

MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ 3

Anderson Sandro da Rocha¹
Maicol Rafael Bade²
Maria Teresa de Nóbrega³
José Edézio da Cunha⁴

Resumo: A análise das fragilidades ambientais permite identificar as áreas de estabilidade e instabilidade natural, frente às intervenções antrópicas, nos mais variados níveis e escalas, fornecendo subsídios para o planejamento e o zoneamento econômico e ambiental. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo o mapeamento e a quantificação dos graus de fragilidade potencial e emergente nas principais unidades de paisagem da bacia hidrográfica do Paraná 3, região Oeste do Estado do Paraná. Utilizando-se técnicas de geoprocessamento e os preceitos metodológicos propostos por Ross (1994), foram elaboradas cartas temáticas de solo, declividade e uso da terra, bem como cartas síntese de fragilidade (potencial e emergente). A correlação dos dados espaciais e numéricos permitiu avaliar que a fragilidade potencial, mostra um predomínio das classes fraca (45,21%) e muito fraca (30,41%). Enquanto que a fragilidade emergente demonstra maior expressividade da classe de fragilidade moderada (41,40%), seguida da classe de fragilidade fraca (34,30%). Tais mapeamentos são fundamentais ao planejamento regional da bacia hidrográfica, pois possibilitam especializar as áreas de maior vulnerabilidade ambiental, proporcionando uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental; Bacia Hidrográfica; Unidades de Paisagem.

MAPPING OF POTENTIAL AND EMERGING FRAGILITY IN THE PARANÁ 3 WATERSHED

Abstract: Analysis of the environmental fragilities allows to identify the areas of stability and natural instability, in front of the anthropic interventions, in the most varied levels and scales, providing subsidies for the planning and the economic and environmental zoning. In this sense, the present work has the objective of mapping and quantifying the degrees of potential and emerging fragility in the main landscape units of the Paraná 3 Watershed, western region of the State of Paraná. By using geoprocessing techniques and the methodological precepts proposed by Ross (1994), thematic charts of soil, slope and land use were elaborated, as well as letters of synthesis of fragility (potential and emergent). The correlation of the spatial and numerical data allowed us to evaluate that the potential fragility shows a

¹ Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). andersonsdr@gmail.com

² Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). maicolbade@yahoo.com.br

³ Docente da Universidade Estadual de Maringá (UEM). mtnobrega@uol.com.br

⁴ Docente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). edeziocunha@hotmail.com

predominance of weak (45,21%) and very weak (30,41%) classes. While the emergent fragility shows greater expressiveness of the moderate fragility class (41,40%), followed by the weak fragility class (34,30%). Such mappings are fundamental to the regional planning of the watershed, since they make it possible to specialize the areas of greatest environmental vulnerability, providing a better definition of the guidelines and actions to be implemented in the physical-territorial space.

Keywords: Environmental Fragility; Watershed; Landscape Units.

INTRODUÇÃO

As pesquisas que visam à identificação e o mapeamento das fragilidades e potencialidades ambientais envolvem processos metodológicos voltados à análise, ao monitoramento e à classificação das áreas em termos de estabilidade/instabilidade e/ou vulnerabilidade. Esses mapeamentos geram produtos cartográficos, considerados fundamentais ao planejamento ambiental e territorial da paisagem.

No contexto atual, o modelo de análise de fragilidade ambiental, proposto por Ross (1994), tem se configurado como uma das propostas metodológicas mais utilizadas no cenário nacional. Nesse modelo, os níveis de fragilidade podem ser avaliados a partir de duas condições: o da fragilidade ambiental potencial e o da fragilidade ambiental emergente. No primeiro caso, é considerada a fragilidade correlacionada às condições naturais, avaliando-se as relações entre as formas de relevo e os diferentes tipos de solos. No segundo caso, o da fragilidade ambiental emergente, avaliam-se os aspectos morfológicos e pedológicos, adicionando-se também os tipos de usos das terras e os graus de proteção que conferem às superfícies.

Desse modo, a análise da fragilidade abrange a interpretação e a elaboração de cartas temáticas, consideradas produtos de análise (cartas de declividade, solo e uso da terra). Posteriormente, essas cartas são cruzadas e interpretadas, criando-se condições para a construção das cartas de síntese (fragilidade potencial e emergente).

De acordo com Sporn (2001), a importância desses mapeamentos ocorre em razão de que os sistemas ambientais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características “genéticas”. Qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima, geologia e recursos hídricos) acarreta o comprometimento da funcionalidade do sistema, alterando o seu estado de equilíbrio dinâmico.

As variações de maior ou menor fragilidade atribuídas às características naturais e antrópicas, na maioria dos estudos, estão adequadas à escala cartográfica e às peculiaridades da área de estudo. Nesta perspectiva, alguns estudos desenvolvidos no âmbito da ciência geográfica, especialmente aqueles que tratam de temáticas relativas à análise das fragilidades, têm priorizado a bacia hidrográfica, pois é esta unidade de análise que permite, mais eficientemente, compreender e, conseqüentemente, monitorar os diferentes níveis de estabilidade presentes na paisagem.

Com base nessas concepções, trabalhos recentes de Santos et al. (2010) e Martins e Rodrigues (2012), têm empregado técnicas de geoprocessamento no intuito de gerar cartas de fragilidades. Para esses autores, os SIG permitem tanto realizar a classificação individual das vulnerabilidades e susceptibilidades dos elementos naturais e antrópicos, quanto à análise integrada, através da utilização de matriz ponderada que, além de propiciar rapidez de processamento, amplia a capacidade de modelagem e decisão.

Esses estudos, sobretudo aqueles desenvolvidos sob a perspectiva da análise integrada e sistêmica, visam contribuir com o planejamento ambiental, pois possibilitam identificar as fragilidades e as potencialidades da paisagem, proporcionando uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento econômico e ambiental.

Nesta perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo mapear e quantificar os graus de fragilidade potencial e emergente da bacia hidrográfica Paraná 3, buscando-se identificar as áreas de estabilidade/instabilidade dos compartimentos da paisagem presentes nesse espaço.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de pesquisa corresponde à bacia hidrográfica do Paraná 3, uma das doze unidades hidrográficas do Estado do Paraná, delimitadas pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA, com o objetivo de gestão, gerenciamento e planejamento ambiental. Está localizada na mesorregião Oeste do Estado do Paraná, entre as coordenadas geográficas 24°01' S e 25°35' S e 53°26' W e 54°37' W e abrange uma área de aproximadamente 8.000 km², a qual abriga de modo parcial ou total, os territórios de 28 municípios (Figura 1).

