de Organossolos/Gleissolos e Neossolos Litólicos, associados a relevo com baixa declividade. A pouca profundidade do lençol freático coloca-as também como alta vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas. São inadequadas para

implantação de loteamentos residenciais, comerciais e industriais, disposição de resíduos de qualquer natureza e de lavouras que façam uso de agrotóxicos.

4. Conclusões

O mapeamento da vulnerabilidade geoambiental realizado com o emprego de técnicas de geoprocessamento levou a caracterização de três classes de vulnerabilidade, classificadas como baixa, moderada e alta no Paraná, a partir das informações do meio físico (geologia, geomorfologia e pedologia). Ao todo foram identificadas cinquenta unidades geomorfológicas, úteis para embasar o planejamento da paisagem paranaense que permitem definir potencialidades e restrições de uso:

- Na Serra do Mar e Morros Isolados predominam processos de evolução da paisagem ligados principalmente a movimentos de massa e quedas de blocos.
- No Primeiro Planalto Paranaense verificou-se o predomínio de processos ligados principalmente a movimentos de massa e quedas de blocos nas unidades de maior declividade e predomínio de solos rasos, enquanto processos de erosão laminar e linear predominam nas unidades com declividades moderadas/baixa e com solos mais espessos. Nas unidades de metacalcários e solos de caráter hidromórfico, predominam processos de subsidência e colapso de solos.
- No Segundo Planalto Paranaense predominam os processos de evolução das vertentes da paisagem que são devidos principalmente a movimentos de massa e queda de blocos nos Planaltos Residuais da Formação Serra Geral, associados a relevos de moderada/alta declividade e erosão laminar e linear associados a relevo de moderada declividade.
- No Terceiro Planalto Paranaense, predominam queda de blocos e movimentos de massa associados a rochas basálticas em relevo com alta declividade, enquanto nas rochas sedimentares da Formação Caiuá predominam processos de erosão laminar e linear, em relevo com baixa declividade e solos espessos.
- Na Planície Litorânea e Flúvio-Marinhas os processos de evolução dizem respeito à erosão marinha/fluvial e poluição do lençol freático, enquanto que nas Planícies Fluviais são comuns as ocorrências de inundações e recalques/colapsos de solo.

5. Referências

CHORLEY, R.J.; HAGGAT, P. (1975) Modelos Físicos e de Informação em Geografia. Rio de Janeiro, Ed.da USP – Livros Técnicos e Científicos.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. (2001) Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento-Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. INPE, São José dos Campos, 100 pp.

DE BIASI, M. (1977) A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. Revista do Departamento de Geografia da USP, **06**:45-61.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006) Sistema brasileiro de classificação de solo. Embrapa solos, Rio de Janeiro, 306 pp.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1981) Levantamento de reconhecimento dos Solos do estado do Paraná. Curitiba, Convênio Governo do Estado do Paraná/IAPAR/EMBRAPA/SUDESUL, 1 mapa de solo, escala 1:600.000.

GERASIMOV, I. P. (1946) Essai d'interprétation geomorphologique du schéma general de la structure geologique de l'URSS. Problèmes de Geographie Physique, Vol. 12, Tzd. Vo AN SSSR, Moscou.

GERASIMOV, I. P.; MESCHERIKOV, J. A. (1968) Morphostructure. In The encyclopedia of geomorphology. Ed. R.W. Fairbridge, 731-732, New York:Reinhold Book Co.

MINEROPAR – Minerais do Paraná. Mapa Geológico do Estado do Paraná. (2006) Curitiba, MINEROPAR, 1 mapa geológico, escala 1:650.000.

OKA-FIORI; SANTOS, L.J.C.; CANALI, N. E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F.; ROSS, J.L.S. (2007) Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná: escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000. Minerais do Paraná – MINEROPAR, Curitiba, 59 pp.

ROSS, J. L. S. (1992) O Registro Cartográfico do Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. Revista do Departamento de Geografia – FFLCH-USP, n° 6, São Paulo, p. 17-29.

ROSS, J. L. S. Geomorofologia, Ambiente e Planejamento. S. Paulo, Ed. Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, **08**:63-74, 1994.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. – Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Revista do Departamento de Geografia – FFCH/USP, São Paulo, v. 10, p. 20-32, 1996.

SANTOS, L.J.C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F.; ROSS, J.L.S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. Revista Brasileira de Geomorfologia, **07**:03-11, 2006.

SILVEIRA, C. T.; FIORI, A. P.; OKA-FIORI, C. Estudo das Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial na APA de Guaratuba: subsídios para o planejamento ambiental. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, **57**:09-23, 2005.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. Not. Geomorfológica, Campinas, v. 16, n. 32, p. 71 – 104, 1976.

TRICART, J. Principes et Méthodes de la Geomorphologie. Paris Masson et Cie. Edit., 1965

TRICART, J, Ecodinâmica. FIBGE/Supren, Rio de Janeiro, 1977.