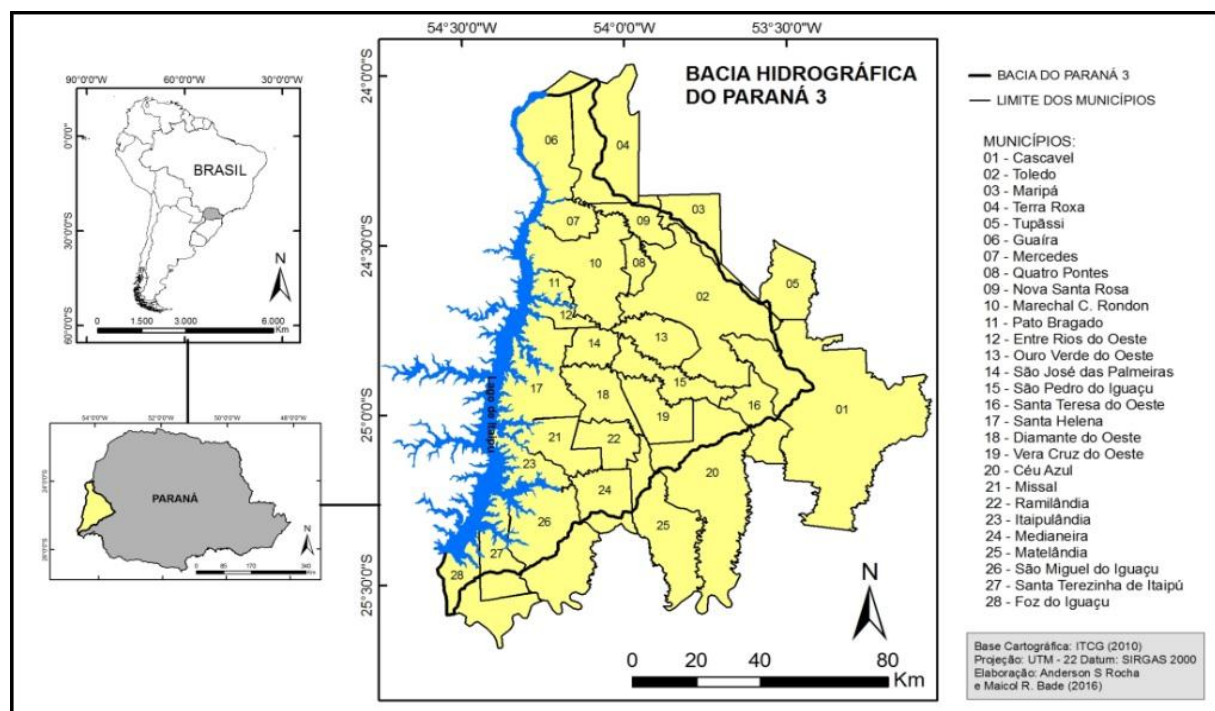


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Paraná 3, região Oeste do Estado do Paraná

A BP3 compreende um conjunto de bacias com direcionamento de drenagem de leste para oeste, tributárias do rio Paraná, que desaguam diretamente no reservatório do Lago de Itaipu.

A unidade hidrográfica localiza-se no interior da bacia sedimentar do Paraná, no setor Oeste do Terceiro Planalto paranaense, onde o substrato geológico é constituído predominantemente por rochas basálticas da Formação Serra Geral, formadas pelos derrames vulcânicos do período Mesozóico. No setor Norte da bacia, observa-se uma zona de contato entre rochas ígneas efusivas e as rochas sedimentares compostas por arenitos da Formação Caiuá, também do Mesozóico (MINEROPAR, 2015).

No que se refere à cobertura pedológica, constata-se que as principais classes de solos presentes na área de estudo são compostas por Latossolos Vermelhos Eutroféricos, Latossolos Vermelhos Distroféricos e Nitossolos Vermelhos Eutroféricos em associação com os Neossolos Litólicos e Regolíticos. Os Gleissolos Hápicos e os Organossolos Mésicos também aparecem, mas em pequenas áreas planas e alagadiças, às margens do Rio Paraná (Figura 2).

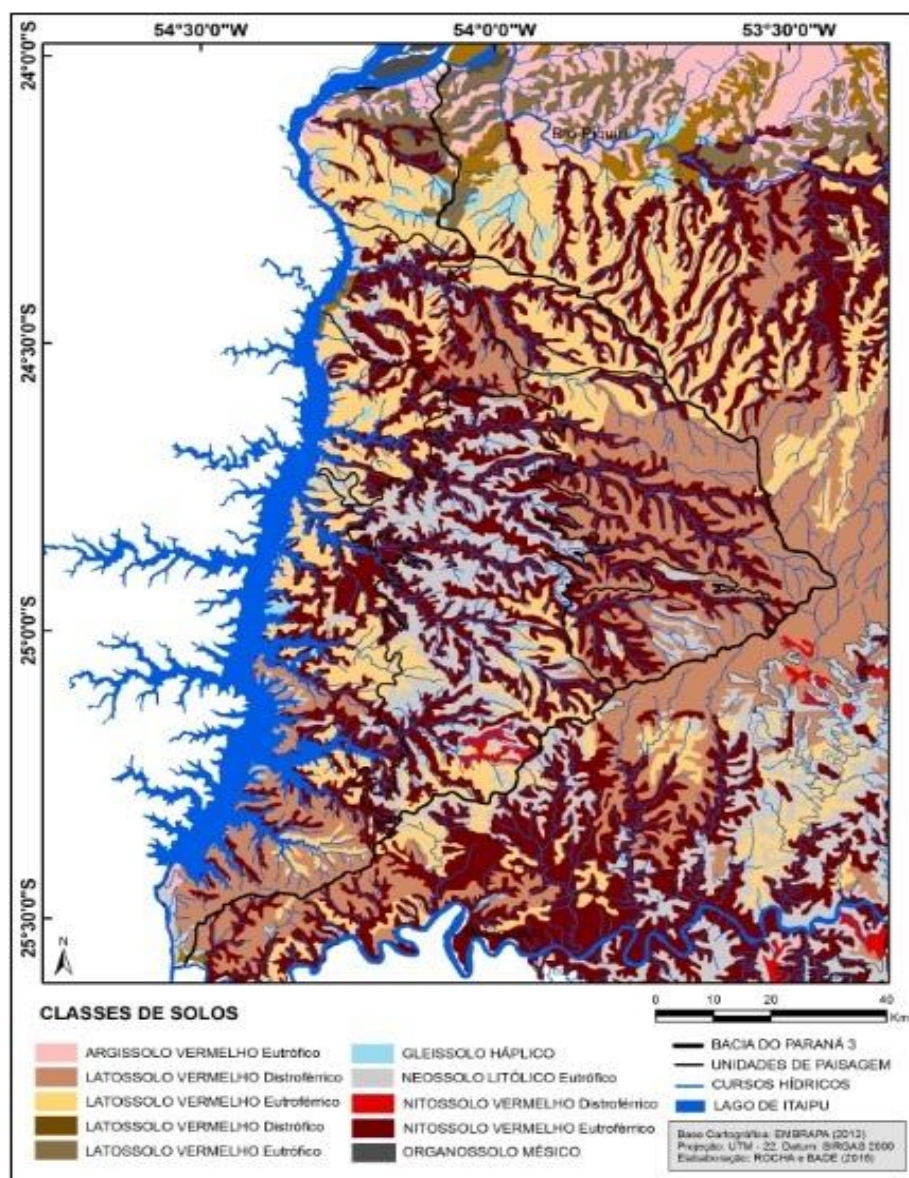


Figura 2 - Carta de Solos da BP3

Conforme evidenciam os mapas de solos de Bhering e Santos (2008), predominam na BP3 solos de textura argilosa. Entretanto, ao norte, na zona de contato dos basaltos com os arenitos da Formação Caiuá, ocorre uma pequena mancha de solos de textura média e/ou arenosa, com predominância dos Latossolos e Argissolos Vermelhos.

Apesar do substrato geológico predominantemente basáltico é possível observar importantes variações em termos morfopedológicos na BP3 (Figuras 2 e 3).

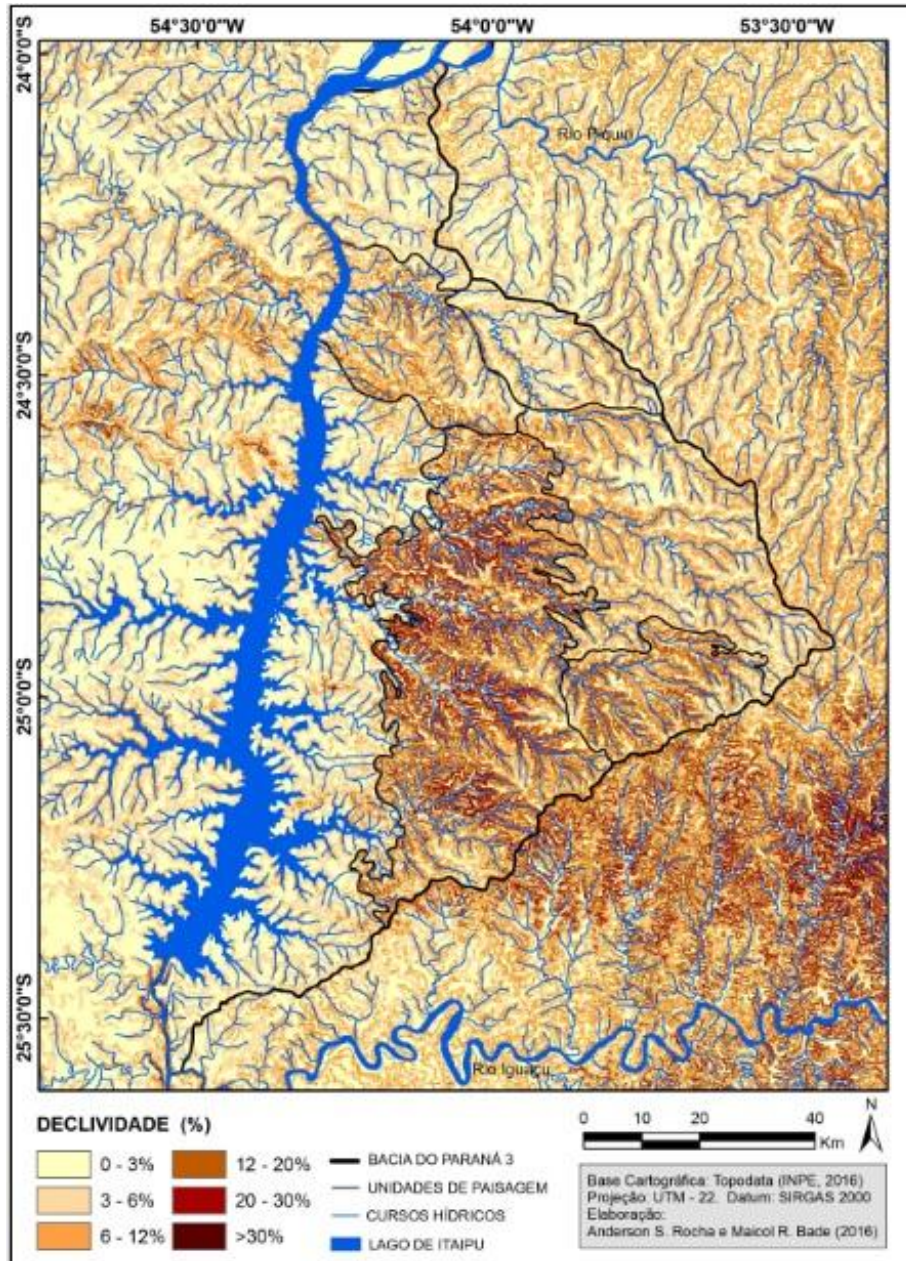


Figura 3 - Carta de Declividade da BP3

Nos setores onde as vertentes apresentam formas convexo-retilíneas e declividades baixas entre 0-6% predominam a classe dos Latossolos, enquanto que nos setores com dissecação moderada (6-12%), dominam a classe dos Nitossolos. Já os ambientes de maior dissecação, onde as vertentes apresentam formas

convexo-côncavo-retilíneas e declividades variando entre 12 e 30%, ocorrem basicamente solos rasos (Neossolos Litólicos e Regolíticos).

Em relação ao uso e cobertura da terra (Figura 4), verifica-se que a bacia hidrográfica do Paraná 3 contempla, principalmente, usos agrícolas e pecuários.

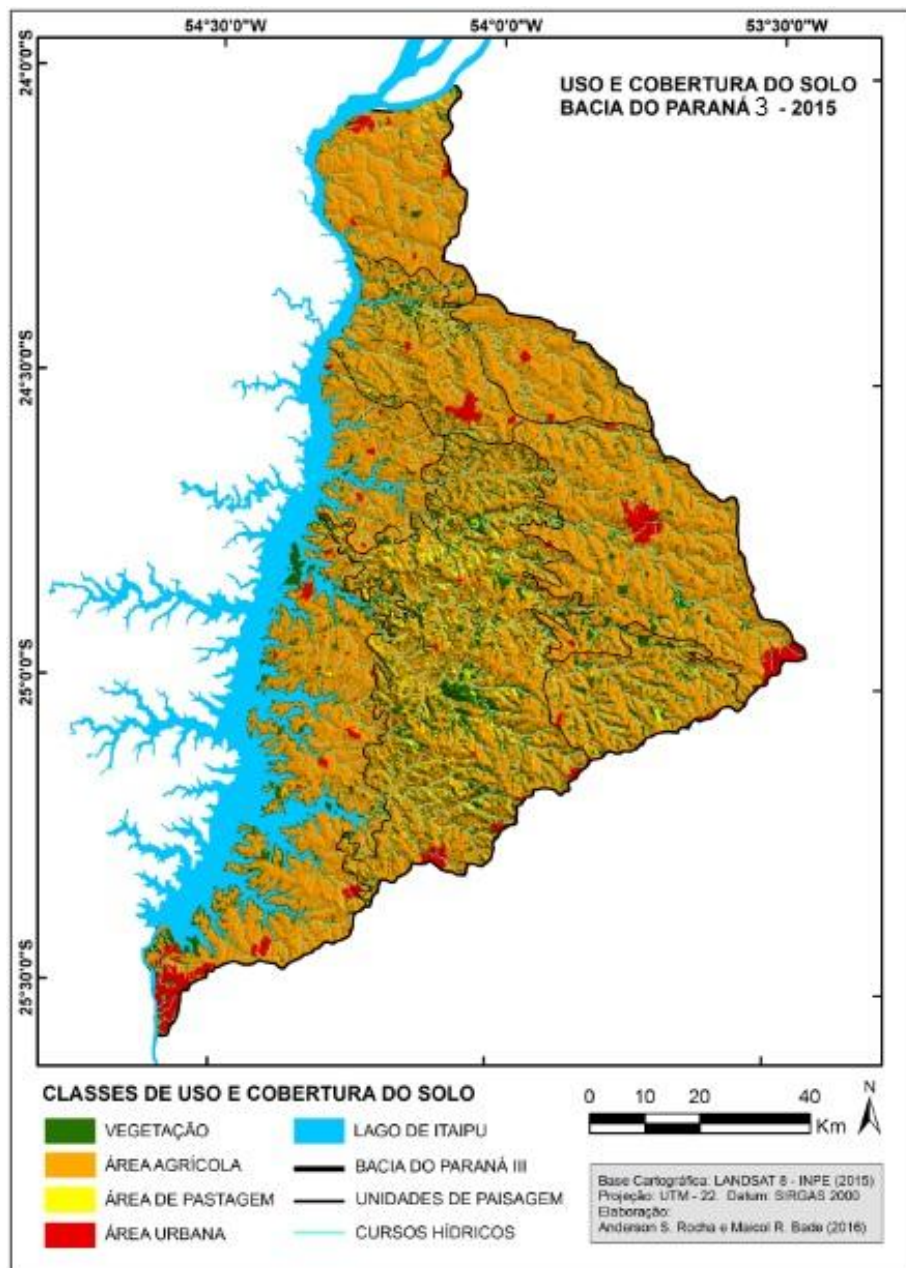


Figura 4 - Uso e cobertura da terra da BP3

A agricultura compõe a classe de uso dominante e abrange cerca de 70% da área total da bacia. Em geral, os cultivos agrícolas são de soja, milho, trigo e aveia e apresentam sistema de cultivo de plantio direto. A distribuição das áreas agrícolas encontra-se especialmente associada aos setores de relevo com baixa dissecação e solos mais profundos, localizados nos setores alto e baixo da bacia.

A atividade pecuária, representada pelos setores compostos por áreas de pastagens, ocupa pouco mais de 2% da área de estudo. Esses setores normalmente exibem o manejo de gado (corte e leiteiro) de forma extensiva. Em termos de

localização, as pastagens ocupam basicamente o setor intermediário da bacia, onde predominam alta dissecação do relevo e solos rasos. No setor norte da bacia, também se verifica uma estreita faixa composta pela pastagem, aí associada às áreas com solos de textura média, oriundos do arenito da Formação Caiuá.

Os remanescentes florestais da BP3 distribuem-se principalmente às margens dos principais cursos hídricos, assim como em setores onde há maiores limitações físico-naturais (altas declividades e solos de baixa fertilidade natural) que impedem o desenvolvimento de atividades antrópicas. Embora a vegetação natural tenha sido devastada no processo de ocupação, verifica-se uma área representativa de mata (natural e reflorestada) ao longo da bacia. Atualmente a vegetação ocupa uma área superior a 17% do total.

A margem esquerda do reservatório de Itaipu, juntamente com os afluentes do rio Paraná situados em território brasileiro, somam uma área de aproximadamente 587 km². A relevante área, composta por corpos hídricos, reflete a grande magnitude da área alagada, responsável pelo expressivo percentual de corpos hídricos, superior a 6% do total da área de estudo.

As áreas urbanizadas, ao longo da unidade hidrográfica, ocupam cerca de 2%. As principais sedes municipais localizam-se em sua maioria nas regiões limítrofes aos divisores de água da bacia e encontram-se dispostas, principalmente, nos setores de topo, onde normalmente se verificam as áreas mais aplainadas do relevo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação das potencialidades e fragilidades associadas à compartimentação da paisagem, foram elaboradas cartas temáticas (Geologia, Hipsometria, Solos, Declividade e Uso do Solo), bem como cartas de fragilidade (potencial e emergente). A determinação das classes de fragilidade baseou-se no emprego da metodologia proposta por Bonifácio (2013), inspirada naquela sugerida por Ross (1994).

ELABORAÇÃO DE CARTAS TEMÁTICAS

A elaboração das cartas temáticas contou com a produção de material cartográfico referente aos aspectos físicos utilizados na análise de fragilidade potencial, bem como de cartas de uso e cobertura da terra, para a avaliação da fragilidade emergente.

Para a elaboração da carta geológica foi utilizado como base cartográfica, o mapa geológico do Paraná (MINEROPAR, 2015). Já para a elaboração da carta pedológica, foi utilizada a base cartográfica do Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Estado (BHERING e SANTOS, 2008). As informações vetoriais (*shapefile*) sobre as formações geológicas e cobertura pedológica foram obtidas por meio do site do ITCG (2013), na escala de 1:250.000. As informações foram processadas nos softwares Global Mapper 15.1 e ArcGis 9.3.

As cartas temáticas geomorfológicas: hipsometria e declividade foram elaboradas a partir dos dados da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Para tanto se construiu um mosaico a partir das imagens com resolução espacial de (~30m): 23s555, 23s54, 24s555, 24s54, 25s555 e 25s54, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais através do projeto

Topodata (INPE, 2013). As informações foram processadas no ArcGis 9.3.

O mapeamento de uso e cobertura da terra da área de estudo foi obtido a partir da análise de imagens do satélite Landsat 8, com cenas orbitais do ano de 2015, também disponibilizadas pelo INPE (2015). No ambiente do *software* ArcGis9.3, foram geradas as composições coloridas (RGB), utilizando as bandas 4, 5 e 6. Em seguida, utilizou-se a metodologia de classificação supervisionada, por meio do classificador *MAXVER* (*Maximum Likelihood Classification*). Esses procedimentos permitiram identificar as classes de vegetação, agricultura, pastagem e corpos hídricos da BP3. Para a identificação detalhada das áreas urbanas, recorreu-se à vetorização manual da imagem RGB.

ELABORAÇÃO DE CARTAS DE FRAGILIDADE

Na avaliação da fragilidade potencial, foram utilizadas as cartas de solo e declividade. Na metodologia adotada, atribuíram-se aos solos e às faixas de declividade pesos em valores crescentes de 1 a 5, de acordo com seus atributos e potencialidades para o desencadeamento e desenvolvimento de processos erosivos, adotando e adaptando os critérios propostos por Ross (1994), os quais definiram, em conjunto, o grau de fragilidade potencial da área. Nesta avaliação da fragilidade potencial, considera-se a condição da superfície original, ou seja, recoberta por vegetação florestal. Nos Quadros 1 e 2 são apresentados os pesos para os solos e as faixas de declividade, respectivamente.

Quadro 1 - Solos: pesos e atributos

Pesos	Solos
1	Latossolo Vermelho, textura argilosa
2	Nitossolo Vermelho, textura argilosa
3	Latossolo Vermelho, textura média
4	Argissolo Vermelho, textura média/arenosa
5	Neossolos, Gleissolos, Organossolos

Fonte: Adaptado de ROSS (1994).

Quadro 2 - Declividade

Pesos	Declividade
1	< 6%
2	6 a 12%
3	12 a 20%
4	20 a 30%
5	> 30%

Fonte: Adaptado de ROSS (1994).

A carta de fragilidade potencial foi elaborada a partir da média aritmética obtida a partir da soma dos pesos do solo e da declividade. Para a ponderação das classes de fragilidade (Quadro 3), seguiram-se as recomendações de Bonifácio (2013), que ressalta, em seus critérios, o tipo de solo e suas propriedades como elementos definidores da fragilidade. Nesse modelo, a declividade apresentou-se como o elemento que hierarquiza os graus de fragilidade dentro de cada classe de solo.

Quadro 3 - Graus de fragilidade

Graus	Classe
1	Muito fraca
2	Fraca
3	Moderada
4	Forte
5	Muito forte

Fonte: Adaptado de ROSS (1994).

Para a determinação da fragilidade emergente, foram associados aos valores de fragilidade potencial os graus de proteção atribuídos ao uso e cobertura do solo. Desse modo, as áreas de pastagem e agricultura (Quadro 4) receberam pesos específicos, os quais foram somados ao valor médio que definiu a fragilidade potencial. A carta de fragilidade emergente foi gerada pela equação (1), aplicando-se os mesmos critérios de classificação apresentados no Quadro 3.

$$Fragilidade\ emergente = \left(\frac{solo + declividade}{2} \right) + uso\ da\ terra \quad \text{Equação 1}$$

A partir da soma, aplicando-se os mesmos critérios de classificação apresentados no Quadro 3, foi gerada a carta de fragilidade emergente. As áreas recobertas por vegetação florestal mantêm o mesmo valor obtido na carta de fragilidade potencial.

Quadro 4 - Classificação dos usos da terra

Usos da Terra	
Mata	0
Pastagem	+ 0,5
Culturas	+ 1,0

Fonte: BONIFÁCIO (2013).

A análise ponderada dos dados de fragilidade (potencial e emergente) e os cálculos para obtenção da média das informações referentes ao solo, declividade e

uso e cobertura da terra, foram processadas no *software* ArcGis 9.3, utilizando-se a ferramenta “álgebra de mapas”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conhecimento da distribuição espacial do uso e cobertura da terra, assim como da organização da estrutura geocológica da área, considerando as variáveis geológicas, geomorfológicas e pedológicas, permite evidenciar diferentes unidades de paisagem no âmbito da BP3 (Figura 5).

De acordo com Bade (2014) a bacia hidrográfica do Paraná 3 apresenta cinco grandes compartimentos de paisagem: 1 – Unidade de Cascavel; 2 – Unidade de São Francisco; 3 – Unidade Foz do Iguaçu; 4 – Unidade Marechal Cândido Rondon; 5 – Unidade de Guaíra (Figura 6). Dentre as unidades, a de Cascavel é a única que apresenta três subunidades denominadas de: (1. A) - subunidade de Toledo, (1. B) - subunidade de Santa Teresa do Oeste e (1. C) - subunidade de Nova Santa Rosa.

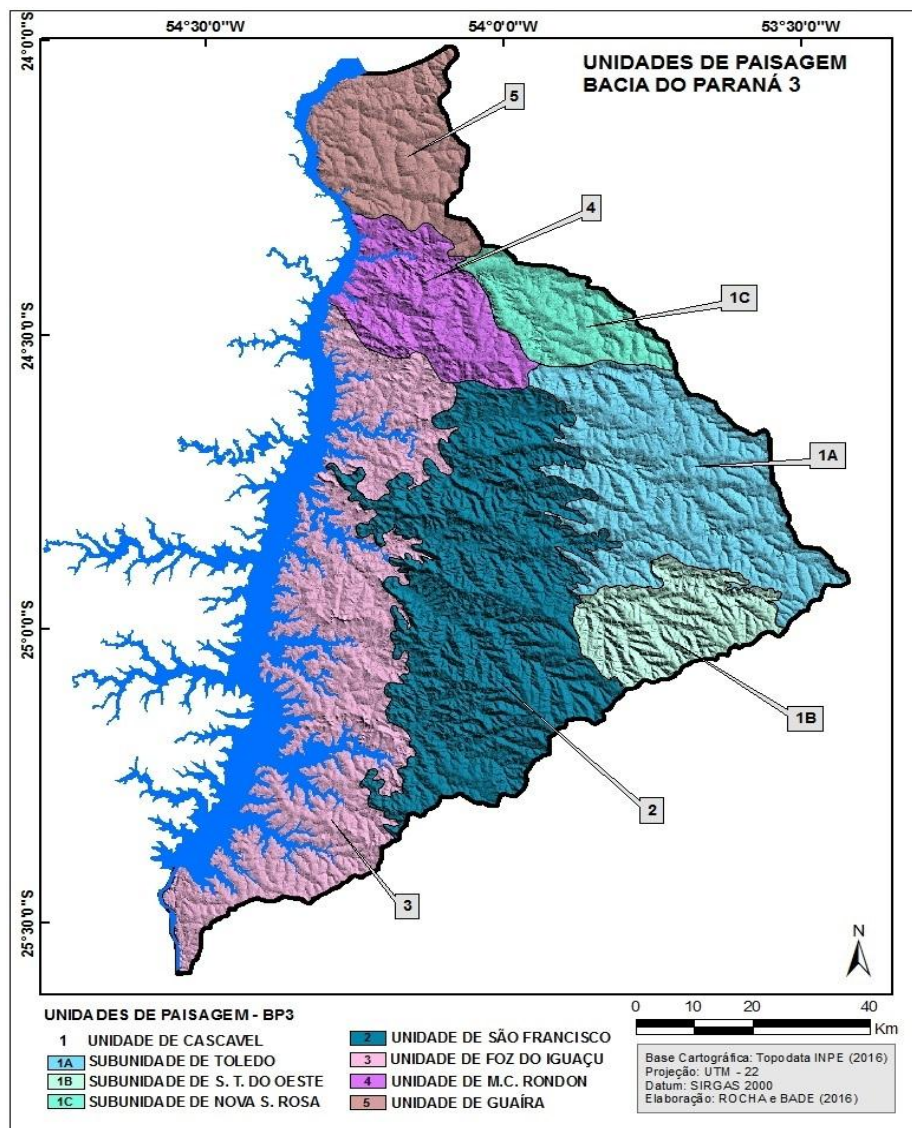


Figura 5 - Unidades de paisagem da BP3

Cada uma das unidades e subunidades se individualiza pela sua estrutura geocológica, funcionamento e dinâmica. Essas variações geoambientais em associação com a análise integrada dos aspectos físicos, frente às intervenções antrópicas no contexto territorial da unidade hidrográfica do Paraná 3, permitiu elaborar mapeamentos de fragilidade potencial e emergente. Esses documentos cartográficos possibilitaram representar espacialmente e quantitativamente a fragilidade, as restrições ambientais nas unidades e subunidades de paisagem.

A FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE NA UNIDADE HIDROGRÁFICA DO PARANÁ 3

A fragilidade potencial, considerando-se a condição original da área ainda sob floresta, mostra um predomínio das classes de fragilidade fraca (45,21%) e muito fraca (30,41%), enquanto as áreas com fragilidade moderada correspondem a cerca de 15% e as classes forte e muito forte somam menos do que 10% da área total (Quadro 5).

Quadro 5 - Área ocupada pelas classes de Fragilidade Potencial da BP3

Classes de Fragilidade Potencial	Área Ocupada (%)
Muito Fraca	30,41
Fraca	45,21
Moderada	15,10
Forte	6,77
Muito Forte	2,51
Total	100,00

A maior representatividade das áreas de fraca e muito fraca fragilidade potencial na bacia ressalta a predominância da ordem dos Latossolos de textura argilosa em associação a relevos de baixa dissecação (0 – 6% de declividade), que resultam na maior expressão territorial de áreas naturalmente mais estáveis, observadas predominantemente nas unidades de Cascavel, Foz do Iguaçu e Guaíra (Figura 6).

Os setores que englobam as classes de fragilidade forte e muito forte, especialmente concentradas na unidade de São Francisco (Figura 6), são basicamente compostos por solos rasos, como os Neossolos Litólicos e Regolíticos. Nesses setores, a condição topográfica assume papel preponderante na divisão das duas classes de fragilidade, sendo que as áreas compostas por declividades entre 20 e 30% delimitam as fragilidades fortes e as áreas com gradientes maiores que 30% englobam a fragilidade muito forte.

Os setores classificados como de fragilidade moderada mostram-se associados a duas diferentes realidades morfopedológicas: a primeira relacionada aos solos de textura média formados pelos Argissolos e declividades entre 0 e 6% e a outra composta por solos argilosos, os Nitossolos, onde se observam declividades dominantes entre 6 e 12%.

Nesse contexto, cabe destacar que as condições pedológicas e topográficas, avaliadas por meio da fragilidade natural, demonstram que uma mesma classe de solo, quando sujeita a diferentes graus de declividade, pode apresentar diferentes níveis de fragilidade. Em contrapartida, áreas com declividades semelhantes, mas

com coberturas pedológicas diferentes, também podem exibir diferentes graus de fragilidade. Sendo assim, tanto o solo como a declividade, assumem papéis importantes na classificação da fragilidade.

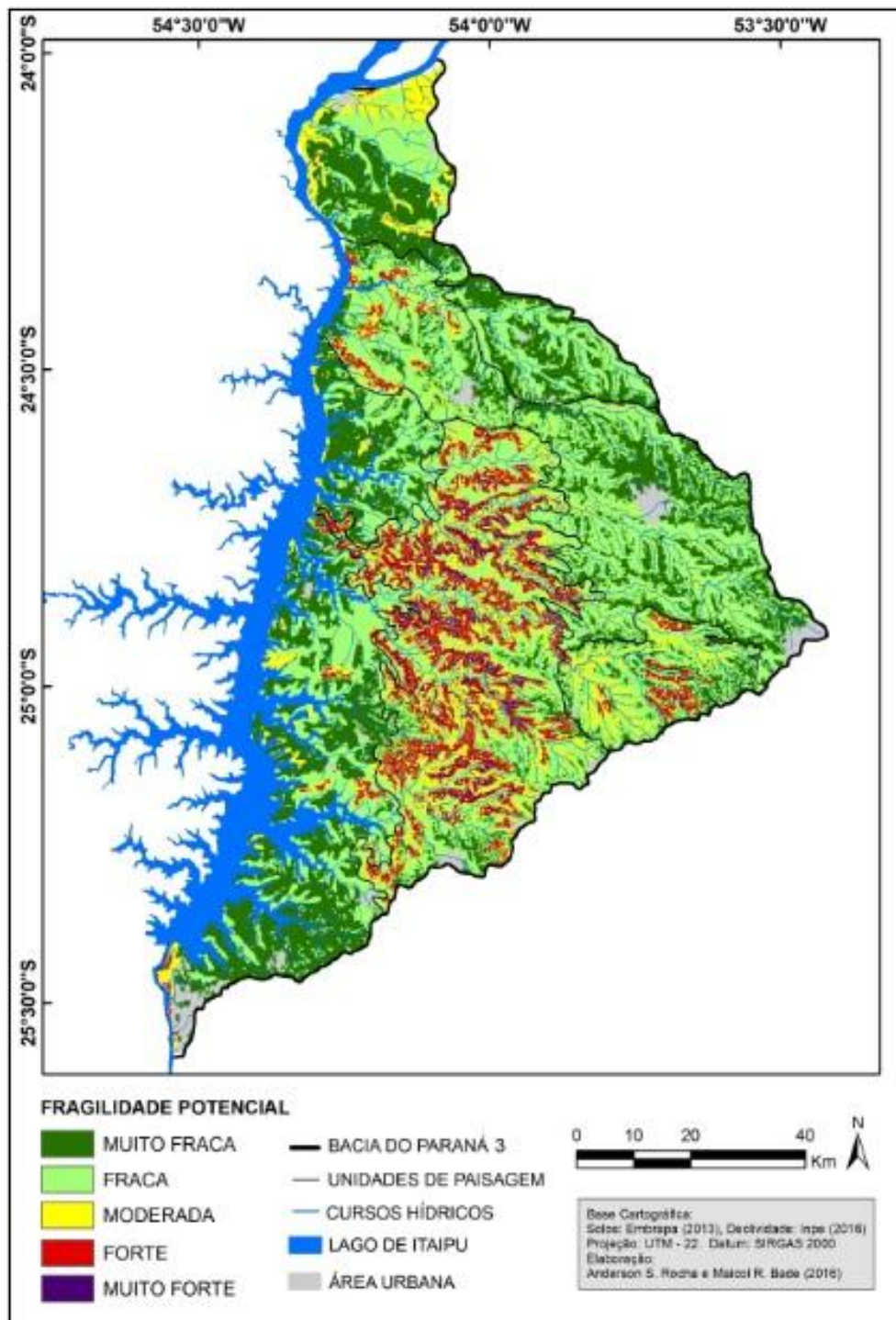


Figura 6 - Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Paraná 3

No que se refere à fragilidade emergente, que demonstra a interação entre as condições naturais e os graus de proteção determinados pela vegetação e o uso antrópico, pode-se perceber uma elevação nos graus de fragilidade para as áreas, resultante das implicações dos diferentes usos.

A distribuição percentual das classes de fragilidade emergente (Quadro 6) ressalta agora uma maior expressividade da classe de fragilidade moderada (41,40%), seguida da classe de fragilidade fraca (34,30%). Esse aumento é especialmente atribuído aos cultivos temporários. Os setores de fragilidade natural muito fraca e fraca passaram, respectivamente, para o grau de fragilidade fraca e moderada devido à inserção do uso agrícola. Desse modo, as áreas consideradas de muito fraca fragilidade apresentaram percentuais menores (3,70%), ocorrendo apenas em setores onde a vegetação florestal foi mantida, em ambiente de relevos planos e solos profundos.

Quadro 6 -Área ocupada pelas classes de Fragilidade Emergente da BP3

Classes de Fragilidade Emergente	Área Ocupada (%)
Muito Fraca	3,70
Fraca	34,30
Moderada	41,40
Forte	12,78
Muito Forte	7,82
Total	100,00

As áreas classificadas como forte e muito forte fragilidades também apresentam uma ampliação espacial quando comparada à distribuição encontrada na carta de fragilidade potencial. A classe de fragilidade emergente forte passou a corresponder a 12,78% e a muito forte a 7,82%, do total da bacia. Ambas ocorrem, principalmente, na unidade de São Francisco (Figura 7), particularmente onde se encontram solos rasos e declives acentuados (entre 20 e 30%).

Na unidade de paisagem de São Francisco, os setores caracterizados como muito forte, na carta de fragilidade potencial, mantiveram-se inalterados na carta de fragilidade emergente. Já os setores classificados como de forte fragilidade potencial, quando ocupados por pastagem ou agricultura, passaram a ser classificados como de fragilidade muito forte em razão desse uso. As áreas anteriormente classificadas como de forte fragilidade potencial, e que ainda se mantêm com vegetação natural, não sofreram alteração na classificação da carta de fragilidade emergente, ou seja, mantiveram-se classificadas como fortes.

Nos setores localizados à margem do lago de Itaipu, especialmente na área de abrangência das unidades de Foz do Iguaçu e Guaíra, as fragilidades anteriormente classificadas com moderada fragilidade potencial, em razão dos solos hidromórficos e dos solos de textura média, passaram a ser classificadas na fragilidade emergente como forte em decorrência dos usos da terra, compostos por agriculturas temporárias e pastagens.

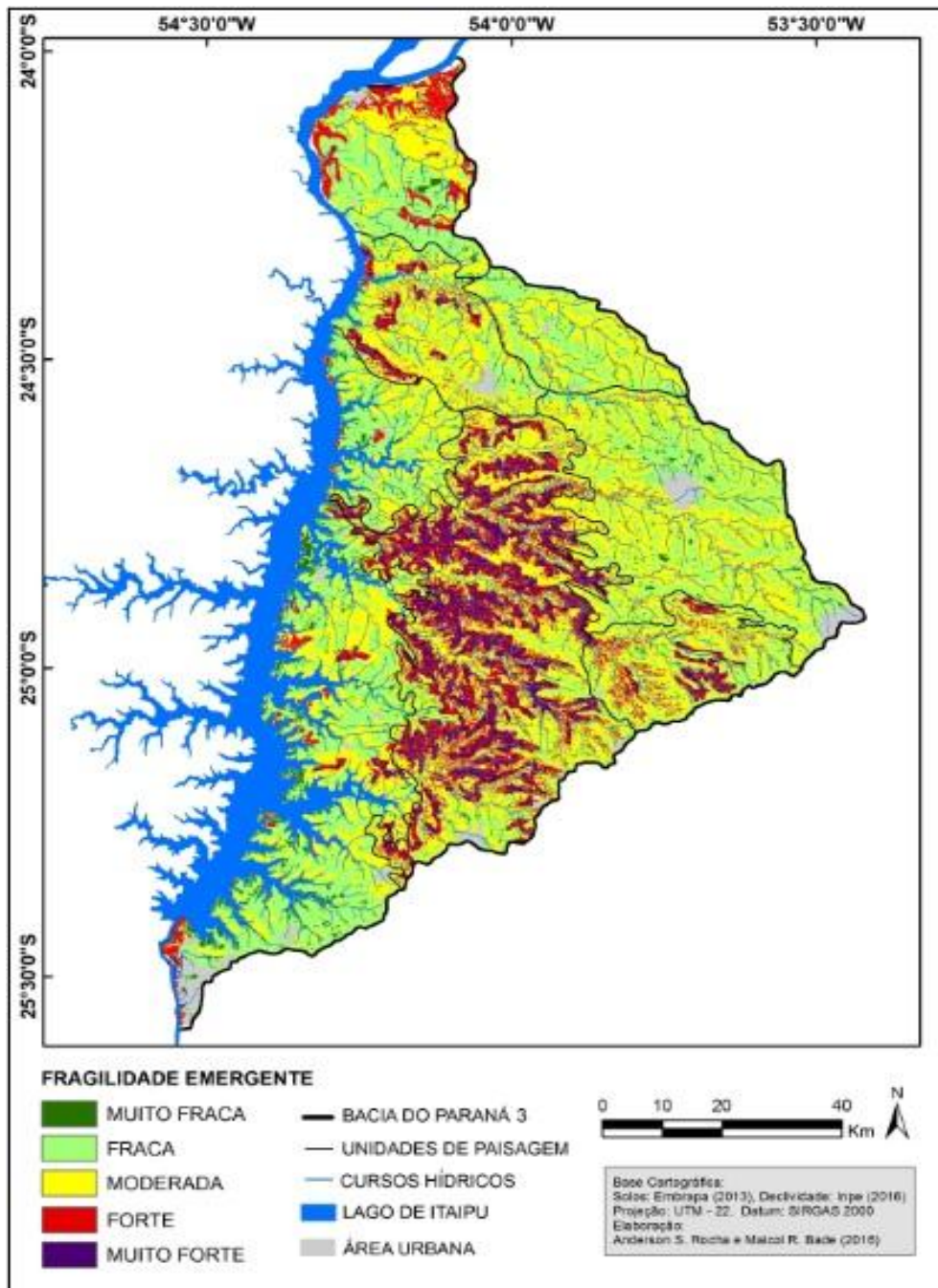


Figura 7 - Fragilidade Emergente da Bacia Hidrográfica do Paraná 3

De modo geral, é possível observar por meio dos documentos cartográficos (Figuras 6 e 7) e dos dados quantitativos (Quadro 7), que as divisões das unidades de paisagem refletem domínios de fragilidade potencial e emergente.

As áreas de maior estabilidade natural, classificadas como fraca e muito fraca fragilidade potencial, concentram-se basicamente na unidade de Cascavel, sobretudo ao longo das subunidades de Toledo (1A) e Nova Santa Rosa (1C), assim como na unidade de Foz do Iguaçu e na porção Centro-Sul da unidade de Guaíra. Por sua vez, as áreas de moderada, forte e muito forte fragilidade potencial distribuem-se, com maior frequência, na unidade de São Francisco, com menor expressão no Norte da unidade de Guaíra, no Sul da subunidade de Santa Teresa (1C) e em parte da unidade de paisagem de Marechal Cândido Rondon (Quadro 7).

Quadro 7 - Classes de Fragilidade Potencial e Emergente por Unidade de Paisagem da BP3

UNIDADES DE PAISAGEM	SUBUNIDADES	CLASSES DE FRAGILIDADE	FRAGILIDADE POTENCIAL ÁREA (%)	FRAGILIDADE EMERGENTE ÁREA (%)
1. CASCAVEL	1.A - TOLEDO	Muito Fraca	39,10	3,70
		Fraca	57,98	43,27
		Moderada	2,81	50,65
		Forte	0,11	2,08
		Muito Forte	0,00	0,30
		Total	100,00	100,00
	1.B - STA.TERESA	Muito Fraca	21,96	2,84
		Fraca	51,90	30,47
		Moderada	17,90	46,74
		Forte	7,22	13,77
		Muito Forte	1,02	6,18
		Total	100,00	100,00
	1.C – NOVA STA. ROSA	Muito Fraca	46,20	2,98
		Fraca	52,50	47,75
		Moderada	1,30	48,48
		Forte	0,00	0,78
		Muito Forte	0,00	0,00
		Total	100,00	100,00
2. SÃO FRANCISCO	Muito Fraca	6,20	0,99	
	Fraca	37,90	13,86	
	Moderada	26,63	39,02	
	Forte	20,31	22,84	
	Muito Forte	8,97	23,29	
	Total	100,00	100,00	
3. FOZ	Muito Fraca	44,59	6,77	
	Fraca	41,38	45,26	
	Moderada	12,53	35,91	
	Forte	1,34	10,37	
	Muito Forte	0,15	1,69	
	Total	100,00	100,00	
4. MARECHAL C. RONDON	Muito Fraca	26,80	3,40	
	Fraca	56,02	29,44	
	Moderada	10,86	52,87	
	Forte	6,00	9,03	
	Muito Forte	0,33	5,26	
	Total	100,00	100,00	
5. GUAÍRA	Muito Fraca	39,32	2,62	
	Fraca	37,99	44,08	
	Moderada	22,03	33,40	
	Forte	0,66	18,48	
	Muito Forte	0,00	1,42	
	Total	100,00	100,00	

No que se refere à fragilidade emergente, também se observa a concentração de áreas mais instáveis (fragilidade forte e muito forte) na região central da unidade hidrográfica, concentrada principalmente na unidade de São Francisco. As áreas com domínio de fragilidades fraca e moderada são predominantes ao longo das unidades de Cascavel, Foz do Iguaçu, Marechal e Guaíra. Já as áreas de fragilidade muito fraca se restringem a uma pequena faixa localizada às margens do lago de Itaipu, correspondendo a setores que se

Estudos Geográficos, Rio Claro, 14(1): 43-59, jan./jun. 2016 (ISSN 1678—698X)
<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo>

mantiveram protegidos por vegetação florestal, localizados em relevos planos e solos de alto desenvolvimento pedogenético.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento da fragilidade potencial e emergente permitiu verificar que as áreas de estabilidade e instabilidade natural apresentam-se distribuídas de forma diferenciada ao longo da unidade hidrográfica do Paraná 3. Em geral as unidades situadas no compartimento superior (Unidade de Cascavel), no compartimento inferior (Unidade Foz do Iguaçu, Marechal Cândido Rondon e Guaíra) apresentaram fragilidades fracas e moderadas. Enquanto que na unidade situada na região central da bacia (Unidade de São Francisco) predominou as fragilidades forte e muito forte.

As condições mais estáveis dos compartimentos superior e inferior encontram-se especialmente associadas aos relevos de baixa dissecação e à cobertura pedológica, predominantemente composta por solos profundos, argilosos e bem drenados. Por outro lado, o setor intermediário da bacia, apresenta maior instabilidade devido à associação da alta dissecação e solos rasos que conferem maior susceptibilidade erosiva.

REFERÊNCIAS

BADE, M. R. **Definição e Caracterização das Unidades de Paisagem das Bacias Hidrográficas do Paraná III (Brasil/Paraguai)**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Marechal Cândido Rondon – PR, 2014. 113 p. (Dissertação de Mestrado).

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. **Mapa de solos do Estado do Paraná. Legenda atualizada**. Rio de Janeiro, Embrapa Florestas/Embrapa Solos/Instituto Agrônomo do Paraná, 2008.

BONIFACIL, C. M. **Avaliação da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas do alto vale do rio Pirapó, norte do Paraná: proposta metodológica**. 112f. 2013. Dissertação de Mestrado em Geografia. UEM - Maringá - PR.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

INPE (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS). Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acessos em: 02/05/2015.

ITCG (INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIAS E GEOCIÊNCIAS). **Geologia, Solos**. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em: 12/05/2013.

MARTINS, T. I. S.; RODRIGUES, S. C. Análise e mapeamento dos graus de fragilidade ambiental da bacia do médio – baixo curso do rio Araguari, Minas Gerais. **Caderno de Geografia**, v.22, n.38, p. 14-34, 2012.

MINEROPAR (SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ). Mapas Geológicos 1:250.000 Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/>. Acesso em: 10 de janeiro 2015.

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

SANTOS, R. M. dos; NÓBREGA, M. T. de; PAIVA, R. G.; SILVEIRA, H. Análise da fragilidade ambiental no município de Tamboara – PR: aplicação e estudo comparativo de duas metodologias. **Revista Geoambiente**, n. 14, p. 93-120, 2010.

SPORL, C. **Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. São Paulo, 2001. 159p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de São Paulo.

Artigo submetido em: 18/11/2016

Aceito para publicação em: 08/12/2016

Publicado em: 16/12/2016